



## Аналитический отчет

# **АВТОНОМНЫЕ СЕТИ: АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ, ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРИМЕНЕНИЙ**

*Разработано:*



**Контактные телефоны:**

+7 (495) 625-72-45

+7 (495) 927-09-05

[www.json.ru](http://www.json.ru)

*Подготовлено для:*



**HUAWEI**

Май 2021 г.

Данный отчет (банк данных/финансовая модель и т.д.) содержит конфиденциальную информацию и является собственностью ООО «Джейсон энд Партнерс Консалтинг». Лица, использующие данный отчет и содержащуюся в нем информацию, должны:

- (1) относиться к данному отчету и содержащейся в нем информации как к конфиденциальной;
- (2) распространять такую информацию каким-либо третьим лицам только с явно выраженного письменного согласия ООО «Джейсон энд Партнерс Консалтинг».

ООО «Джейсон энд Партнерс Консалтинг» не несет какой-либо ответственности, прямо и/или косвенно вытекающей из любого несанкционированного использования и/или распространения данного отчета и/или содержащейся в нем информации.

## Оглавление

<b>1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ.....</b>	<b>9</b>
<b>2. КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СЕТЕЙ И СЕРВИСОВ – ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....</b>	<b>11</b>
2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО И АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ, УРОВНИ АВТОНОМНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	11
2.2. РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ, БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ..	14
2.2.1. <i>Снижение трудоемкости и удельной стоимости NMS/OSS/BSS процессов.....</i>	<i>20</i>
2.2.2. <i>Возможность предоставления новых многокомпонентных (композитных) телеком-услуг по облачной модели.....</i>	<i>27</i>
2.2.3. <i>Повышение уровня утилизации ресурсов сетей при предоставлении услуг «по требованию» с гарантированным SLA .....</i>	<i>41</i>
<b>3. ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ И СЕРВИСАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....</b>	<b>53</b>
3.1. ОБЩЕЕ ВИДЕНИЕ .....	54
3.2. ВИДЕНИЕ TM FORUM .....	56
3.2.1. <i>Автономные сети.....</i>	<i>56</i>
3.2.2. <i>Развитие эталонной архитектуры OSS/BSS в направлении автономных интеллектуальных сетей.....</i>	<i>59</i>
3.2.3. <i>Проект TM Forum Catalyst.....</i>	<i>65</i>
3.3. ВИДЕНИЕ ETSI.....	66
3.4. ВИДЕНИЕ ITU-T .....	70
3.5. ВИДЕНИЕ 3GPP И GSMA .....	72
3.6. ВИДЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВЕНДОРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	73
3.6.1. <i>Вендоры телекоммуникационного оборудования .....</i>	<i>73</i>
3.6.1.1. Cisco Systems.....	73
3.6.1.2. Aruba Networks (HPE).....	74
3.6.1.3. Juniper .....	74
3.6.1.4. Extreme Networks.....	74
3.6.1.5. Nokia.....	75
3.6.1.6. Ericsson .....	75
3.6.1.7. Alcatel-Lucent.....	76
3.6.1.8. Ciena.....	77
3.6.1.9. Huawei .....	77
3.6.2. <i>Вендоры программного обеспечения NMS/OSS/BSS.....</i>	<i>80</i>
3.6.2.1. Amdocs.....	80
3.6.2.2. Netcracker (NEC) .....	80
3.6.2.3. Oracle.....	81
3.6.2.4. Ericsson .....	82
<b>4. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОПЕРАТОРАМИ ИКТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПРОВАЙДЕРАМИ ИКТ-СЕРВИСОВ.....</b>	<b>84</b>

<b>5. РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ И ТИПОВЫЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>90</b>
5.1. ПРОЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ NMS/OSS/BSS ЦЕЛЮ КОТОРЫХ ЯВЛЯЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НОВЫХ УСЛУГ .....	91
5.1.1. <i>AWS Wavelength (AWS в партнерстве с операторами сетей 5G).....</i>	<i>91</i>
5.1.2. <i>Global Mobile Edge Cloud (Google в партнерстве с операторами сетей 5G).....</i>	<i>95</i>
5.1.3. <i>Azure Edge Zones with Carrier (Microsoft Azure с операторами сетей 5G).....</i>	<i>98</i>
5.1.4. <i>IBM Cloud Satellite.....</i>	<i>103</i>
5.2. ПРОЕКТЫ ФРАГМЕНТАРНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ NMS/OSS/BSS НЕ СВЯЗАННЫЕ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НОВЫХ УСЛУГ .....	106
5.2.1. <i>Оптимизация утилизации и энергопотребления RAN, оптимизация долгосрочного планирования развития сети .....</i>	<i>106</i>
5.2.1.1. Кейс MTN и другие кейсы внедрения решения PowerStar.....	111
5.2.2. <i>Оптимизация технической поддержки и управления проводными сетями.....</i>	<i>114</i>
5.2.2.1. Кейс China Mobile.....	114
5.2.2.2. Кейс Beijing Mobile .....	115
5.2.3. <i>Предоставление NaaS (E2E-слайсы) в проводных (оптических) сетях с использованием NMS/OSS-компонентов концепции Huawei ADN.....</i>	<i>116</i>
<b>6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ .....</b>	<b>118</b>

## Список рисунков

Рис. 1. Цифровизация предприятия.....	11
Рис. 2. Уровни интеллектуальности и автономности в управлении сетями и сервисами.....	12
Рис. 3. Объем, структура и динамика глобального рынка телекоммуникационных услуг в 2016 – 2020 гг. и ее прогноз до 2025 г., млрд долл. США .....	14
Рис. 4. Объем, структура и динамика глобального рынка публичных облачных сервисов в 2016 – 2020 гг. и ее прогноз на 2021-2022 гг., млрд долл. США.....	15
Рис. 5. Глобальная сеть SDN компании Google и уровень ее утилизации.....	19
Рис. 6. Уровень затрат на персонал исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы относительно выручки для уровней автоматизации и интеллектуализации L0-L1 (традиционные телекомы) и L2-L3 (облачные провайдеры SECaaS, SDWANaaS, CDNaaS), %, 2020 г. ....	20
Рис. 7. Уровень затрат на НИОКР относительно выручки для уровней автоматизации L0-L1 (традиционные телекомы) и L2-L3 (облачные провайдеры SECaaS, SDWANaaS, CDNaaS), %, 2020 г. ....	20
Рис. 8. Мультипликаторы и уровень доходности на фондовом рынке по видам активов, 2005-2018 гг. ....	21
Рис. 9. Динамика рыночной капитализации крупнейших традиционных телеком-операторов и провайдеров цифровых сервисов в 2015 г. и 2020 г., млрд долл. США.....	21
Рис. 10. Стоимость банковской транзакции в зависимости от технологии ее проведения (канала) и распределение транзакций по каналам, 2011 г.....	24
Рис. 11. Распределение доли операторов (%) от общего количества абонентов корпоративного ШПД по диапазонам ARPU (рублей в месяц), крупный город в России, 2017 г.....	27
Рис. 12. Возможное распределение долей операторов (%) от общего количества пользователей услуг передачи данных по диапазонам ARPU, универсальная некастомизируемая услуга (Telco 1.0) и новые кастомизируемые сервисы основанные на технологии network slicing .....	28
Рис. 13. Сравнение операционных затрат (ОРЕХ) при реализации модели network slicing (узкоспециализированных сервисов) против традиционной модели единой сети (универсальных «best effort» сервисов) .....	29
Рис. 14. Сравнение операционных затрат (ОРЕХ) при реализации модели network slicing против традиционной модели единой сети при различных уровнях автоматизации, %.....	30
Рис. 15. Совокупные расходы на сетевые слои по сравнению с сетями с отсутствием слоев.....	30
Рис. 16. Переход от универсальных услуг к узкоспециализированным. Проект ECOMP .....	31
Рис. 17. Сквозная автоматизация (интеграция) OSS и BSS процессов. Проект ECOMP .....	32
Рис. 18. Архитектура трехзвенных (веб) приложений .....	33
Рис. 19. Распределение трафика в глобальных сетях по его видам и оценка объема трафика в 2021 году, зеттабайт (Зб) в год .....	34
Рис. 20. Глобальные рынки CDN, web-безопасности, SD-WAN и безопасности корпоративного периметра в 2017 – 2023 гг., млн. долл. США.....	35

Рис. 21. Традиционные и новые услуги на новой OSS/BSS платформе и комбинированной сетевой инфраструктуре под единым автономным интеллектуальным управлением .....	37
Рис. 22. Потенциал глобального рынка BoD и Managed NFV для MEC и гибридных облачных систем в 2019-2025 гг., млн. долл. ....	38
Рис. 23. Потенциал глобального рынка международного межоператорского (B2O) BoD и Managed NFV в 2019-2025 гг., млн. долл. ....	39
Рис. 24. Потенциальный объем глобального рынка услуг кросс-доменных слоев с MEC, млрд. долл. в год, оценочно 2030 г. ....	39
Рис. 25. Гибридное мультиоблако: технологии обеспечения сетевой связности дата-центров и инстансов в них .....	41
Рис. 26. Динамика трафика группы приложений (выделенной логической сети) на периферийные узлы в течение недели.....	42
Рис. 27. Структура трафика в гибридной системе дата-центров, включающей краевые и корневые дата-центры.....	44
Рис. 28. Деградация эффективности мультиплексирования для статичного выделения ресурсов сетевым слоям (количество слоев = 16) относительно сети с отсутствием слоев, распределение по уровням сети.....	45
Рис. 29. Улучшение эффективности мультиплексирования при переходе к динамическому выделению ресурсов сетевым слоям (количество слоев = 16) относительно сети с отсутствием слоев, распределение по уровням сети .....	45
Рис. 30. Понятие сквозного сетевого слоя .....	47
Рис. 31. Модель взаимодействия между операторами доменов, кросс-доменного слоя и потребителя кросс-доменного слоя .....	48
Рис. 32. Сквозной сетевой слой и кросс-доменная оркестрация в Релизе 16 стандарта 5G .....	49
Рис. 33. Логика кросс-доменной оркестрации на примере сквозного слоя для автономного автотранспорта, использующего ресурсы доменов 5G RAN, MEC, транспортных и магистральных сетей с SDN и корневых дата-центров .....	51
Рис. 34. Видение автономных сетей TM Forum.....	56
Рис. 35. Фреймворк для построения автономных сетей.....	58
Рис. 36. Категории верхнего уровня Business Process Framework.....	60
Рис. 37. Функциональная архитектура ODA верхнего уровня .....	61
Рис. 38. Функциональное наполнение блока Party Management в ODA процессами второго уровня описанными в eTOM.....	62
Рис. 39. Функциональное наполнение блока Intelligence Management в ODA процессами второго уровня описанными в eTOM .....	62
Рис. 40. Функциональное наполнение блоков Core Commerce Management и Production в ODA процессами второго уровня описанными в eTOM.....	63
Рис. 41. Системная архитектура управления когнитивной сетью.....	66
Рис. 42. Архитектура ZSM.....	68

Рис. 43. Архитектура ML для автономных сетей .....	70
Рис. 44. Функциональная архитектура Oracle Communications Service and Network Orchestration	81
Рис. 45. Функциональная архитектура системы управления для AWS Wavelength.....	91
Рис. 46. Замкнутый автономный контур системы управления для AWS Wavelength.....	92
Рис. 47. Программное управление сетевой и вычислительной инфраструктурой AWS Wavelength, текущий облик сервиса - реконструкция на основе публичных данных .....	93
Рис. 48. Программное управление сетевой и вычислительной инфраструктурой AWS Wavelength, текущий облик сервиса - реконструкция на основе публичных данных .....	94
Рис. 49. Возможность комбинирования виртуализованных служебных функций для различных инстансов сетевых слоев.....	94
Рис. 50. Функциональная схема платформы Google Anthos используемой для автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов сервисов распределенных вычислений .....	95
Рис. 51. Логическая схема выбора конфигурации размещения и масштабирования распределенных элементов приложения .....	99
Рис. 52. Возможности платформы MS Azure for operators .....	101
Рис. 53. Компоненты IBM Cloud Satellite, обеспечение их связности и распределение сфер ответственности по управлению ими.....	103
Рис. 54. Обеспечение сетевой связности распределенных компонент IBM Cloud Satellite с использованием сервиса IBM Direct Link Connect 2.0.....	104
Рис. 55. Оценка глобальной структуры энергопотребления ИКТ-оборудования, факт за 2013 г., прогноз на 2025 г.....	106
Рис. 56. Динамика пикового энергопотребления типовой базовой станции стандартов 2G-3G, LTE и 5G.....	107
Рис. 57. Оптимизация энергопотребления RAN как комплексная задача требующая использования технологий автономных сетей .....	108
Рис. 58. Координация пиков нагрузки на RAN и графика циклов заряда-разряда аккумуляторов базовой станции .....	109
Рис. 59. Результаты пилотного внедрения решения Huawei ADN на сети China Mobile в провинции Хенань .....	114
Рис. 60. Результаты пилотного внедрения решения Huawei ADN для оптимизации процессов технического обслуживания PON-сети Beijing Mobile.....	115
Fig. 61. Пример использования China Mobile Jiangsu интеллектуального разделения на сегменты для предоставления облачных сетевых услуг для промышленности.....	117

**Список таблиц**

Таблица 1. Критерии ранжирования уровня зрелости систем управления NMS/OSS/BSS-процессами операторов, диапазоны значений критериев, их веса и соответствие уровням автономности и интеллектуальности L0/L5 по ITU-T.....	85
Таблица 2. Пример расчета ранжирования для операторов доменов .....	87
Таблица 3. Пример расчета ранжирования для операторов сквозных сетевых слоев .....	88
Таблица 4. Функциональные возможности решения PowerStar для оптимизации энергопотребления RAN.....	111
Таблица 5. Пример результатов пилотного внедрения решения PowerStar для оптимизации энергопотребления RAN различных операторов .....	113



## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

Согласно фреймворку ITU-T Y.3173 и документам других стандартизирующих организаций, автономность и интеллектуализация сети – это полностью автоматическое исполнение процессов управления сетью и предоставляемыми услугами, осуществляемое с использованием самообучаемых (адаптивных) алгоритмов и охватывающее все уровни процессов оператора сети – от управления сетью (Network Management, Element Management) до операционных и бизнес-процессов (OSS/BSS). Возможна частичная автономность охватывающая отдельные группы процессов и отличающаяся степенью исключения человека из непосредственного их исполнения.

**Концепция автономных сетей рассматривается стандартизирующими организациями исключительно в контексте сетей нового поколения**, в которых реализованы технологии разделения контуров передачи данных и программного управления (SDN), виртуализации сетевых функций (NFV), внутри- и кросс-доменной программной оркестрации (MANO) и искусственного интеллекта (AI).

Задачи, на решение которых ориентирована концепция автономных сетей, основываются на возможностях перечисленных выше технологий и формулируются следующим образом:

- возможность полностью автоматического предоставления кастомизированных сервисов с программно-настраиваемыми и управляемыми метриками SLA, включая выходящие за границы сетевых метрик, такие как уровень безопасности, доступности, отказоустойчивости и т.п.;
- значительное снижение операционных затрат, связанных с оплатой труда персонала непосредственно исполняющего NMS и OSS/BSS процессы управления сетью и предоставления услуг, в особенности сложных кастомизируемых услуг с управляемым SLA;
- повышение энергоэффективности и утилизации (среднего уровня загрузки) ресурсов сети.

Таким образом, концепция автономных сетей неразрывно связана с новыми программно-конфигурируемыми и управляемыми сервисами, то есть телеком-сервисами обладающими характеристиками облачных сервисов, так называемыми Network as a Service, NaaS. Согласно определению Национального института стандартов и технологий США (NIST), облачным сервисом называется предоставление не только вычислительных, но и любых других ресурсов или функций, включая сетевые, в соответствии с пятью характеристиками «облачности»:

- Обеспечивается **свободный сетевой доступ** к сервису;
- **Ресурсы выделяются «по требованию» на принципе самообслуживания**, выделение ресурсов происходит автоматически, взаимодействие потребителя с персоналом сервис-провайдера не требуется;
- **Ресурсы объединяются в пулы** и могут быть использованы различными пользователями, между которыми они динамически перераспределяются в зависимости от потребности в них в конкретный момент времени;
- Обеспечивается **быстрая эластичность** в управлении ресурсами, то есть система должна быть построена таким образом, чтобы иметь возможность быстро выделять ресурсы конкретному пользователю и высвобождать их в зависимости от его текущей потребности в них;

- Обеспечивается **измеримость предоставляемого сервиса**, то есть облачные системы автоматически осуществляют оптимизационное управление использованием необходимых для предоставления сервиса ресурсов на основе метрик, специфичных для каждого вида сервиса и вида используемых ресурсов; измерения являются объективными и прозрачными для провайдера и для пользователя, **оплата производится по фактическому объему и качеству потребленных ресурсов**.

Под традиционными телеком-услугами в настоящем исследовании понимаются услуги с отсутствием каких-либо или всех перечисленных выше характеристик NaaS, в частности возможности самообслуживания, быстрой эластичности и гарантированного SLA. Это такие услуги как сетевые-зависимые голосовые сервисы, услуги мобильной передачи данных не имеющие гарантированного SLA, статичные каналные услуги не имеющие возможности быстрого изменения их характеристик и не предоставляемые на принципах самообслуживания, услуги передачи данных в фиксированных сетях не имеющие SLA и статично ограниченные по скорости.

Под традиционными операторами понимаются провайдеры преимущественно традиционных услуг связи, а под операторами нового поколения понимаются провайдеры услуг класса NaaS и других облачных услуг. Для первых пока характерен низкий уровень автоматизации, и, соответственно, исполняемые преимущественно вручную NMS/OSS/BSS процессы. Вторые уже в настоящее время достигли высокого уровня автоматизации, что позволяет им предоставлять коммерчески успешные динамичные программно-управляемые сервисы. Сравнение финансовой отчетности этих двух видов провайдеров позволяет количественно оценить влияние автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов на экономические и финансовые показатели телеком-провайдеров, то есть соотнести достигнутый оператором уровень автономности своей сети с полученными финансовыми результатами.

По мере развития новых услуг традиционными операторами их отличия от новых операторов будут смещаться из категории эффективности в категорию различий бизнес-ролей: новые операторы будут преимущественно исполнять роль операторов сквозных виртуальных слоев, не имеющих собственных физических ресурсов, а традиционные операторы – роль операторов физических доменов, поддерживающих технологии SDN, NFV, MANO, AI и имеющие набор стандартных открытых интерфейсов для взаимодействия с операторами сквозных слоев.

В качестве источников данных для настоящего исследования использованы собственные оценки J'son&Partners глобального рынка услуг нового поколения (NaaS), данные сторонних аналитических компаний по глобальному рынку традиционных услуг связи, данные официальной финансовой отчетности традиционных и новых телеком- и ИТ-провайдеров, техническая документация на услуги нового поколения, а также официальные документы стандартизирующих организаций и научные публикации на тему автономных интеллектуальных сетей.

## 2. КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СЕТЕЙ И СЕРВИСОВ – ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

### 2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО И АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ, УРОВНИ АВТОНОМНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Автономность – это исполнение какого-либо процесса соответствующими программными приложениями без непосредственного участия человека. Несмотря на использование термина «автономные сети», в действительности речь идет не столько о самих сетях, физических и виртуальных, сколько о процессах управления ими и предоставляемыми с их использованием сервисами.

Аналогом понятия автономности сетей связи может служить термин «автоматические системы управления технологическими процессами» (АСУТП), также называемые Operations Technologies (OT), которые в отличие от традиционных информационных систем (IT), таких как ERP, CRM и прочих непосредственно исполняют процесс, а не служат средством информационной поддержки исполнения этого процесса людьми. Как и для сферы телекоммуникаций, в целом в сфере автоматизации производственных и бизнес-процессов имеет место тенденция на слияние OT и IT-систем в единый автоматический адаптивный контур управления (Рис. 1). Например, это такие концепции как Индустрия 4.0 в обрабатывающей промышленности, концепция автономного транспорта, умной энергосистемы, умного месторождения и так далее.



Источник: J'son & Partners Consulting

Появление концепции автономных сетей вызвано именно этим более общим, охватывающим все отрасли экономики процессом цифровой трансформации, то есть процессом перехода от образованных людьми иерархических систем управления на плоские автономные системы управления, в которых человек выполняет роль их разработчика. А поскольку такие системы являются программными и, соответственно, используют разнообразную ИКТ-инфраструктуру –

собственную (on-premise) и внешних провайдеров, то и от операторов ИКТ-инфраструктуры требуется использовать аналогичные общим подходы к управлению инфраструктурой и сервисами.

По классификации TM Forum (см. также Раздел 3.2), процессы ИКТ-оператора группируются и подразделяются на три уровня: образующие контур управления сетью (network management system, NMS), контур операционных (operations support system, OSS) и бизнес-процессов (business support system, BSS).

Нововведением является классификация автономности исполнения этих процессов, скоординированно разработанная в ITU-T, TM Forum, ETSI и 3GPP. На Рис. 2 представлена классификация на примере ITU-T (у остальных она аналогична), согласно которой автономность исполнения процессов вне зависимости от их уровня (NMS, OSS, BSS) имеет три градации: исполнение человеком (Human), при этом ИТ-системы могут использоваться в качестве средств информационной поддержки выполняемых людьми действий и принимаемых ими решений, автоматическое исполнение по заданным человеком фиксированным алгоритмам (Human and System), и автоматическое исполнение по изначально заданным человеком алгоритмам, но автоматически модифицируемым системой на основе анализа накапливаемых данных о поведении системы и прогнозирования ее состояния (System). Таким образом, градация **Human and System** – это уровень полной автоматизации, а градация **System** – это уровень полной интеллектуализации, то есть полной автономности от действий человека включая самоадаптацию алгоритмов.

**Рис. 2. Уровни интеллектуальности и автономности в управлении сетями и сервисами**

Table 1 – Framework approach for classification of autonomous network intelligence level (source: ITU-T Y.3173)						
Network intelligence level		Dimensions				
		Action implementation	Data collection	Analysis	Decision	Demand mapping
L0	Manual network operation	Human	Human	Human	Human	Human
L1	Assisted network operation	Human and System	Human and System	Human	Human	Human
L2	Preliminary intelligence	System	Human and System	Human and System	Human	Human
L3	Intermediate intelligence	System	System	Human and System	Human and System	Human
L4	Advanced intelligence	System	System	System	System	Human and System
L5	Full intelligence	System	System	System	System	System

NOTE 1 – For each network intelligence level, the decision process has to support intervention by human being, i.e., decisions and execution instructions provided by a human being have the highest authority.  
 NOTE 2 – This table may be used to only determine the network intelligence level for each dimension (and not the overall network intelligence level).

Источник: ITU-T

Наряду с классификацией градаций автономности стандартизирующими организациями разработана четкая методика аудита NMS/OSS/BSS-процессов операторов, позволяющая однозначно определить степень автономности процесса или группы процессов. Поскольку различные процессы могут иметь разную степень автономности, то для оценки степени автономности группы процессов используется степень автономности наименее автономного процесса.

Кроме того, для классификации степени автономности введены разные веса в зависимости от конкретной фазы процесса управления: исполнение (action implementation), сбор данных (data collection), анализ (analysis), принятие оперативного решения (decision) и принятие среднесрочного и стратегического решения (demand mapping). Наименьший уровень автономности – L1, начинается с реализации градации «Human and System», то есть автоматического исполнения заданных человеком алгоритмов на фазах исполнения и сбора данных. Наибольший – это автоматическое исполнение по автоматически модифицируемым алгоритмам всех фаз управления, включая принятие среднесрочных и стратегических решений, таких как, например, расширение и модернизация сети.

Таким образом, уровни автономности и интеллектуальности не только соответствуют фазам управления, но и соответствуют уровням стека NMS/OSS/BSS-процессов телеком-оператора. Так, уровни L0/L1 охватывают процессы управления сетью (NMS), а начиная с L2 речь уже идет об OSS/BSS-процессах, вплоть до процессов стратегического управления. Более явно это разделение видно из использованных TM Forum несколько отличных от ITU-T формулировок уровней автономности: L0 – ручное управление и обслуживание сети (manual operation and maintenance), L1 – комбинированное автоматическо-ручное управление и обслуживание сети (assisted operation and maintenance), L2 – частично автономная сеть (partial autonomous network), L3 – полностью автономная для определенных условий сеть (conditional autonomous network), L4 – высоко автономная сеть (high autonomous network), L5 – полностью автономная сеть (full autonomous network).

Сопоставляя уровни автономности по классификации ITU-T, TM Forum и других стандартизирующих организаций с практикой реализации концепции автономных сетей (Разделы 2.2. и 5) можно утверждать, что на уровнях автономности L2/L3 уже происходит охват всех операционных процессов (OSS) и части бизнес-процессов (BSS) – тарификации, биллинга, взаимодействия с клиентами (самообслуживание). Уровни автономности L4/L5 характеризуются полным охватом всего стека NMS/OSS/BSS-процессов, включая бизнес-процессы, которые ранее всегда исполнялись людьми вообще без использования средств автоматизации – это анализ потребностей рынка и разработка/настройка сервисов и/или модернизация инфраструктуры для удовлетворения этих потребностей. При этом **для всех уровней начиная с L1 речь идет о сквозной автоматизации процессов соответствующего уровня, разница лишь в уровне автономности**, то есть в том до какой степени отстранен человек от непосредственного исполнения процесса.

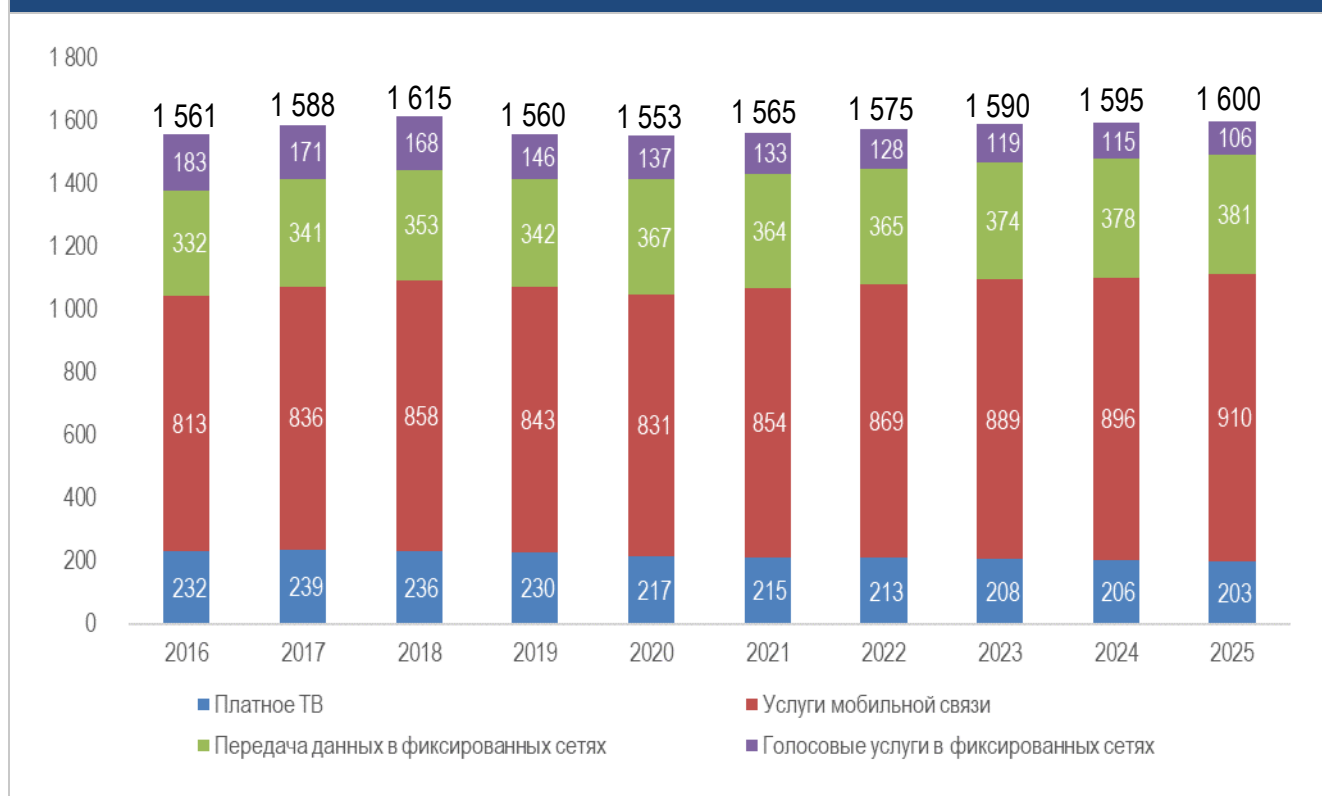
Как показано в Разделе 2.2., **экономический эффект от реализации концепции автономных сетей находится в прямой зависимости от достигнутого уровня автономности** – он тем выше чем выше уровень сквозной автономности групп процессов и тем выше чем шире распространена автономность по стеку NMS/OSS/BSS-процессов.

## 2.2. РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ, БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

На протяжении пяти последних лет «традиционный» телеком рынок стагнирует в России и мире – рост выручки от услуг передачи данных полностью «съедается» падением выручки от традиционных голосовых услуг. Так, по оценке Statista (Рис. 3), в 2016 – 2020 годах рост объема глобального рынка телекоммуникационных услуг отсутствовал. Инерционный прогноз развития рынка на период 2021-2025 гг. показывает его рост лишь до 1 600 млрд долл. США в 2025 году, что меньше чем объем рынка в 2018 году.

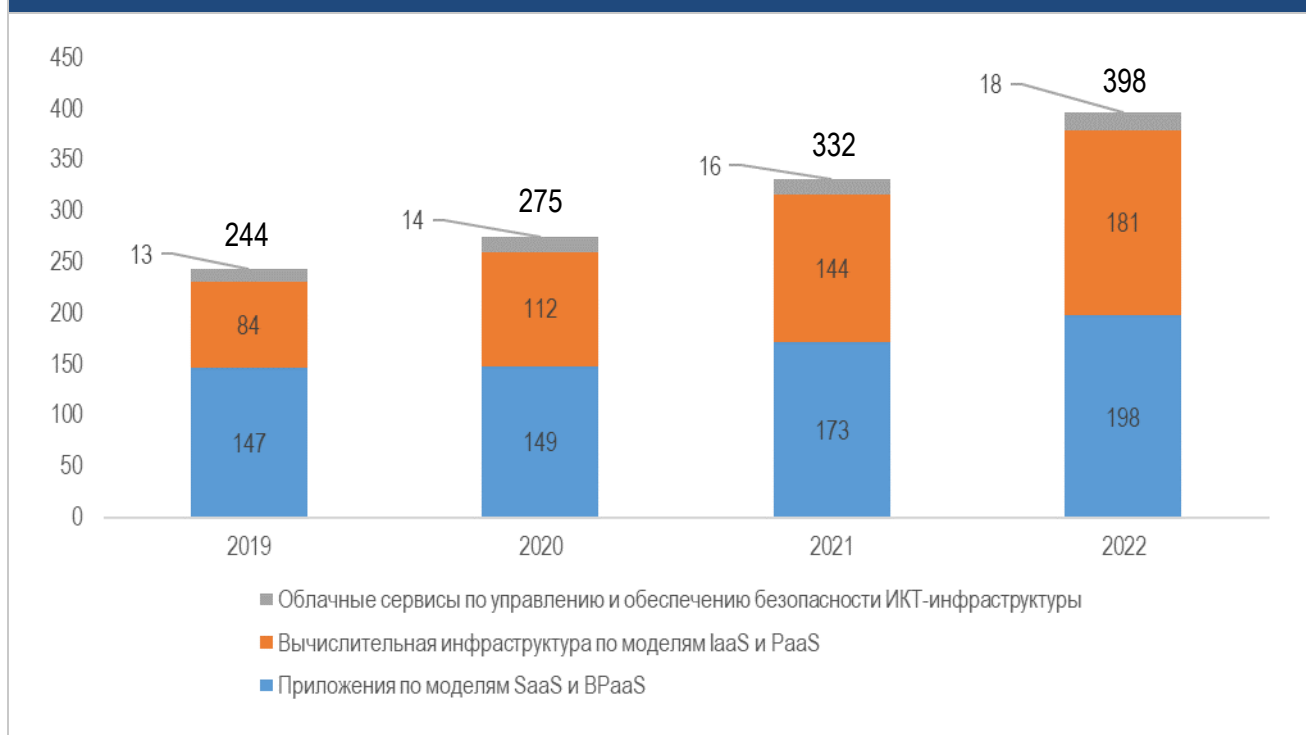
Стагнация рынка, в свою очередь, делает проблематичной окупаемость инвестиций в модернизацию сетевой инфраструктуры. Особенно остро эта проблема встает ввиду начавшегося в 2019 году дорогостоящего полномасштабного развертывания сетей 5G и других элементов сетей нового поколения. Таким образом, глобальный телекоммуникационный рынок в целом находится в стадии стагнации и нуждается в новых мощных драйверах количественного роста и качественного развития.

**Рис. 3. Объем, структура и динамика глобального рынка телекоммуникационных услуг в 2016 – 2020 гг. и ее прогноз до 2025 г., млрд долл. США**



Источник: Statista, J'son & Partners Consulting (прогнозные оценки 2025 г.)

На фоне стагнации традиционного телеком-рынка рынок облачных сервисов динамично развивается. Так, Gartner (Рис. 4) оценивает рост глобального рынка публичных облачных сервисов на уровне 18% CAGR в период 2019-2022 гг. и прогнозирует, что уже в 2022 году объем рынка публичных облачных сервисов – 398 млрд. долл. (Рис. 4), превысит объем сегмента услуг передачи данных в фиксированных сетях – 365 млрд. долл. (Рис. 3). При этом в сегменте IaaS рост составит 33% CAGR в период 2019-2022 гг., столь высокие темпы роста будут обеспечены взрывным ростом краевых вычислений и гибридных IaaS.

**Рис. 4. Объем, структура и динамика глобального рынка публичных облачных сервисов в 2016 – 2020 гг. и ее прогноз на 2021-2022 гг., млрд долл. США**


Источник: Gartner

Таким образом, наиболее многообещающий зарождающийся в настоящее время рынок находится на стыке телекоммуникационного рынка и рынка облачных сервисов – это рынок услуг передачи данных между дата-центрами, то есть участие операторов магистральных и транспортных сетей в формировании глобальной программно-управляемой системы распределенных вычислений, с включением в систему распределенных вычислений по мере распространения сетей 5G и сетей доступа для организации краевых вычислений. **Конец 2020 – начало 2021 годов ознаменовалось настоящим прорывом в этой области. Несмотря на то, что первые телеком-сервисы нового поколения - NaaS, в частности, VoD, были запущены отдельными операторами еще пять лет назад, только в последний год крупнейшие глобальные облачные провайдеры определились со своими требованиями к телекомам и стали включать телеком-сервисы нового поколения, ориентированные на передачу трафика в гибридных облачных системах, в состав своего продуктового портфеля гибридных облачных сервисов, что резко ускорило продвижение новых телеком-сервисов на рынок.**

Отметим, что к прорыву в продвижении новых телеком-услуг привело появление в 2020 году на рынке облачных услуг именно гибридных облачных сервисов, ориентированных на реализацию сложной распределенной архитектуры приложений, когда, например, сервер приложения и сервер базы данных могут располагаться в различных дата-центрах включая краевые, а их горизонтальное масштабирование предусматривать распределение экземпляров приложений между различными локациями. Именно для такой распределенной архитектуры оказалось критически важным соответствие телекоммуникационных услуг, обеспечивающих связность различных локаций, всем пяти характеристикам облачного сервиса. Так, по данным Google, миграция сервера базы данных из одного дата-центра в другой требует быстрого выделения канала с пиковой емкостью, как правило, в десятки Гбит/с, с последующим его высвобождением во избежание излишних затрат на аренду канальной емкости. Сетевая связность между сервером

приложения и сервером базы также чрезвычайно ресурсоемка. Она требует канала до 10 Гбит/с и жесткого выдерживания параметров задержки и джиттера, поскольку каждая транзакция в распределенном приложении вызывает существенно более одного SQL-запроса от сервера приложения к серверу базы данных, в ряде случаев – десятки запросов, поэтому любое изменение задержки имеет мультиплицирующий эффект и выражается в увеличении времени отклика сервера приложения (времени обработки транзакции) на порядок и более величины изменения задержки.

Ожидается, что появление рынка конвергентных вычислительно-сетевых облачных сервисов привнесет в стагнирующий рынок традиционного телекома динамизм рынка облачных услуг. При этом **внедрение принципов автономных интеллектуальных сетей – это единственный способ обеспечить «совместимость» динамичного высокоавтоматизированного мира публичных облачных сервисов и «традиционного» статичного телекома, «подтянув» его технологическое развитие до уровня провайдеров облачных сервисов.**

По оценкам J'son&Partners Consulting, в случае коммерческого успеха концепции распределенных облачных вычислений, уже в 2022 году объем глобального рынка телекоммуникационных услуг, обладающих пятью характеристиками облачных сервисов (Network as a Service, NaaS) может составить 76 млрд. долл., а в 2025 году достичь почти 0,6 трлн. долл. (Рис. 22).

Как показано на примерах выше, с технической точки зрения потребность в формировании значительного по своему объему рынка NaaS (Рис. 22) связана с особенностью передачи трафика между дата-центрами, образующими системы распределенных облачных вычислений, состоящей в необходимости перехода от преимущественно «best effort» услуг передачи данных к услугам с гарантированным кастомизируемым под требования конкретных приложений SLA и предоставление сетевых ресурсов и функций «по требованию», то есть в соответствии с пятью ключевыми характеристиками облачных сервисов. Попытки предоставлять услуги с гарантированным SLA на существующих сетях и с использованием существующих NMS/OSS/BSS-процессов, ориентированных преимущественно на передачу трафика на условиях «best effort» приводят к крайне низкой средней загрузке сетевой емкости – на уровне 5-8% для магистральных услуг передачи данных с гарантированным SLA против 50-60% загрузки сетей «best-effort» трафиком, то есть почти в 10 раз меньшей. Для сетей доступа ситуация еще хуже – утилизация может падать ниже 1%.

Проблема падения загрузки ресурсов при предоставлении услуг с SLA является критичной, поскольку развертываемые в настоящее время сети доступа нового поколения, в первую очередь 5G, в качестве основного отличия от сетей предыдущих поколений предлагают так называемые «сетевые слои» (network slices) с гарантированным SLA, в том числе кастомизированные.

Резкое относительно «best effort» услуг падение средней утилизации для услуг передачи данных с гарантированным SLA, имеющее место в случае сохранения статичных выполняемых преимущественно вручную процессов NMS/OSS/BSS, приводит к соответствующему росту стоимости передачи единицы данных, и, следовательно, либо к неоправданному росту цены, либо к меньшей маржинальности услуг предоставляемых «по требованию» с гарантированным SLA. Для успешного продвижения новых услуг на рынок операторы, например, Lumen (CenturyLink), пока вынуждены мириться с существенно меньшей их маржинальностью относительно традиционных статичных «best effort» услуг.

Рост доли трафика требовательного к SLA имеет место на фоне общего роста объемов трафика в WAN темпами 20-30% ежегодно, что требует ввода новой сетевой емкости темпами большими чем рост объемов трафика. Высокая конкуренция между телекомами и очень жесткие требования



к удельной стоимости трафика усугубляют проблему падения маржинальности услуг с SLA, в особенности предоставляемых «по требованию».

Механизм падения маржинальности «статичных» услуг передачи данных при росте объема трафика с SLA может быть описан как снижение средней выручки на единицу проданной канальной емкости. Так, единица емкости в каналах большой пропускной способности, например, 10-100 Гбит/с, кратно дешевле таковой в каналах низкой пропускной способности (10 Мбит/с – 1 Гбит/с). Соответственно, смещение спроса в сторону каналов с высокой пропускной способностью ввиду быстрого роста потребностей в передаче трафика приводит к кратному снижению средней стоимости единицы проданной емкости (удельной выручки). А поскольку NMS/OSS/BSS процессы исполняются преимущественно вручную, что формирует высокую удельную себестоимость оказания услуг, то с учетом еще и низкого уровня загрузки сетевой емкости в определенный момент эти затраты становятся выше чем средняя цена проданной емкости.

Для оптических магистральных сетей емкостью до 10 Тбит/с и при преимущественно ручном исполнении NMS/OSS/BSS процессов этот момент наступает когда пик проданной емкости смещается из диапазона единиц Гбит/с в середину диапазона 10-100 Гбит/с. Именно это уже происходит у большинства операторов наземных оптических сетей в России и мире. Для сетей доступа ситуация еще критичнее и достигается при скоростях каналов с гарантированным SLA в диапазоне 100 Мбит/с - 1 Гбит/с, то есть при типовых скоростях сетей 5G и других сетей доступа нового поколения.

Предоставление приложений преимущественно по модели SaaS и вычислительной инфраструктуры для них по моделям IaaS и PaaS, то есть предоставление функций и ресурсов «по требованию», радикально увеличивает пики нагрузки на WAN и снижает их предсказуемость. При этом развитие распределенных облачных вычислений (distributed virtual private cloud, dVPC) требует, чтобы не только вычислительные, но и сетевые ресурсы предоставлялись бы по облачной модели, иначе система в целом не будет соответствовать ключевым требованиям к облачному сервису, даже несмотря на то что вычислительная компонента такой системы им соответствует.

Для сетевых услуг нового поколения – поколения NaaS, в частности услуг Bandwidth on Demand (BoD) и комплементарных им услуг Managed NFV, расширяющих диапазон метрик по которым гарантируется SLA за пределы чисто сетевых метрик (доступность, задержка, джиттер, % потери пакетов) используя различные специализированные виртуализованные функции под управлением MANO-платформ, ввиду их динамичности еще сложнее поддерживать высокую среднюю утилизацию сети.

Таким образом, операторам требуется не только тотальная автоматизация исполнения операций на всех этапах жизненного цикла телеком-услуг нового поколения (NaaS), но и автоматизация всех процессов влияющих на обеспечение высокой средней загрузки сети при условии соблюдения SLA. Это буквально вопрос их экономического выживания уже в ближайшие годы, поскольку других драйверов роста выручки кроме услуг класса NaaS в настоящее время не просматривается.

Как следует из определения (Разделы 1 и 2.1.), сквозная автоматизация и интеллектуализация NMS/OSS/BSS-процессов - это и есть автономные интеллектуальные сети, которые позволяют оператору:

- Получить доступ к новым, только формирующимся рынкам услуг NaaS (сетевой компоненте распределенного вычислительного облака) с потенциальным объемом сопоставимым с размером всего существующего телеком-рынка;
- Предоставлять услуги с SLA с удельной себестоимостью близкой к услугам «best effort» за счет исключаящей высокие трудозатраты на обработку интенсивных транзакций динамических услуг тотальной автоматизации OSS/BSS процессов и поддержания высокой утилизации сетевой емкости при предоставлении услуг с гарантированным SLA.

При этом традиционные услуги («best effort» передача трафика и передача трафика с SLA, но без опции «on demand») следует рассматривать как упрощенные версии услуг нового поколения (NaaS), а не наоборот – новые как усложненную версию традиционных. То есть традиционные услуги должны оказываться на OSS/BSS платформе новых услуг NaaS, а не наоборот или по отдельности.

Наряду с SDN-контроллерами и MANO-платформами, то есть NMS/OSS-компонентами, ключевыми BSS-компонентами обеспечивающих автономность от действий человека и интеллектуальность средств автоматизации являются две взаимосвязанные компоненты/модуля: прогностический и модуль динамического управления ценой (Demand Mapping на Рис. 2).

Эти модули призваны реализовать ключевой механизм интеллектуального управления сетью и сервисами NaaS – понимание ценовой эластичности и позиционирования конкретной услуги в пространстве «цена» / «SLA» / «потребление в натуральном выражении», что позволит динамически менять соотношение цены и SLA менять объем и структуру спроса на емкость, поддерживать таким образом высокую загрузку сети при различных комбинациях структуры спроса и состояния сети. Этот механизм схож с механизмом ценозависимого управления потреблением электроэнергии, сервиса, также имеющего жесткий SLA и выраженные пики потребления, но более сложен ввиду большего разнообразия метрик SLA и диапазонов их значений. Также он уже широко применяется провайдерами IaaS/PaaS для балансировки нагрузки на свои дата-центры и поддержания высокой средней загрузки вычислительных мощностей и сетей между дата-центрами.

Реализация концепции автономных интеллектуальных сетей позволит операторам обеспечить приемлемые параметры окупаемости инвестиций в основные фонды, что критически необходимо на уже начавшемся новом этапе развития сетей и вычислительных ресурсов, требующем больших инвестиций в обновление сетевой и вычислительной инфраструктуры.

В настоящее время «традиционные» вендоры ИКТ-решений предлагают лишь отдельные фрагменты (компоненты), необходимые для создания автономных сетей способных экономически обоснованно предоставлять новые услуги (и старые – как упрощенную версию новых). Это требует от операторов больших вложений в R&D и пилотирование. Перспективным выглядят партнерства с глобальными облачными провайдерами в части разделения затрат на R&D и пилотирование, а также получения доступа к новым технологиям, особенно предиктивным моделям для услуг «по требованию» и полному стеку средств автоматизации NMS/OSS-процессов.

Опыт провайдеров облачных вычислительных, развернувших собственные магистральные SDN&NFV-сети для обеспечения связности своих корневых дата-центров показывает, что на

уровне корневых (гиперскейл) дата-центров и магистральных сетей, где имеются наилучшие возможности мультимплексирования трафика с различными требованиями к QoS, достижим высокий уровень загрузки сетевых и вычислительных ресурсов при предоставлении сервисов «по требованию» с гарантированным SLA (Рис. 5). Для решения этой задачи достаточно уровней L2-L3 автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS процессов (Рис. 2).



Источник: Google

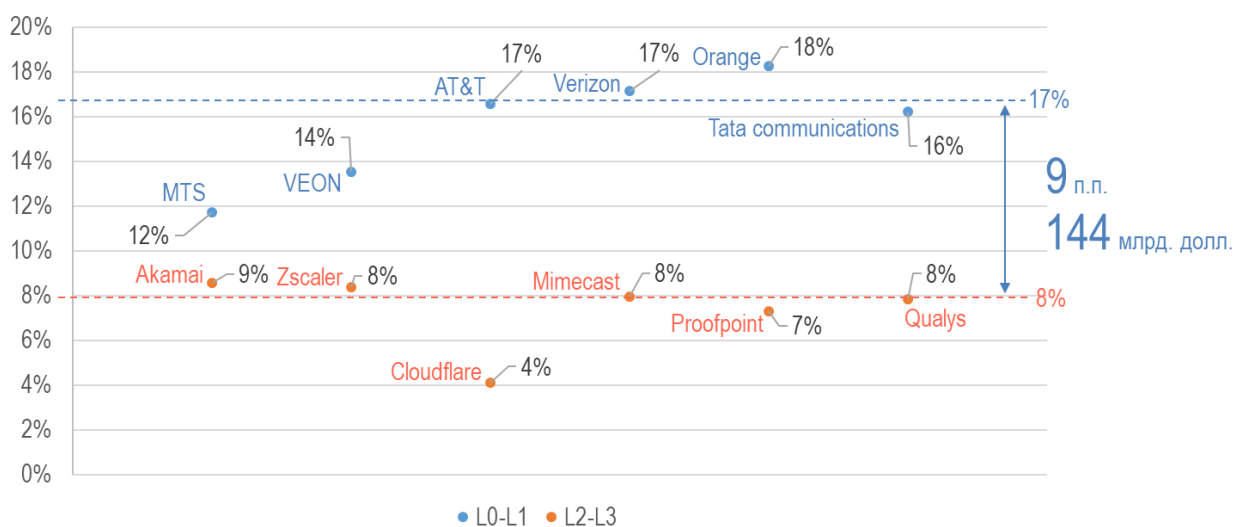
Новым вызовом является необходимость обеспечения столь же высокого уровня утилизации ресурсов «на краю» - краевых дата-центров и сетей доступа, при превалировании услуг с гарантированным SLA. Решение этой задачи существенно сложнее и потребует перехода на уровни L4-L5, то есть к полной автономности сетей и сервисов, а также выстраивания межоператорских взаимоотношений на новых принципах, позволяющих полностью программно менять конфигурацию сетевых слоев.

Более детально описанные выше рыночные предпосылки к внедрению автономных интеллектуальных сетей, технические и экономические принципы перехода к таким сетям описаны в подразделах ниже.

### 2.2.1. Снижение трудоемкости и удельной стоимости NMS/OSS/BSS процессов

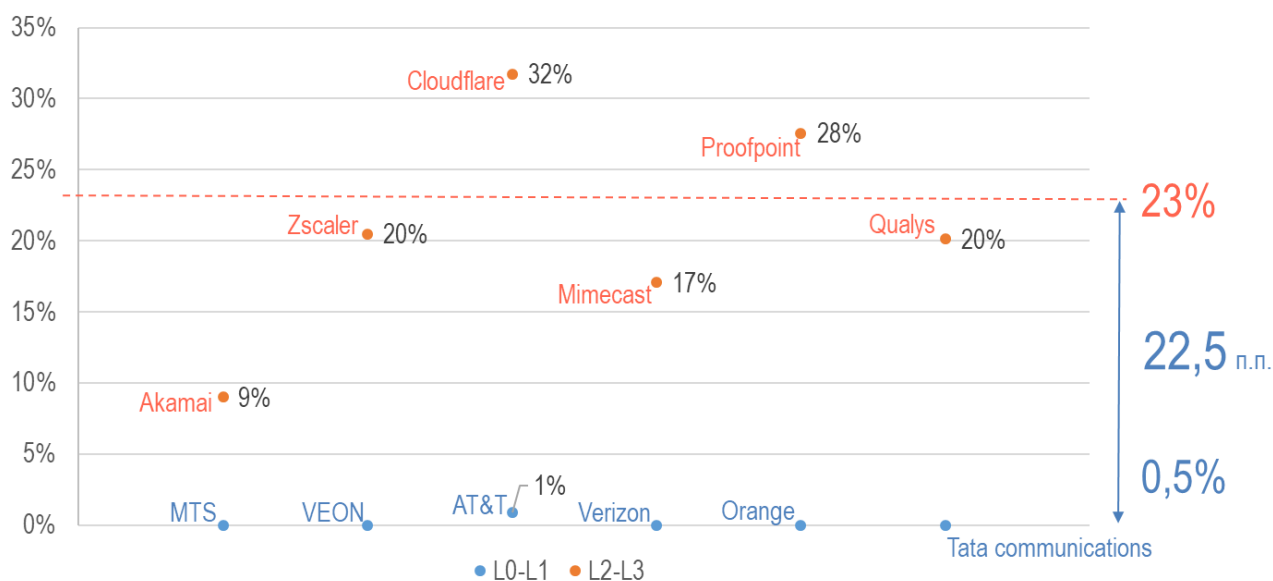
Для традиционных телеком-операторов характерна высокая трудоемкость и затратность NMS/OSS/BSS процессов (Рис. 6) – в среднем 17% относительно размера выручки, несмотря на превалирование в структуре их выручки примитивных статичных телеком сервисов.

**Рис. 6. Уровень затрат на персонал исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы относительно выручки для уровней автоматизации и интеллектуализации L0-L1 (традиционные телекомы) и L2-L3 (облачные провайдеры SECaaS, SDWANaaS, CDNaaS), %, 2020 г.**



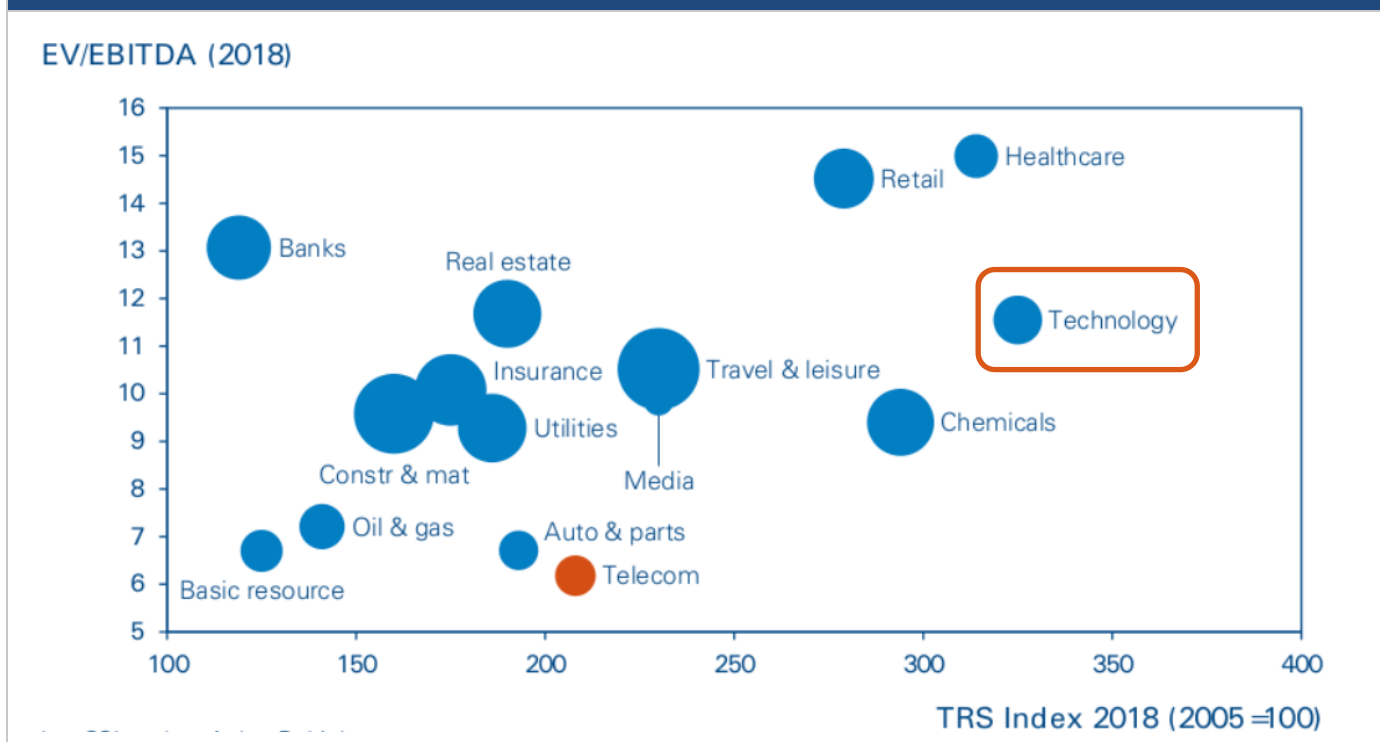
Источник: J'son & Partners Consulting

**Рис. 7. Уровень затрат на НИОКР относительно выручки для уровней автоматизации L0-L1 (традиционные телекомы) и L2-L3 (облачные провайдеры SECaaS, SDWANaaS, CDNaaS), %, 2020 г.**



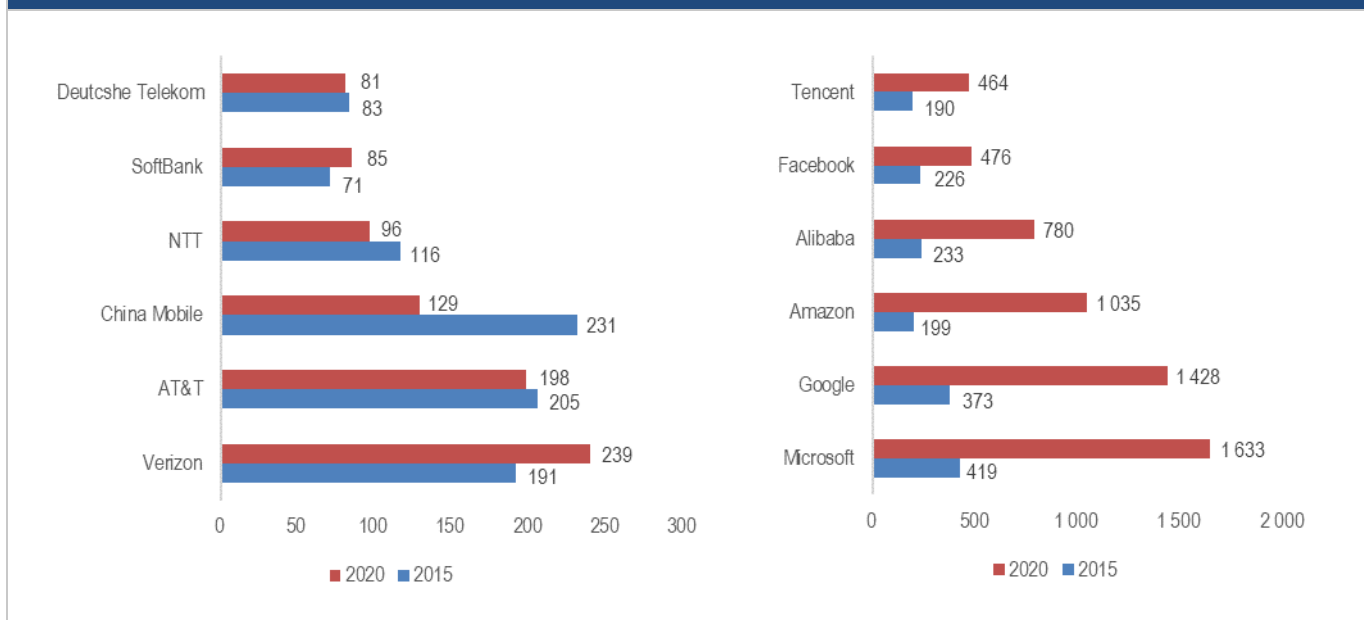
Источник: J'son & Partners Consulting

**Рис. 8. Мультипликаторы и уровень доходности на фондовом рынке по видам активов, 2005-2018 гг.**



Источник: Arthur D. Little

**Рис. 9. Динамика рыночной капитализации крупнейших традиционных телеком-операторов и провайдеров цифровых сервисов в 2015 г. и 2020 г., млрд долл. США**



Источник: Financial Times, Global Data, Macrotrends

Этот фактор является одной из причин неприемлемо длительного периода окупаемости инвестиций в модернизацию сетевой инфраструктуры традиционных телекомов. Так, по мнению Arthur D. Little: «...Налицо явное несоответствие между ожидаемым акционерами уровнем возврата инвестиций и тем уровнем, который традиционный телеком действительно может

обеспечить – акционеры телекомов ожидают что срок возврата инвестиций не превысит пять лет, а доходность на инвестированный капитал составит 10-15%. В реальности, для капиталоемких активов, таких как, например, оптоволоконные сети и дата-центры, срок окупаемости при данном уровне доходности может превышать 10 лет. Это ставит под вопрос способность телекомов привлекать инвестиции необходимые для расширения и модернизации телеком-инфраструктуры...».

При этом, как следует из финансовых показателей телекомов нового поколения (Рис. 6), даже уровень автоматизации и интеллектуальности NMS/OSS/BSS процессов L2-L3 дает возможность более чем в два раза – с 17% от выручки до 8% от выручки, снизить затраты на персонал непосредственно исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы<sup>1</sup>, что в масштабе глобальной телеком-отрасли может дать экономический эффект в размере 144 млрд. долл. ежегодно. Это, в свою очередь, позволит значительно улучшить показатели окупаемости инвестиций в телекоммуникационную инфраструктуру даже в условиях стагнации традиционного телеком-рынка, то есть без учета фактора развития новых услуг.

Как следует из результатов, демонстрируемых Cloudflare, возможно дальнейшее сокращение затрат на персонал исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы до уровня менее 5% от выручки – видимо, такой удельный размер затрат характерен для уровня L3 автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов. При переходе на уровни L4–L5 дальнейшее снижение затрат на персонал непосредственно исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы уже невозможно. На уровнях L4-L5 экономический эффект будет состоять в возможности обеспечения высокой средней загрузки сетевой и вычислительной инфраструктуры при предоставлении сервисов с гарантированным SLA, достигаемой за счет сочетания тотальной автоматизации, предиктивности (интеллектуальности) и динамического ценообразования (см. Раздел 2.2.3). Отметим, что уровни L2-L3 уже позволяют экономически эффективно оказывать новые динамичные услуги класса NaaS, то есть телекоммуникационные услуги, обладающие характеристиками облачных услуг.

Наряду с улучшением показателей окупаемости инвестиций в обновление основных фондов, высокая операционная эффективность телекомов нового поколения в сочетании с способностью предоставлять гораздо более сложные сервисы, характеризующиеся высокой добавленной стоимостью, проявляется и в возможности обеспечить рост капитализации. Телекомы нового поколения классифицируются инвесторами как технологические компании, что проявляется в высоких темпах роста капитализации и существенно более высоких чем у традиционных телекомов мультипликаторах к EBITDA – 11-13 против 4-6 у традиционных телекомов (Рис. 8).

Ввиду стабильно низких мультипликаторов традиционных телекомов, стагнации основных сегментов телеком-рынка и отсутствия значимых успехов в снижении затрат капитализация традиционных телекомов также стагнирует. На Рис. 9 приведены данные по капитализации ряда крупнейших операторов связи в 2015 и 2020 годах, а также ее сравнение с показателями лидирующих провайдеров цифровых услуг в мире. Как видно из представленных данных, за последние 5 лет капитализация традиционных операторов связи существенно не изменилась несмотря на проводимые M&A. Более того, у большинства компаний она даже снизилась: AT&T, China Mobile, NTT, Deutsche Telekom. В то же время видно, что разрыв в капитализации цифровых сервис провайдеров и традиционных операторов связи быстро нарастает. Отметим, что в

<sup>1</sup> Общий фонд оплаты труда (ФОТ) минус ФОТ персонала бэк-офисов (менеджмент, бухгалтерия, юристы, кадровики, закупки и т.п.)

приведенных данных пока не учтены успехи AT&T и ряда других операторов в продвижении новых услуг, имевшие место начиная со второй половины 2020 года.

Достигаемая в том числе за счет высокого уровня автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов существенно более высокая чем у традиционных телекомов инвестиционная привлекательность позволяет телекомам нового поколения финансировать НИОКР не только за счет высокого уровня операционной маржинальности, но и за счет внешнего финансирования, привлекаемого под растущую капитализацию новых игроков. Это чрезвычайно важный фактор их развития принимая во внимание, что за высокий уровень автоматизации, и, соответственно, низкий уровень затрат на оперативный персонал, операторы нового поколения «платят» высоким уровнем затрат на НИОКР, практически отсутствующим у традиционных операторов (Рис. 7). Характерно, что провайдер новых услуг Cloudflare, имеющий наименьший уровень затрат на персонал исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы – 4%, является лидером по удельному, к выручке, уровню затрат на НИОКР – 32%. То есть в условиях недостаточной номенклатуры готовых тиражных продуктов для создания автономных интеллектуальных NMS/OSS/BSS-процессов (см. Раздел 3) операторы нового поколения вынуждены разрабатывать их самостоятельно и рассматривают такие разработки как свое ключевое конкурентное преимущество. Фактически операторы нового поколения – это разработчики программного обеспечения, предоставляющие облачные сервисы конечным потребителям с использованием самостоятельно разработанного программного обеспечения. В эту же модель облачных сервис-провайдеров мигрируют и «традиционные» разработчики программного обеспечения - Oracle, IBM, Microsoft, и даже аппаратно-программных комплексов, такие как, например, Cisco Systems, F5 Networks, Palo Alto Networks, Fortinet и другие.

При этом отметим, что автоматизация NMS/OSS/BSS-процессов неотделима от разработки новых продуктов, поскольку базовым условием их предоставления является наличие тотальной автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов с реализацией элементов интеллектуальности (см. Раздел 2.2.2. и Раздел 2.2.3.). Другими словами, если для традиционных услуг автоматизация и интеллектуализация является желательной опцией, то для новых услуг высокий уровень автоматизации не только NMS, но и OSS/BSS-процессов является базовым условием возможности их экономически обоснованного предоставления. Следовательно, инвестиции в разработку инновационных продуктов включают в себя и инвестиции в автоматизацию и интеллектуализацию NMS/OSS/BSS-процессов и неразрывно связаны друг с другом.

В настоящее время отсутствуют кейсы автоматизации традиционного для операторов портфеля услуг в которых был бы получен экономический эффект измеряемый 5-10% от выручки. Причина в структуре затрат на персонал, в которой преобладают затраты на персонал исполняющий OSS/BSS-процессы – в среднем около 85% ФОТ, и лишь около 15% затрат приходится на инженерно-технический персонал, отвечающий за NMS-процессы, то есть за эксплуатацию и развитие сетевой и вычислительной инфраструктуры<sup>2</sup>. Как следует из Рис. 2, начальные уровни L0-L1 автоматизации и интеллектуализации, характерные для большинства традиционных операторов в настоящее время, охватывают исключительно NMS-процессы. Поэтому при доле затрат на персонал исполняющий NMS/OSS/BSS-процессы на уровне 17% от выручки, из которых лишь 15% приходится на ФОТ персонала исполняющего NMS-процессы и при достигаемой на уровне L1 частичной автоматизации NMS-процессов, дающей около 10-15% экономии ФОТ NMS-персонала, общий экономический эффект составляет порядка 0,3-0,4% от выручки, что не может

<sup>2</sup> В случае использования оператором аутсорсинга эксплуатации ИКТ-инфраструктуры соответствующие затраты отнесены в затраты на персонал исполняющий NMS-процессы

быть заметно в финансовой отчетности операторов на фоне существенно более значительного влияния рыночных и макроэкономических факторов.

Данный вывод подтверждается анализом финансовой отчетности операторов связи, ориентированных на оказание традиционных статичных услуг связи, доля выручки от новых услуг у которых составляет менее 5% от общей выручки. Например, как следует из Рис. 7, несмотря на довольно значительные в абсолютном выражении вложения в НИОКР у AT&T, с 2013 года реализующей амбициозную программу тотальной виртуализации своей сетевой инфраструктуры (инициатива Domain 2.0), влияние на уровень операционных затрат на фоне прямого конкурента – Verizon, имеющего нулевой уровень затрат на НИОКР, в финансовой отчетности AT&T пока отсутствует. При этом можно предположить, что, например, для инновационной услуги AT&T Netbond уровень операционных затрат относительно выручки от этой услуги находится на том же уровне что и у телеком-провайдеров нового поколения.

Резкий – на порядок величины, рост удельного размера экономического эффекта при переходе к уровням L2-L3 автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов связан с появлением именно на этих уровнях возможности экономически эффективного предоставления телеком-услуг нового поколения, обладающих характеристиками облачных. Так, реализация принципов самообслуживания, включая самостоятельное изменение абонентами количественных и качественных характеристик, предоставляемых им провайдером услуг, автоматизация процессов контроля и управления качеством, радикально снижает нагрузку не только на персонал исполняющий NMS-процессы, но и на персонал задействованный в реализации OSS и даже BSS-процессов.

**Рис. 10. Стоимость банковской транзакции в зависимости от технологии ее проведения (канала) и распределение транзакций по каналам, 2011 г.**



Источник: McKinsey

Аналогичный эффект наблюдался десять лет назад в банковской отрасли при переводе основной массы платежей на самообслуживание (онлайн-банкинг, терминалы оплаты) – удельная



себестоимость транзакции упала более чем на порядок относительно варианта с проведением платежа с использованием труда сотрудника отделения банка (см. Рис. 10).

Следовательно, стратегией для традиционных операторов должно стать ускоренное наращивание выручки от новых услуг, при этом традиционные услуги следует переводить на новую NMS/OSS/BSS платформу, рассматривая их как упрощенную версию новых услуг, а не наоборот – новые услуги как усложненную версию традиционных (см. Раздел 2.2.2.).

Отметим, что большие расхождения по уровню операционных затрат на предоставление сервисов у между российскими и зарубежными традиционными операторами (Рис. 6) следует объяснять в основном разницей в уровне зарплат персонала, которая особенно заметна при сравнении североамериканских и российских операторов. Так, относительно характерного для операторов в США уровня удельных, на сотрудника, затрат на ФОТ персонала непосредственно исполняющего NMS/OSS/BSS-процессы, у российских операторов затраты ниже в 4-5 раз. Это означает, что российские операторы в еще большей степени заинтересованы именно в сквозной автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов, дающий наибольший эффект экономии ФОТ и позволяющей запускать новые сервисы с приемлемым для рынка уровнем цен и приемлемым для оператора уровнем маржинальности, а фрагментарная автоматизация не окажет сколь либо заметного эффекта ввиду чрезвычайно низкого уровня зарплат персонала непосредственно задействованного в управлении сетью и оказании услуг.

Как следует из перечня представленных на Рис. 6 и Рис. 7 операторов нового поколения, наиболее активно развивающейся сферой применения автономности и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов для создания новых услуг класса NaaS являются, наряду с предоставляемыми традиционными операторами услугами BoD, облачные сервисы сетевой и информационной безопасности – SECaaS и SD-WANaaS. Оба вида этих сервисов можно рассматривать как функциональное расширение BoD, реализованное за счет включения в них дополнительных служебных приложений – так называемых Managed NFV. Именно на такие функционально богатые услуги ориентированы телеком-операторы нового поколения, а **внедрение технологий предиктивной аналитики позволило им кардинально пересмотреть общепринятые подходы к обеспечению кибер-безопасности, рассмотрев средства безопасности их не как функцию, а как процесс.** Такой взгляд недавно сформулирован аналитиками Gartner как концепция Continuous Adaptive Risk and Trust Assessment (CARTA). Появление CARTA знаменует собой отказ от широко распространенного представления о том, что на каждый вид угрозы должен быть соответствующий противодействующий ей продукт (функция), и если он отвечает предъявляемым к нему требованиям, то его применение полностью снимает соответствующую угрозу. Такое фактически неверное представление трансформируется в более сложное, но более адекватное реальности представление о безопасности как о комплексном по функционалу адаптивном автоматически исполняемом процессе, который собирая данные из самых разнообразных источников постоянно оценивает текущий и прогнозный уровень защищенности объекта защиты (количественно – как вероятность критического события ИБ), моделирует меры по повышению уровня защищенности и преимущественно автоматически их реализует. Это означает, что концепция CARTA и порожденная ею концепция Security Orchestration, Analytics and Reporting (SOAR), основанная на принципе автоматизации мониторинга и реакции на события безопасности означает выход провайдеров SECaaS на «поляну» операторов Security Operation Centers (SOC) с полностью автоматической реализацией процесса настройки средств безопасности, мониторинга и анализа событий ИБ, выработки и исполнения мер противодействия выявленным угрозам.

Таким образом, реализация процессного подхода к обеспечению сетевой и информационной безопасности делает неразрывно связанной автоматизацию NMS/OSS/BSS-процессов провайдеров функционально богатых сервисов и автоматизацию процессов непосредственно реализующих функционал сервиса предоставляемого потребителю.

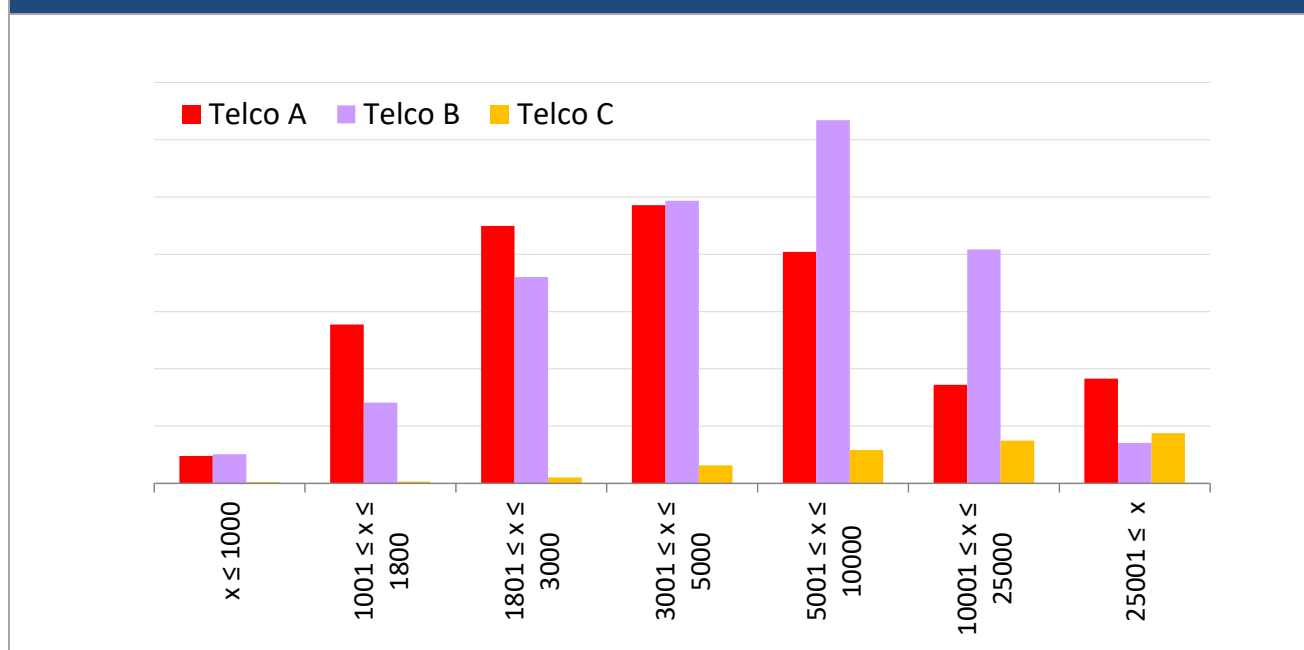
Отметим также, что тотальная автоматизация и интеллектуализация NMS/OSS/BSS-процессов критически необходима для обеспечения приемлемой маржинальности не только сервисов с гарантированным SLA, но и «best effort» сервисов с экстремально низким ARPU на подключенное устройство, к которым относятся, в частности, устройства IoT/M2M.

Более подробно перспективы преодоления стагнации традиционного телекоммуникационного рынка за счет развития новых видов услуг, предоставление которых возможно начиная с уровней L2-L3 автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов, описаны в Разделе 2.2.2.

## 2.2.2. Возможность предоставления новых многокомпонентных (композитных) телеком-услуг по облачной модели

Выполненный J'son & Partners Consulting в 2017 - 2018 гг. анализ «best effort» услуг передачи данных показал, что позиционирование традиционных универсальных услуг, например, B2B-услуг широкополосного доступа, имеет выраженные пики долей рынка в разрезе узких диапазонов ARPU (см. Рис. 11). Причем у каждого оператора свое уникальное положение единственного пика. Это означает что даже традиционные универсальные («best effort») услуги на самом деле не универсальны – за счет наличия конкуренции каждая услуга каждого из успешных игроков оказывается спозиционирована не на весь рынок, а на относительно небольшой его сегмент, в основном за счет нюансов организации исполняемых вручную OSS/BSS-процессов, ценовой и технической политики.

**Рис. 11. Распределение доли операторов (%) от общего количества абонентов корпоративного ШПД по диапазонам ARPU (рублей в месяц), крупный город в России, 2017 г.**



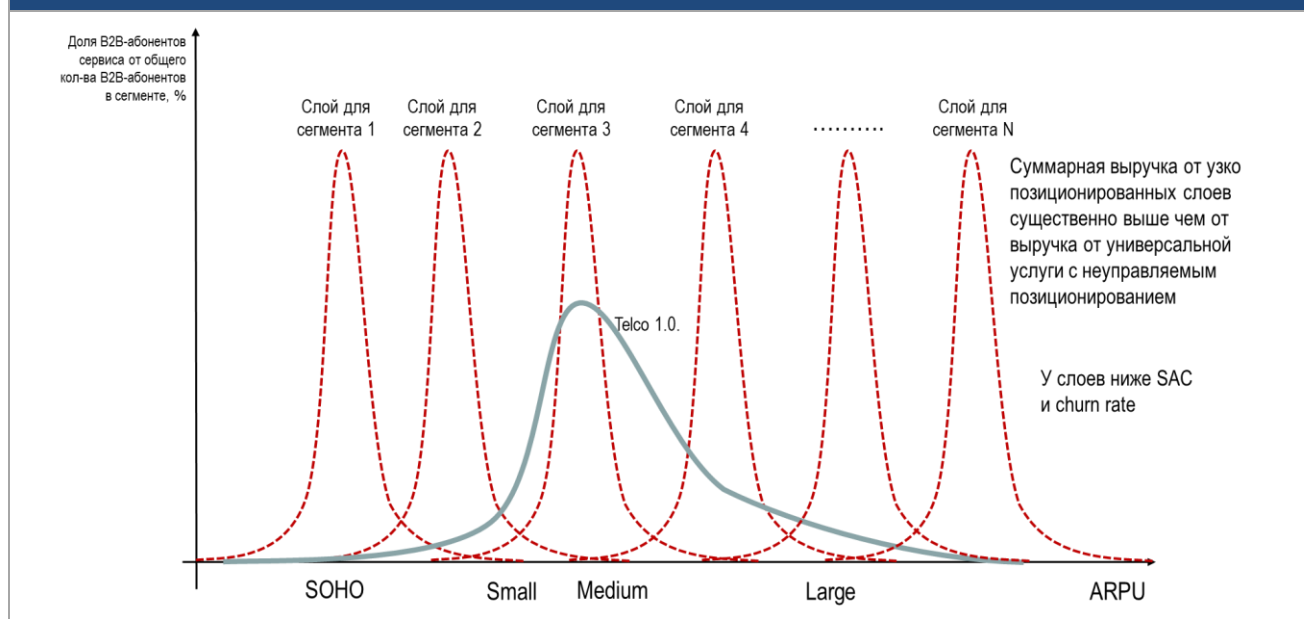
Источник: J'son & Partners Consulting

Наиболее принципиальным отличием сфер применения автоматических NMS/OSS/BSS процессов с элементами интеллектуальности от «традиционных» является предоставляемая технологиями SDN и NFV возможность введения сетевых слоев, то есть полностью программного создания выделенных логических сетей распределенных вычислений, кастомизируемых/оптимизируемых под требования конкретных приложений.

С точки зрения процессов BSS верхнего уровня это означает возможность для оператора виртуализированной сети перехода от ограниченного набора универсальных сервисов на неограниченный набор кастомизированных сервисов каждый из которых ориентирован для ограниченного круга потребителей. Такие кастомизируемые сервисы формируются из ограниченного набора базовых (платформенных) сервисов – своих и партнерских, путем создания их комбинаций и индивидуальной настройки элементов этих комбинаций. То есть речь идет о реализации принципиально иных процессов управления сервисами на всех этапах их жизненного цикла – от существующих процессов они отличаются не только уровнем

автоматизации, но и иным функциональным наполнением. Отметим, что в перечень индивидуально настраиваемых платформенных компонент кастомизированных сервисов необходимо отнести и реализованные в виде микросервисов виртуальные функции NMS/OSS/BSS. То есть фактически каждый сервис (сетевой слой) должен иметь свой, индивидуально настроенный экземпляр не только NMS, но и автоматических OSS/BSS-процессов, которые становятся неотъемлемой частью соответствующего слоя. Это позволит операторам сетей с поддержкой технологий SDN и NFV формировать большое количество узких пиков, как показано на Рис. 12, – по одному пику на сетевой слой.

**Рис. 12. Возможное распределение долей операторов (%) от общего количества пользователей услуг передачи данных по диапазонам ARPU, универсальная некастомизируемая услуга (Telco 1.0) и новые кастомизируемые сервисы основанные на технологии network slicing**



Источник: J'son & Partners Consulting

Примитивность существующих исполняемых преимущественно вручную процессов NMS/OSS/BSS обуславливает функциональную невозможность их применения для управления сложными «компонентными» сервисами, ориентированными на узкие клиентские сегменты. Как следует из результатов интервьюирования операторов мобильной связи, проведенного аналитическим агентством Comarch по всему миру в 2021 году<sup>3</sup>, лишь 36% опрошенных операторов уверены что развертывания типовых слоев для URLLC, mMTC и eMBB кейсов будет достаточно чтобы удовлетворить потребности всех клиентских сегментов, а почти 60% мобильных операторов осознают что нужно будет предоставить клиентам возможность динамического, по требованию, развертывания многочисленных кастомизируемых слоев, наиболее полно удовлетворяющих чрезвычайно разнообразным требованиям, что, в свою очередь, потребует использования автономных интеллектуальных NMS/OSS/BSS-процессов.

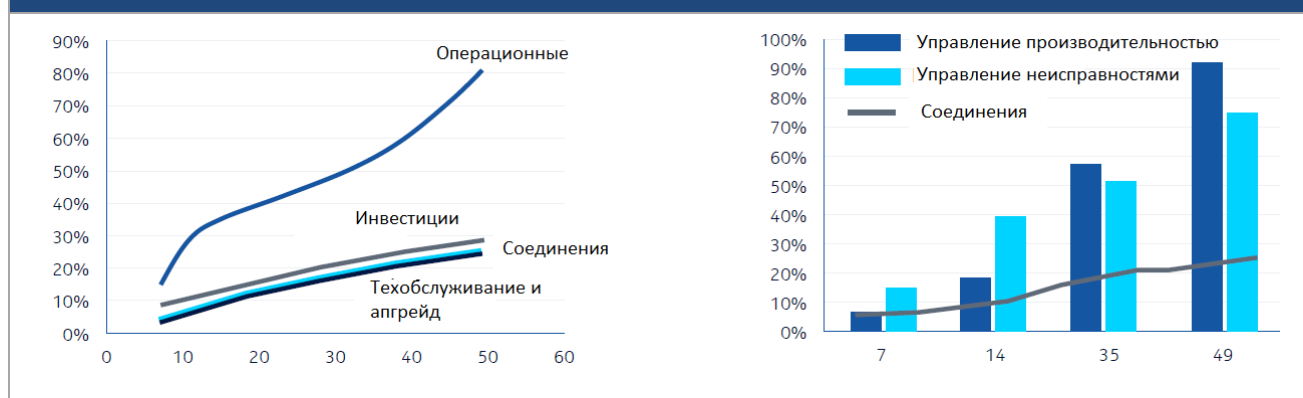
Важно отметить также, что сквозные сетевые слои – это многокомпонентные сервисы, имеющие фрагменты в различных сетевых и вычислительных доменах. Соответственно, и от оператора кросс-доменного слоя, и от операторов его фрагментов потребуются так выстраивать взаимодействие между собой чтобы быть способными с достаточной точностью определять и попадать в необходимое соотношение цены, объема сетевой емкости и требуемых параметров

<sup>3</sup> AI/ML for 5G Network Slicing: Accelerating Network-as-a-Service (NaaS) Strategy

QoS и диапазонов их значений. Таким образом, речь идет не только о необходимости технически реализовать кросс-доменную оркестрацию, но и о необходимости автоматического взаимодействия всех участников экосистемы в рамках бизнес-процессов управления сервисом на всем его жизненном цикле. То есть кросс-доменное взаимодействие должно охватывать не только уровень NMS, но и уровни OSS/BSS-процессов. Согласно Comarch, 56% опрошенных операторов рассматривают кросс-доменную координацию между операторами радиосетей, краевых дата-центров, транспортных сетей и корневых дата-центров как наиболее сложный и одновременно наиболее важный компонент реализации сквозных кастомизируемых слоев, а задача оптимизационного управления внутри инфраструктурных доменов рассматривается как существенно менее сложная.

Наряду с функциональной ограниченностью традиционных NMS/OSS/BSS-процессов проблемой является и их высокая трудоемкость, которая нарастает экспоненциально при переходе от ограниченного количества универсальных сервисов к большому количеству узкоспециализированных. Как показывают результаты исследований, в отсутствие тотальной автоматизации NMS/OSS/BSS на всех уровнях – начиная с NMS-процессов управления ресурсами до бизнес-процессов верхнего уровня (формирование продуктов, контроль маржинальности в разрезе продуктов и т.п.), реализация даже ограниченного количества узкоспециализированных сервисов (сетевых слоев) экономически невозможна ввиду экспоненциального роста операционных затрат на управление слоями (Рис. 13 и Рис. 14).

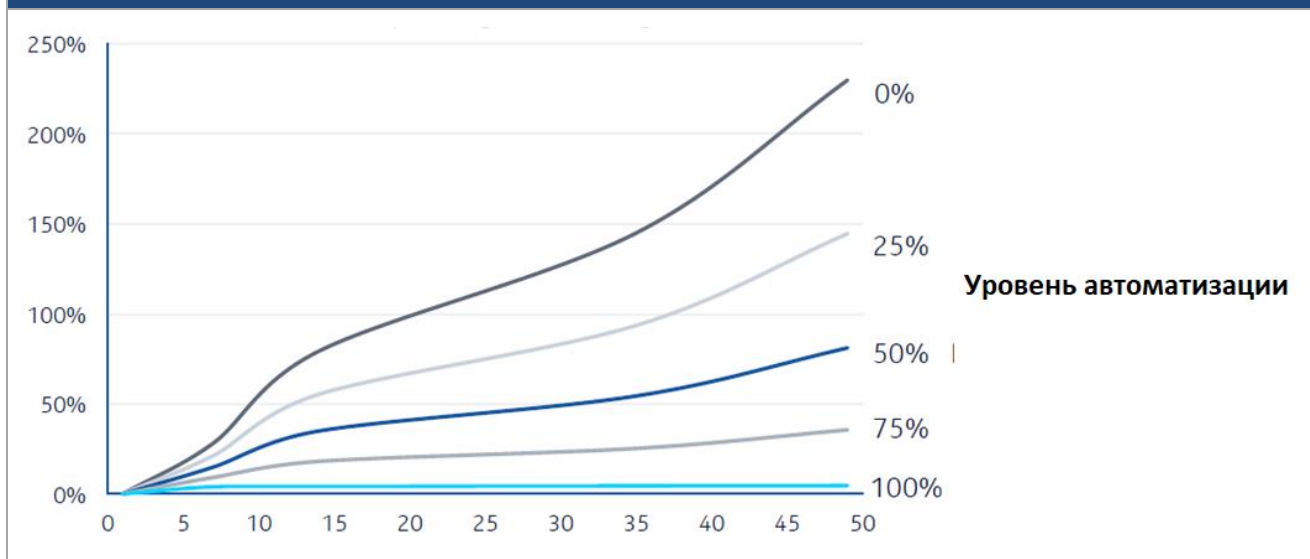
**Рис. 13. Сравнение операционных затрат (ОРЕХ) при реализации модели network slicing (узкоспециализированных сервисов) против традиционной модели единой сети (универсальных «best effort» сервисов)**



Источник: Bell Labs Consulting

Так, по оценке Bell Labs Consulting, для экономически эффективного предоставления сервисов, основанных на использовании слоев, то есть узкоспециализированных сервисов, ориентированных на ограниченные клиентские сегменты, необходим близкий к 100% уровень автоматизации (Рис. 14), что соответствует уровням L2/L3 автономности сетей. Под количественной разницей в уровне автоматизации понимается объем трудозатрат, который можно сократить за счет автоматизации, выражаемый в изменении количества часов, требуемых для работы, и/или количества персонала, необходимого для выполнения определенных задач. Только при столь высоком относительно существующего у операторов связи уровне автоматизации удастся избежать экспоненциального роста затрат по мере увеличения количества слоев в сети оператора.

**Рис. 14. Сравнение операционных затрат (ОРЕХ) при реализации модели network slicing против традиционной модели единой сети при различных уровнях автоматизации, %**



Источник: Bell Labs Consulting

Вендоры 5G, в частности Nokia, признают, что по мере нарастания количества слоев имеет место деградация эффективности использования ресурсов сети. При ожидаемом количестве слоев в сотни тысяч (равному количеству уникальных приложений) эта проблема становится ключевой. Моделирование показывает, что наряду с ростом операционных затрат в случае сохранения низкого уровня автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов имеет место рост CAPEX (Рис. 15). Это связано с худшей чем у «best effort» услуг возможностью мультиплексирования, и как следствие, большей потребной емкостью на передачу единицы трафика – этот аспект проблемы рассмотрен в разделе 2.2.3.

**Рис. 15. Совокупные расходы на сетевые слои по сравнению с сетями с отсутствием слоев**



Источник: Bell Labs Consulting

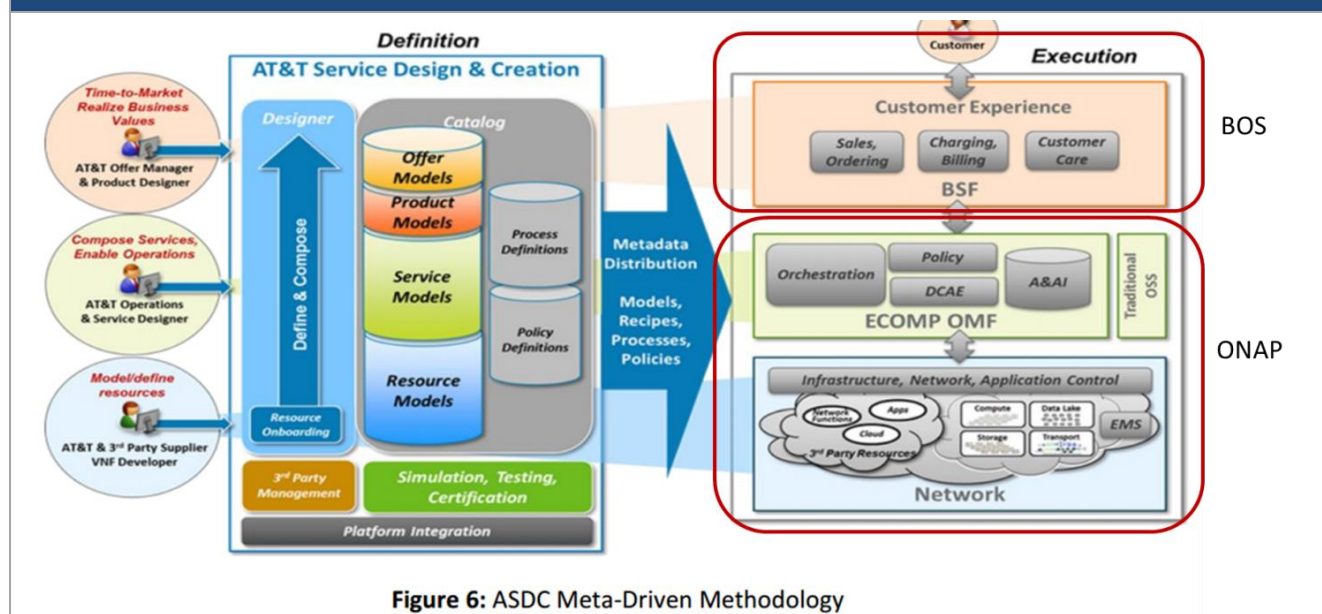
Таким образом, для всех видов управляемых сервисов с гарантированным SLA, то есть узкоспециализированных сервисов, необходима разработка и внедрение полностью автоматических (роботизированных) процессов, включая:

- Сквозные процессы самообслуживания абонента, интегрированные с процессами предоставления и контроля состояния сервиса, с распределением функций контроля между различными контрагентами (партнерами).
- Сквозные процессы формирования и переконфигурирования продукта (сервиса) из набора базовых функций, в том числе сторонних поставщиков (партнеров).
- Формирование и реализация сложных моделей ценообразования, включающих тарификацию по количественным и по качественным характеристикам, в перспективе – с возможностью динамического ценообразования в зависимости от текущего и прогнозного уровня загрузки ресурсов используемых для предоставления услуги.
- Контроль и управление маржинальностью с детализацией до каждого сервиса, компонента сервиса и потребителя сервиса.
- Двустороннюю тарификацию и взаиморасчеты с партнерами по различным метрикам тарификации и взаиморасчетов, методам налогообложения (например, с НДС / без НДС).

Эти процессы крайне сложны, их нельзя внедрить в статичном готовом к использованию виде. Они могут быть реализованы только как адаптивный самообучающийся процесс, то есть должны иметь в своем составе механизмы самообучения, такие как машинное обучение.

Для реализации принципа платформенности при создании узкоспециализированных клиентских сервисов, то есть использования для их создания ограниченной номенклатуры настраиваемых базовых сервисов, в свою очередь, необходимы базовые сервисы, сквозным образом реализующие процессы NMS/OSS/BSS на всех этапах жизненного цикла сервисов. То есть такой набор должен охватывать не только этап предоставления сервисов, но и этап их создания.

**Рис. 16. Переход от универсальных услуг к узкоспециализированным. Проект ECOMP**



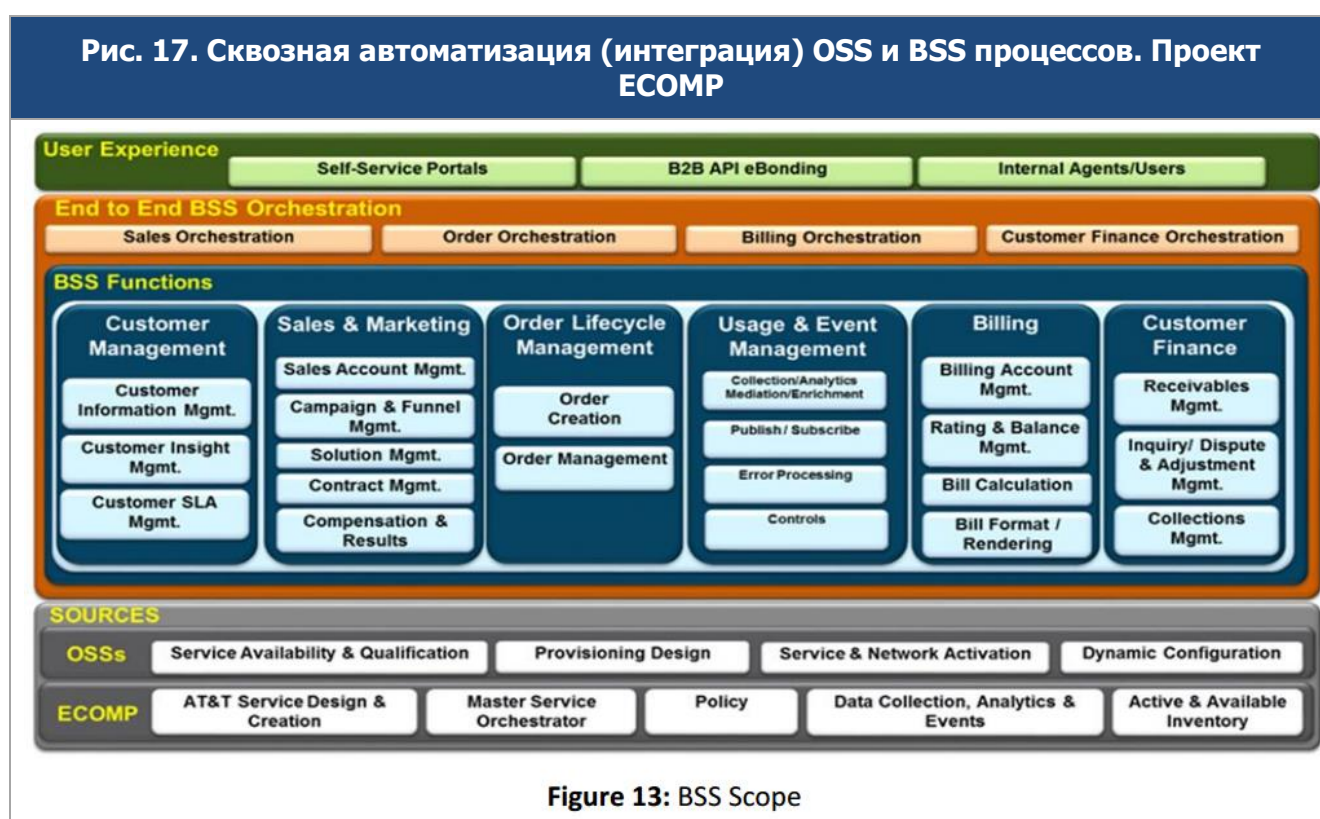
**Figure 6: ASDC Meta-Driven Methodology**

Источник: AT&T

В отличие от сервисов NMS и отчасти OSS, в настоящее время задача создания набора служебных BSS-сервисов для композитных услуг в мире не решена: отсутствуют в качестве коммерческих продуктов не только приложения, автоматизирующие такие процессы, но и признанные отраслевым сообществом формализованные описания (алгоритмы) таких процессов. В

отсутствие коммерчески доступных продуктов операторы связи инвестируют значительные ресурсы в их разработку. Так, наиболее значимым для отрасли проектом в этой области стал проект ECOMP оператора AT&T (Рис. 16, Рис. 17), выделяющего наибольшие среди всех операторов бюджеты на НИОКР.

По мере развития таких проектов уже в ближайшие годы можно ожидать появления в виде коммерческих продуктов функционала, позволяющего автоматизировать OSS/BSS-процессы предоставления композитных услуг. Однако BSS-процессы создания композитных услуг, которые уже сейчас рассматриваются операторами связи как ключевое конкурентное преимущество, с большой вероятностью не будут передаваться в open-source сообщества и проекты в виде готовых фреймворков. Показателен в этом смысле пример проекта ECOMP, часть которого, охватывающая процессы предоставления услуг («execution») и не представляющая, по мнению AT&T, ключевого конкурентного преимущества (правый нижний прямоугольник на Рис. 16), была передана в open-source проект ONAP, а часть, связанная с процессами разработки композитных продуктов (definition), осталась внутри AT&T.



Источник: AT&T

Тем не менее, несмотря на беспрецедентную сложность реализации процессов NMS/OSS/BSS для узкоспециализированных сервисов, инвестиции в разработку таких процессов критически важны для телекомов. Так, в настоящее время примитивность исполняемых преимущественно вручную NMS/OSS/BSS-процессов телекомов является основной причиной крайне низкой доли новых кастомизируемых телекоммуникационных сервисов, то есть сервисов реализующих пять принципов облачного сервиса применительно к телеком-инфраструктуре и сетевым функциям (Network as a Service, NaaS): полная автоматизация процессов предоставления сервисов, включая реализацию принципа самообслуживания, предоставление сервисов «по требованию», измеримое и управляемое качество (QoS/SLA), динамическое управление ресурсами. В результате, «традиционные» телекомы отстают от требований выдвигаемых облачными

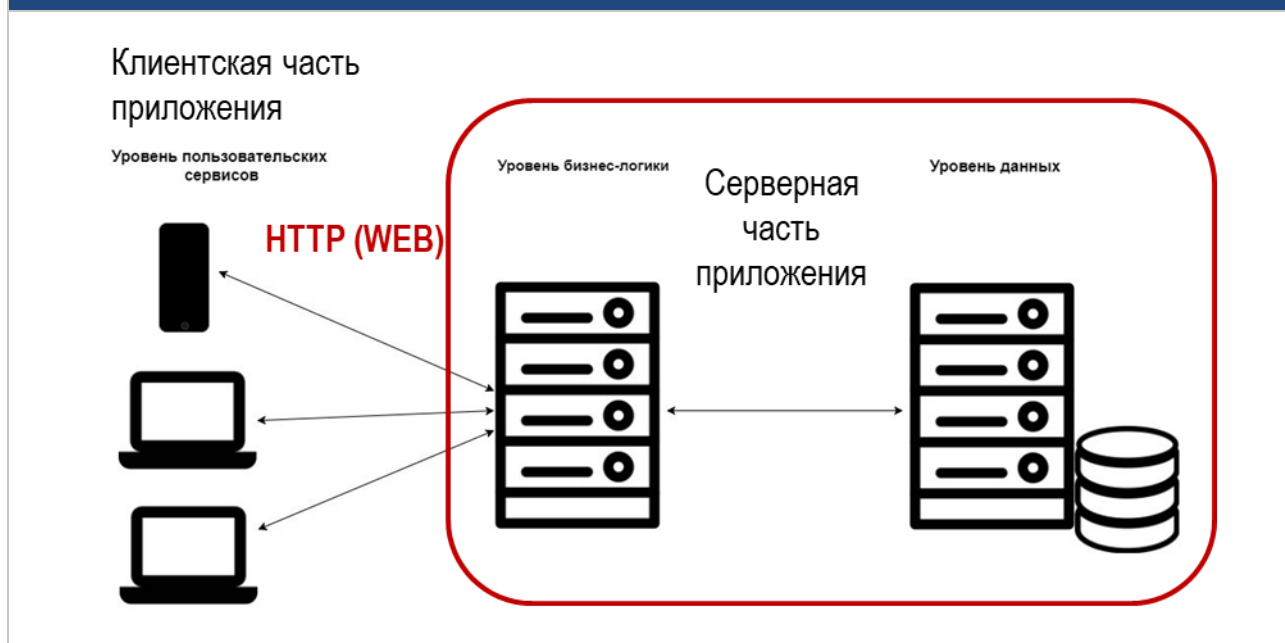


провайдерами, выступающими в последние годы основным драйвером количественного и качественного роста телеком-рынка, и, как следствие, бурный рост рынка OTT SD-WAN и SECaaS, то есть прямая потеря операторами потенциальной новой выручки. Как следует из серии интервью с операторами мобильных сетей проведенной аналитическим агентством Comarch по всему миру в 2021 году, телекомы понимают опасность сложившейся ситуации и рассматривают инвестиции в разработку и развертывание автономных интеллектуальных NMS/OSS/BSS-процессов, включая фазу разработки сервиса, как наиболее приоритетные.

Появление новых сетевых услуг с высокой добавленной стоимостью, в частности, SD-WANaaS и SECaaS, связано с бурным ростом трафика распределенных веб-приложений, серверная часть которых (Рис. 18) располагается преимущественно в публичных облачных средах. Ввиду объективных причин такое распределение пока не поддержано столь же быстрым изменением архитектуры глобальных сетей (WAN) и используемых на сетях технологий, по-прежнему ориентированных на передачу трафика «абонент-абонент», а не «приложение – датацентр» и «датацентр – датацентр».

По оценке Cisco (Рис. 19), уже в 2021 году доля трафика генерируемого распределенными веб-приложениями от общего объема трафика в публичных сетях связи составит 95%, и лишь 5% трафика составит трафик между абонентскими устройствами. Как отмечено выше, традиционная архитектура сетей ориентирована на 5% трафика – прямого трафика между абонентскими устройствами, и не является оптимальной для 95% трафика – трафика веб приложений.

**Рис. 18. Архитектура трехзвенных (веб) приложений**

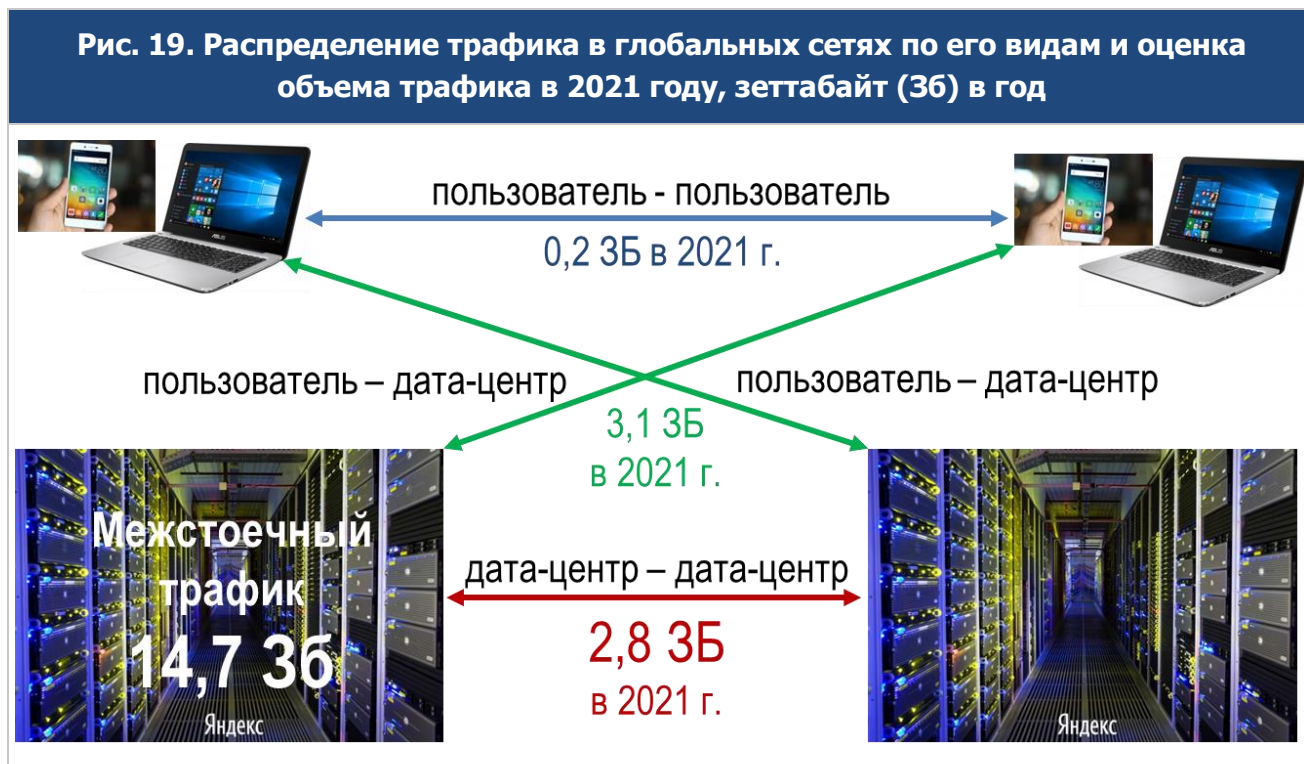


Источник: iCloud

Трафик распределенных веб-приложений включает два вида трафика:

- трафик «доступа», то есть трафик между клиентской частью приложения на устройстве абонента и серверной частью приложения в дата-центре;
- «служебный» трафик, то есть трафик между распределенными по разным дата-центрам элементами серверной части приложения.

Эти два вида трафика примерно равны по своему объему, причем служебный трафик растет быстрее чем трафик доступа, что отражает потребность в увеличении глубины анализа хранимых в серверной части приложений данных, так называемого «состояния приложения».



Источник: Cisco Global Cloud Index

Веб-приложения отличаются огромным многообразием – от примитивных веб-сайтов «визиток» до чрезвычайно сложных IIoT-платформ, ERP и аналитических приложений трехзвенной архитектуры. По состоянию на конец 2016 года насчитывалось более 200 тысяч уникальных веб-приложений. Соответственно, большим разнообразием отличаются и требования этих приложений к сетевой и вычислительной инфраструктуре, что вступает в прямое противоречие с традиционной архитектурой сетей, ориентированной на предоставление ограниченной номенклатуры сетевых сервисов, имеющих жесткую аппаратную зависимость и, как следствие, практически не подлежащих кастомизации.

Столь явные противоречия между требованиями бурно развивающихся веб-приложений и крайне ограниченными возможностями сетей традиционной архитектуры и статичных NMS/OSS/BSS процессов привели к появлению рынков новых сетевых сервисов с высокой добавленной стоимостью, основной задачей которых выступает предоставление конвергентной сетевой и вычислительной инфраструктуры с управляемыми (кастомизируемыми) параметрами по доступности и безопасности, на базе управляемой вычислительной инфраструктуры (IaaS) и неуправляемой сетевой инфраструктуры (выделенные L2/L3-каналы, ШПД) – см. Рис. 20.

Основными видами этих сервисов являются:

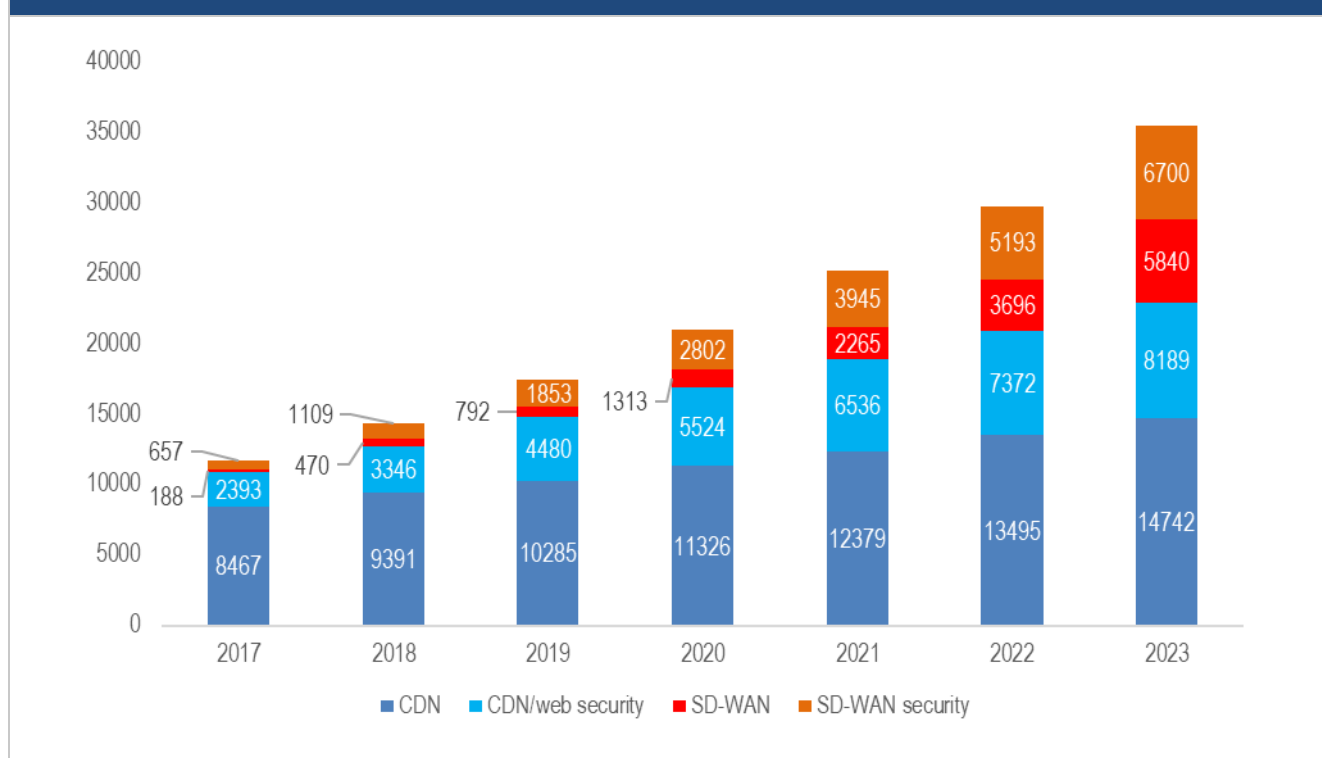
- сервисы «доставки контента» (CDN), резвившиеся в сервисы обеспечения безопасной ИКТ-среды с высокой доступностью для всех видов распределенных веб-приложений, включая высоконагруженные корпоративные бизнес-приложения – в настоящее время лишь 30% выручки от CDN приходится на медиаприложения;
- сервисы SD-WAN для обеспечения защищенного управляемого доступа пользователей к веб-приложениям.

Как следует из описания, первая группа сервисов ориентирована в основном на работу со служебным трафиком распределенной серверной части приложения, хотя охватывает и пользовательский трафик, а сервисы SD-WAN ориентированы на пользовательский трафик. При этом обе группы сервисов включают в себя развитый функционал обеспечения кибер-безопасности. В части технологий безопасности сервисы CDN в основном ориентируются на использование технологий WAF, DLP, SEG и Anti-DDoS, а сервисы SD-WAN – на технологии UTM/NGFW и SWG. Оба вида сервисов реализуют предиктивное адаптивное управление сетевой инфраструктурой, используя технологии машинного обучения над собираемыми со всех элементов сети данными о ее состоянии и событиях кибер-безопасности.

В терминологии NIST, разработанной для классификации облачных сервисов, такие услуги можно классифицировать как сетевые платформенные сервисы (PaaS).

По своему объему в денежном выражении потребление услуг с высокой добавленной стоимостью уже сейчас сопоставимо с объемом потребления базовых телеком-сервисов в B2B и, в отличие от базовых услуг, потребление которых в денежном выражении практически не растет, демонстрируют устойчиво высокие темпы роста. Численные оценки объема потребления рассматриваемых услуг в 2017 – 2023 годах, выполненные J'son & Partners Consulting, приведены на рисунке ниже. Отметим, что в обеих группах услуг наиболее высокие темпы роста демонстрируют сервисы кибер-безопасности, широко использующие возможности технологий искусственного интеллекта.

**Рис. 20. Глобальные рынки CDN, web-безопасности, SD-WAN и безопасности корпоративного периметра в 2017 – 2023 гг., млн. долл. США**



Источник: J'son & Partners Consulting

Несмотря на стремление операторов к развитию сервисов CDN и SD-WAN в рамках своих портфелей услуг, наиболее успешными на рынке становятся новые, независимые от операторов игроки. Так, наиболее успешные в сегменте CDN и веб-безопасности игроки в мире – это Akamai, AWS, Google, Cloudflare, Trend Micro, Qualys, F5 Networks, а в сегменте сервисов SD-WAN и кибер-

безопасности корпоративного периметра – это ZScaler, Netscope, Cisco Systems (включая Viptela), Palo Alto Networks (включая OPAQ), VeloCloud, CloudGenix, Aryaka, SilverPeak, Oracle (включая Talari), Versa Networks.

Если в сегменте SD-WAN операторы развиваются за счет партнерства с вендорами программного обеспечения и оборудования с поддержкой SD-WAN, то в сегменте CDN – преимущественно за счет поглощений. Отметим, что обе модели являются тупиковыми.

В настоящее время за счет поглощения специализированного CDN-провайдера EdgeCast крупнейший провайдером CDN из числа операторов выступает Verizon с платформой Verizon Media Platform. Платформа обладает суммарной пропускной способностью до 105 Тбит/с, имеет 78 узлов по всему миру и около 5 000 партнеров. Аналогичным путем поглощения специализированных игроков идет и ряд других крупных операторов. Однако в последствии поглощаемые операторами провайдеры CDN, как правило, теряют долю рынка, не успевая за бурным развитием специализированных независимых игроков.

Что касается сегмента SD-WAN, то вендоры SD-WAN и средств безопасности сами включились в гонку за регулярными платежами и активно развивают собственные облачные сервисы, предоставляемые без участия операторов, вернее при пассивном участии операторов как поставщиков канальной емкости. Большим преимуществом вендоров над операторами и системными интеграторами, предлагающими сервисы SD-WAN, является то, что в случае модели регулярных платежей (подписочной модели), а именно на эту модель ориентируются все виды игроков, затраты на оборудование и программное обеспечение являются внутренними затратами (себестоимостью) провайдера. У непосредственного разработчика эти затраты кратно ниже чем у любого из их партнеров. Так, согласно отчетности вендоров, прямые затраты на производство оборудования составляют лишь 30% его отпускной цены, а тиражирование программного обеспечения не несет практически никаких дополнительных затрат. При этом за счет мощной ценовой конкуренции на рынке канальной емкости цена ее продажи близка к себестоимости, поэтому операторы не имеют практически никаких преимуществ над ОТТ-провайдерами за счет обладания собственной физической сетевой инфраструктурой.

Фактически в обоих случаях взаимодействие ОТТ-провайдеров сетевых услуг с высокой добавленной стоимостью с операторами телеком-инфраструктуры сводится к аренде у них сетевой емкости, причем в больших объемах. То есть опять операторы оказываются отправленными в нишу низко маржинальных услуг с жесткой ценовой конкуренцией между игроками.

Выходом для операторов может стать решение о переходе на новую архитектуру сетей и новые, соответствующие требованиям этой архитектуры, NMS/OSS/BSS-платформы, предоставляющие возможности по полностью программному адаптивному управлению всеми этапами жизненного цикла услуг. Драйвером такого перехода в настоящее время выступает необходимость развертывания сетей 5G и новых сложных услуг - кастомизируемых сетевых слоев для промышленных приложений, позволяющих создать новый источник выручки и улучшить таким образом показатели окупаемости инвестиции в развертывание сетей 5G.

Следовательно, стратегия операторов в части развития стека приложений для автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов должна состоять во внедрении новых NMS/OSS/BSS платформ для всего спектра предоставляемых услуг и для управления всеми элементами телекоммуникационной и вычислительной инфраструктуры (Рис. 21).

Новая архитектура автономных интеллектуальных сетей позволит на привычном для операторов сетевом уровне создавать кастомизированные сервисы с высокой добавленной стоимостью, и

предоставлять их по требованию провайдером таких сервисов как CDN и SD-WANaaS, являющихся прообразом операторов сквозных прикладных слоев. Потенциал рынков для таких сервисов чрезвычайно велик и сопоставим с объемом существующего телеком-рынка (рынка традиционных телеком-услуг).



Источник: J'son & Partners Consulting

Оценка J'son&Partners Consulting суммарного мирового потенциального объема национальных рынков услуг NaaS для организации гибридных мультиоблачных систем приведена на Рис. 22. Так, в 2020 году объем потенциального потребления услуг Cloud Connect с опцией «по требованию», то есть услуг которых можно классифицировать как Bandwidth on Demand, мог бы превысить 12 млрд. долл. в случае начала массового предоставления сервисов BoD традиционными операторами.

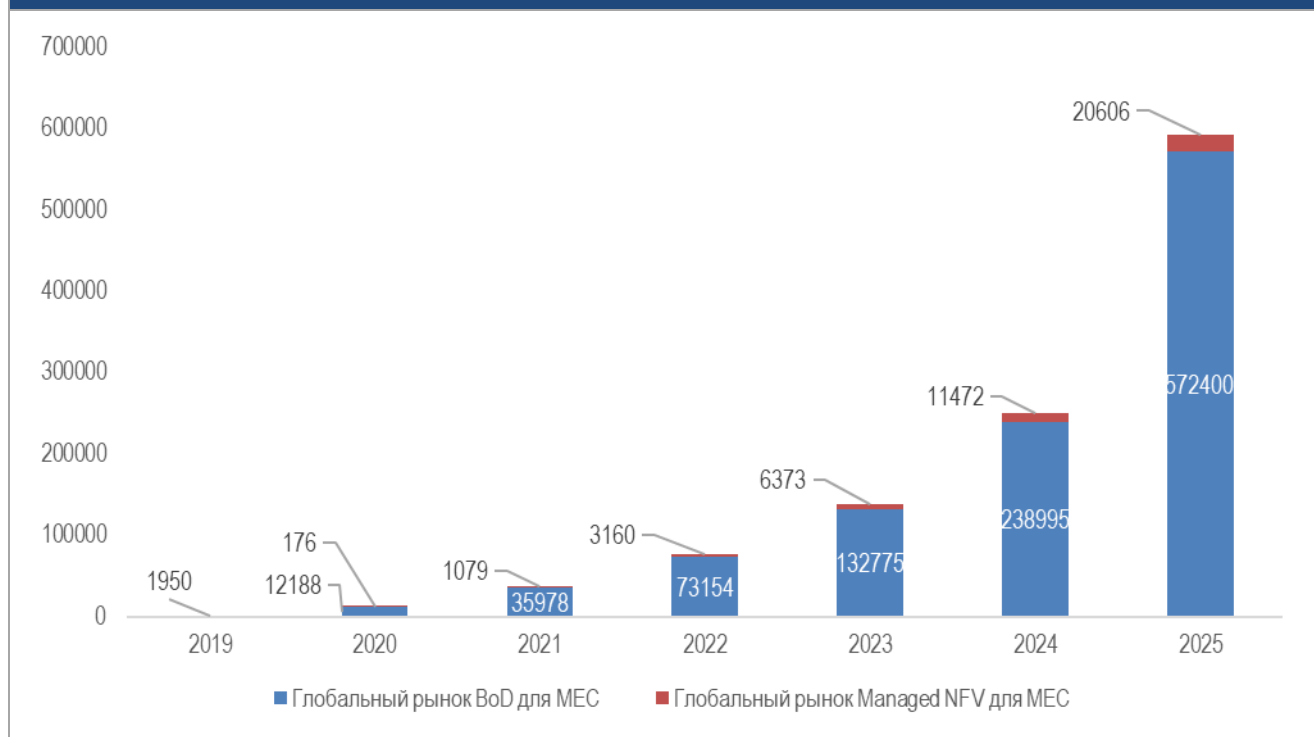
Наряду с потенциалом мирового рынка BoD, потенциал потребления услуг Managed NFV, в которых виртуализованные сетевые функции и функции кибер-безопасности будут развернуты не только в корневых, но и в краевых дата-центрах операторов (в MEC-хостах), в 2020 году в мире составил 176 млн. долл. (Рис. 22).

В случае быстрого развертывания инфраструктуры краевых вычислений, реализуемого в рамках развития сетей 5G, ожидается, что в период 2021-2025 гг. суммарный объем национальных рынков услуг BoD и Managed NFV, используемых для организации гибридных облачных сред, включая системы краевых и корневых дата-центров, может расти с CAGR 117% и в 2025 году достигнуть почти 0,6 трлн. долл.

Это сделает данный сегмент рынка одним из наиболее крупных сегментов мирового рынка телекоммуникационных услуг, составляющего по данным Statista 1,6 трлн. долл. в 2020 году, наряду с сегментами мобильного (0,9 трлн. долл.) и фиксированного (0,5 трлн. долл.) доступа. В этой связи необходимо отметить, что речь идет в основном о формировании принципиального нового сегмента рынка, а не о замещающем росте, то есть практическая реализация концепции

распределенных вычислений может стать ключевым драйвером перехода глобального телеком-рынка из стагнации к быстрому росту. Замещение будет иметь место только применительно к рынку традиционных (неуправляемых) канальных B2O и B2B-услуг.

**Рис. 22. Потенциал глобального рынка VoD и Managed NFV для MEC и гибридных облачных систем в 2019-2025 гг., млн. долл.**



Источник: J'son & Partners Consulting

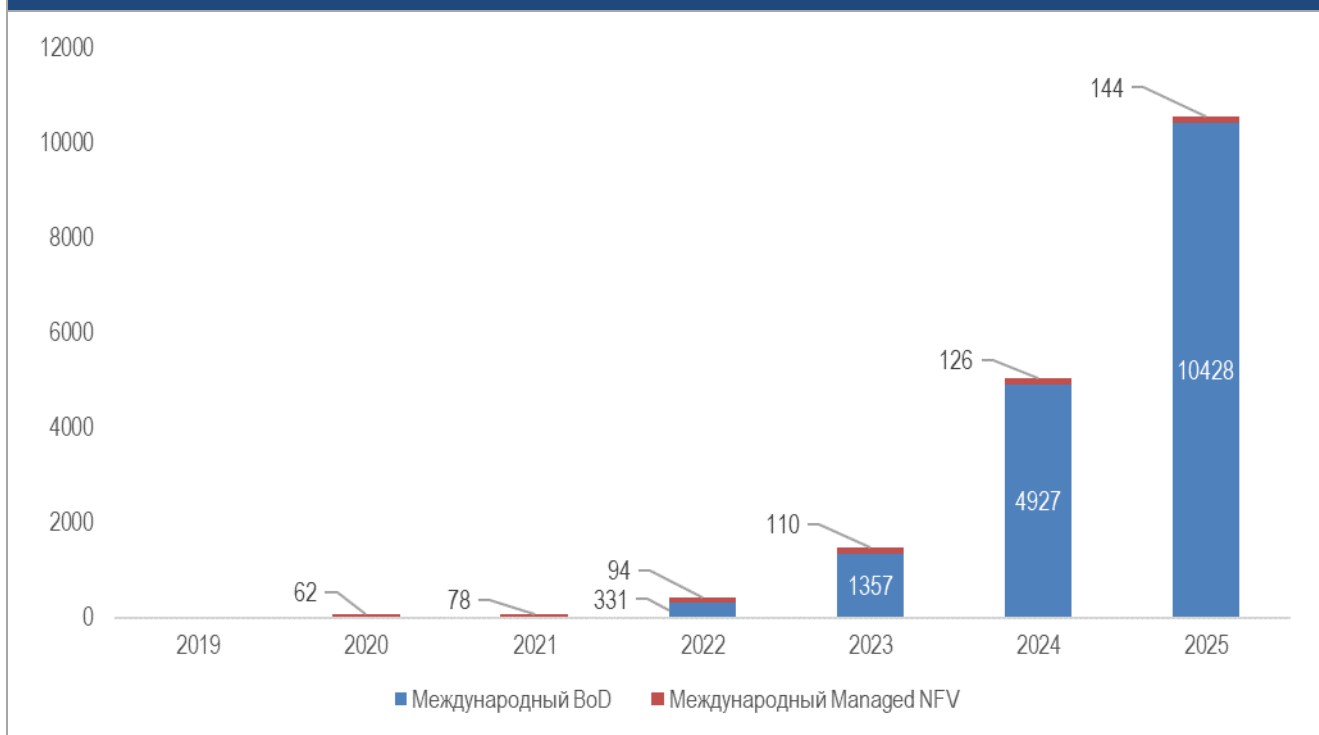
Наряду с национальными рынками NaaS будет развиваться и международный рынок VoD и Managed NFV. На Рис. 23 показана оценка J'son & Partners Consulting потенциальной динамики и объема рынка международных межоператорских услуг за 2019-2025 гг.

По предварительным оценкам J'son&Partners Consulting первая выручка от коммерческих услуг VoD и Managed NFV, предоставляемых в автоматической кооперации двух и более операторов на международном уровне, появилась в 2020 году и составила 62 млн. долл., причем весь этот объем пришелся на услуги Managed NFV. Первая выручка от международных коммерческих услуг VoD, оказываемых в автоматической кооперации двух и более операторов, появится не ранее 2022 года и может составить 331 млн. долл. Международные сервисы VoD будут востребованы для организации так называемого Long-distance balancing, то есть распределения пиков вычислительной нагрузки между краевыми и корневыми дата-центрами, расположенными в часовых поясах с 7-9 часовой разницей по времени.

Ожидается, что в 2025 году рынок услуг международных SDN/NFV-сервисов, оказываемых в автоматическом взаимодействии двух и более операторов превысит 10,5 млрд. долл., и в период 2021 - 2025 гг. будет расти с CAGR 180%.

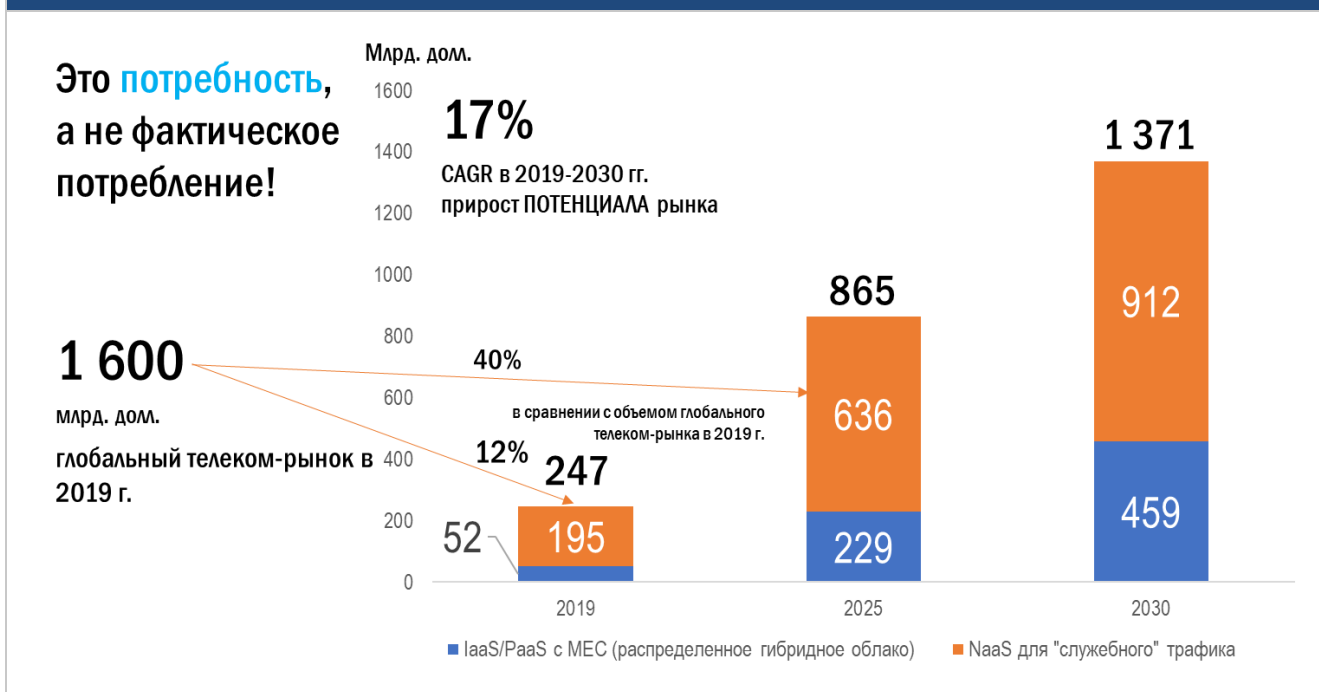
Отдельно следует отметить, что трафик, наполняющий системы распределенных вычислений – это новый трафик, ранее в глобальных WAN-сетях связи (Wide Area Network) не присутствовавший.

**Рис. 23. Потенциал глобального рынка международного межоператорского (B2O) VoD и Managed NFV в 2019-2025 гг., млн. долл.**



Источник: J'son & Partners Consulting

**Рис. 24. Потенциальный объем глобального рынка услуг кросс-доменных слоев с МЕС, млрд. долл. в год, оценочно 2030 г.**



Источник: J'son & Partners Consulting

Во-первых, это трафик MES/SCADA систем, так называемых ОТ-приложений, ранее циркулировавший исключительно в локальных сетях связи предприятий.

Во-вторых, это служебный трафик балансировки нагрузки и резервного копирования, циркулирующий между дата-центрами, ранее, в эпоху действующих изолированно друг от друга дата-центров также не существовавший.

По оценке J'son & Partners Consulting, в случае успешного развития процессов цифровизации отраслей реального сектора мировой экономики, уже в период с 2025 года трафик межмашинных коммуникаций, то есть трафик между IoT-устройствами и серверной частью OT-приложений и ассоциированный с ним служебный трафик между дата-центрами превысит 90% от общего объема трафика в WAN, и лишь менее 10% придется на трафик между пользовательскими устройствами, используемыми людьми, и серверной частью пользовательских приложений, а также на ассоциированный с ними служебный трафик между дата-центрами. При этом объем потребления услуг NaaS может превысить 900 млрд. долл. (Рис. 24).

По данным проведенного в 2021 году аналитическим агентством Comarch опроса, мобильные операторы верят в бурный рост потребления NaaS – 95% опрошенных мобильных операторов оценивают влияние NaaS на свою выручку как “позитивное”, “огромное” и даже рассматривают NaaS как сервис полностью меняющий сложившийся ландшафт рынка телеком-услуг (“real game changer”).



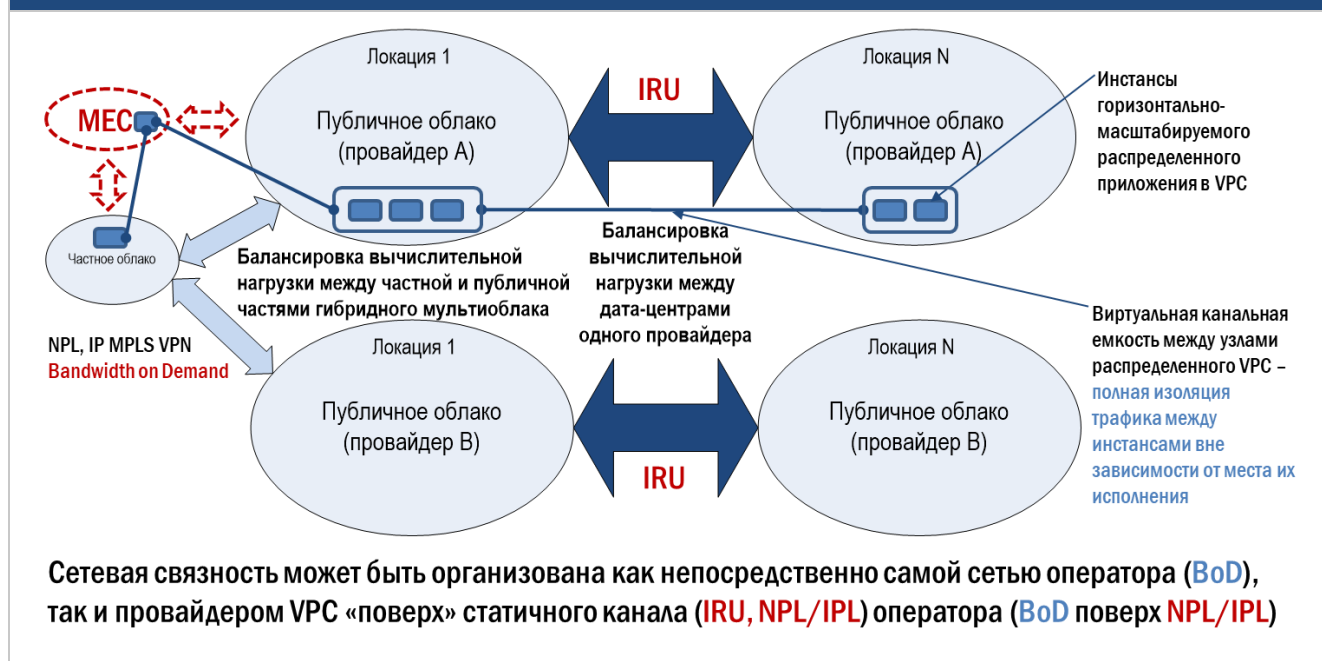
### 2.2.3. Повышение уровня утилизации ресурсов сетей при предоставлении услуг «по требованию» с гарантированным SLA

Наряду с высокой трудоемкостью NMS/OSS/BSS-процессов ключевой проблемой предоставления перспективных кастомизируемых услуг с гарантированным SLA при использовании существующих у традиционных операторов NMS/OSS/BSS-процессов является падение до уровня единиц процентов среднего уровня загрузки сетевой емкости не только на уровне доступа и агрегации, но и на магистральном уровне ввиду использования статичного резервирования ресурсов под пики нагрузки.

По данным аналитического агентства Comarch, для решения этой проблемы большинство (69.2%) опрошенных мобильных операторов намерены использовать динамическое выделение ресурсов сквозным слоем, включающим «краевые» домены (сети доступа, краевые дата-центры), транспортные сети и корневые дата-центры. В противном случае, следствием низкого уровня загрузки сетей будет неприемлемо высокий удельный CAPEX на единицу емкости, что еще более ухудшает параметры окупаемости инвестиций в модернизацию сетей связи в условиях роста потребности рынка в управляемых услугах.

Так, по данным Cisco, уже в 2016 году 76% от общего количества экземпляров приложений и полезной нагрузки в дата-центрах всех видов создавалась бизнес-приложениями, и лишь 24% - приложениями для массового рынка (социальные сети, поиск, видеосервисы). По прогнозу Cisco в 2021 году доля бизнес-критичных нагрузок, реализованных в «традиционных» (не виртуализованных) корпоративных дата-центрах, сократится до 10% с 35% в 2016 году, а в облачных (публичных и частных), соответственно, вырастет с 65% до 90%.

**Рис. 25. Гибридное мультиоблако: технологии обеспечения сетевой связности дата-центров и инстансов в них**



Источник: J'son & Partners Consulting

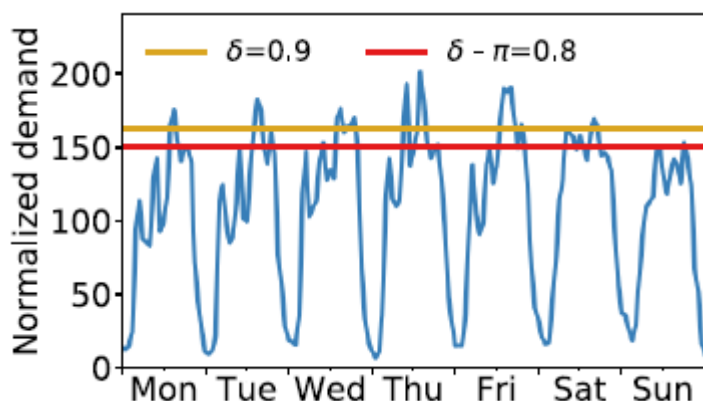
В отличие от приложений и сервисов для B2C-рынка, реализуемых преимущественно по публичной облачной модели, этот рост будет обеспечен гибридной моделью, то есть

объединением корпоративных (краевых) и гипер дата-центров (корневых) в единую систему программно-определяемых ЦОД (Рис. 25). Это будет основным драйвером увеличения доли нагрузок, размещаемых в дата-центрах с поддержкой технологий SDN&NFV, то есть технически готовых для автоматической миграции в системе программно определяемых дата-центров в случае наличия на магистральных сетях поддержки технологий SDN&NFV.

Базовой задачей гибридной облачной модели развертывания бизнес-приложений является перенос пиков вычислительной нагрузки из корпоративного (краевого) дата-центра в публичный (корневой). Для нагрузки приложений, и в особенности бизнес-приложений, характерны выраженные пики в рабочие часы в соответствующем часовом поясе, с падением ее практически до нуля в нерабочие часы. Поскольку корпоративные (граничные) дата-центры, как правило, находятся в том же часовом поясе что и офисы компании-владельца корпоративного дата-центра (рядом либо в самих офисах компаний), то для размещения пиков нагрузки в публичное облако возникает задача подключения «по требованию» дата-центров публичных провайдеров, находящихся в других часовых поясах. Также для бизнес-нагрузки характерны пики в определенные дни месяца. Так, например, вычислительно емкая задача расчета заработной платы возникает лишь несколько дней в месяц. Кроме того, для гибридных облаков характерно требование о возможности быстрой смены провайдера публичной части облака.

Таким образом, в отличие от задачи миграции нагрузки между корневыми дата-центрами публичных облачных провайдеров (служебный трафик между дата-центрами), расположение которых постоянно, а трафик между которыми стабильно высок и управляем провайдером, для задачи миграции нагрузки бизнес-приложений в гибридных облаках традиционные статические сервисы аренды каналов и тем более IRU являются экономически неоптимальными, а статичный IP VPN MPLS не подходит для миграции и масштабирования в облако больших виртуальных машин, в частности, содержащих СУБД «тяжелых» корпоративных приложений (ERP, CRM, биллинг и т.п.). Наиболее экономически и технологически обоснованным сервисом для решения этой задачи является услуга с опцией «Емкость по требованию», реализуемая с использованием технологий SDN&NFV.

**Рис. 26. Динамика трафика группы приложений (выделенной логической сети) на периферийные узлы в течение недели**



Источник: исследование «Resource Sharing Efficiency in Network Slicing», 2019

Пример недельных колебаний трафика группы приложений со схожими требованиями к сети на периферийных (граничных) узлах показан на Рис. 26. График построен на основе проведенных

учеными из университетов Испании, Италии и Германии<sup>4</sup> замеров реального трафика на периферийных узлах сети крупного оператора связи в Европе, с последующей его классификацией – раскладкой на группы приложений, и моделированием в предположении что для каждой из группы приложений со схожими требованиями к сети выделяется отдельная виртуальная сеть с присваиваемыми ей сетевыми ресурсами. Фактически, это моделирование ситуации, когда конкретному провайдеру приложения выделяются сетевые ресурсы для передачи пользовательского трафика к дата-центру, где исполняется приложение.

Как видно из Рис. 26 измеренный пользовательский трафик имеет резкие пики потребления в течение суток, причем с большой амплитудой колебаний в дневное время, и с падением практически до нуля в ночное время.

Применительно к трафику между дата-центрами, который не моделировался в данном исследовании, ситуация усугубляется наличием мультипликатора для трафика внутри (межстоечного) и между дата-центрами к приходящему в них пользовательскому трафику.

Причина в том, что приложения в дата-центрах исполняются с использованием не только текущего потока данных от пользовательских устройств, но и с использованием данных хранимых в серверной части приложений (называемых, обычно, состоянием приложения). В минимальной степени это характерно для коммуникационных приложений, а в максимальной - для транзакционных и аналитических приложений, в особенности для IIoT приложений и платформ, имеющих цифровые двойники. Для таких приложений приходящий трафик является «триггером», запускающим процесс имитационного моделирования с использованием больших массивов исторических данных. При этом и хранение данных, и вычисления над ними являются распределенными, что необходимо как для горизонтального масштабирования приложений, так и для обеспечения высокого уровня средней загрузки дорогостоящих вычислительных мощностей и дискового пространства.

Такой «служебный» трафик распределенной серверной части корпоративных приложений формирует мультипликатор к приходящему от устройств трафику. По данным Cisco, для наиболее распространенных в мире приложений мультипликатор составляет ~5 для трафика между стоек внутри дата-центра (трафик между стоек примерно в 5 раз больше чем приходящий от устройств в дата-центры трафик) и ~1 для трафика между дата-центрами (приходящий от устройств в дата-центры трафик примерно равен по объему трафику между дата-центрами).

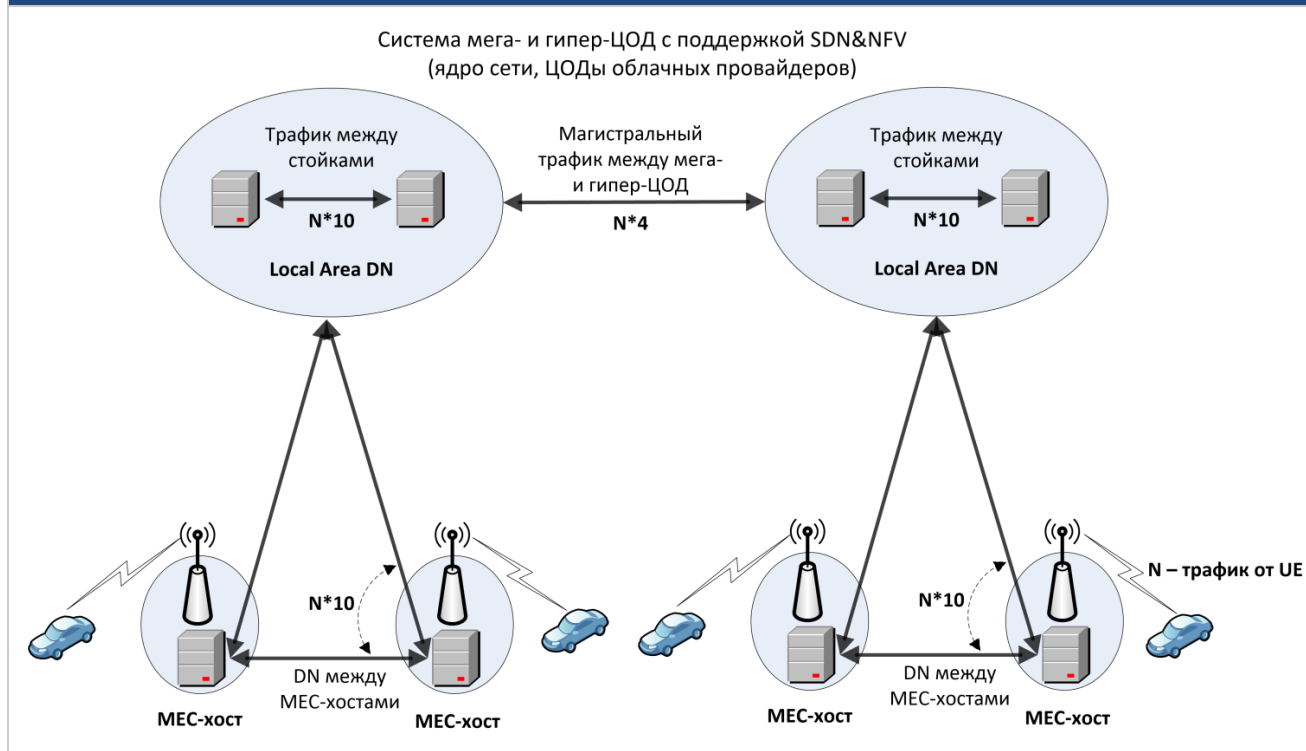
Проведенный J'son&Partners Consulting анализ с использованием данных агентства TeleGeography по задействуемой для передачи данных между дата-центрами магистральной емкости показывает, что для систем программно-конфигурируемых гипер дата-центров соотношение приходящего в них от устройств трафика и трафика между дата-центрами составляет 1 к 4 (мультипликатор равен ~4). Рост доли систем программно-конфигурируемых дата-центров в структуре распределения вычислительной нагрузки между дата-центрами всех видов и рост доли трафика IIoT-платформ и приложений приведет к увеличению среднего по всем видам дата-центров коэффициента между трафиком «устройство – дата-центр» и «дата-центр – дата-центр» с единицы до четырех и более.

Ввиду того что граничные дата-центры кардинально меньше по размеру чем гипер дата-центры, то для поддержания сопоставимого уровня средней загрузки ресурсов граничных дата-центров, что необходимо по экономическим соображениям, потребуется более интенсивная чем для гипер

<sup>4</sup> <https://ieeexplore.ieee.org/document/8737701>

дата-центров миграция нагрузки и данных между узлами с краевыми дата-центрами (multi-tenancy edge computing, MEC). Таким образом можно ожидать, что удельно трафик между MEC-хостами и от MEC-хостов во внешние сети (в гипер дата-центры) превысит мультипликатор межстоечного трафика гипер дата-центров и составит порядка 10 – см. Рис. 27. Также свою роль сыграет и тот факт, что граничные вычисления ориентированы в основном на IIoT-приложения, обладающие наибольшими потребностями в интенсивных вычислениях с использованием большого объема данных.

**Рис. 27. Структура трафика в гибридной системе дата-центров, включающей краевые и корневые дата-центры**

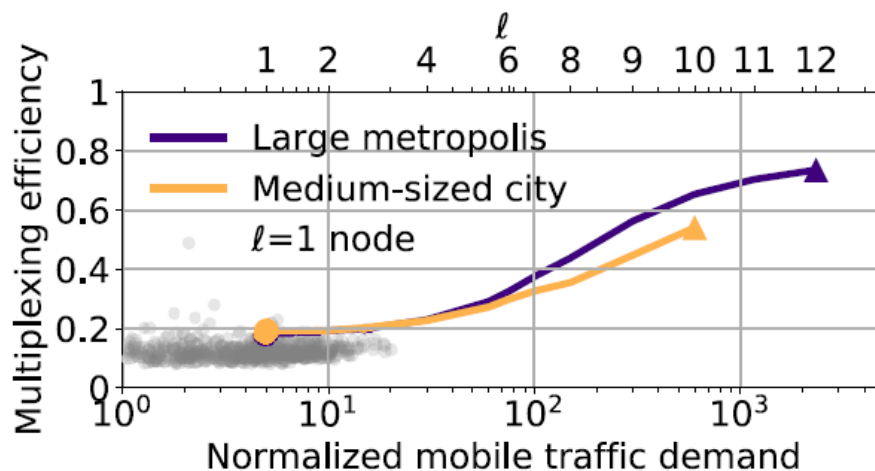


Источник: J'son&Partners Consulting

Таким образом, для гибридной облачной системы, состоящей из краевых дата-центров небольшой производительности (корпоративных и операторских) и корневых дата-центров гипер-размера, пики трафика между краевыми и корневыми дата-центрами могут быть на порядок выше чем для пользовательского трафика, приходящего в краевые дата-центры такой гибридной системы.

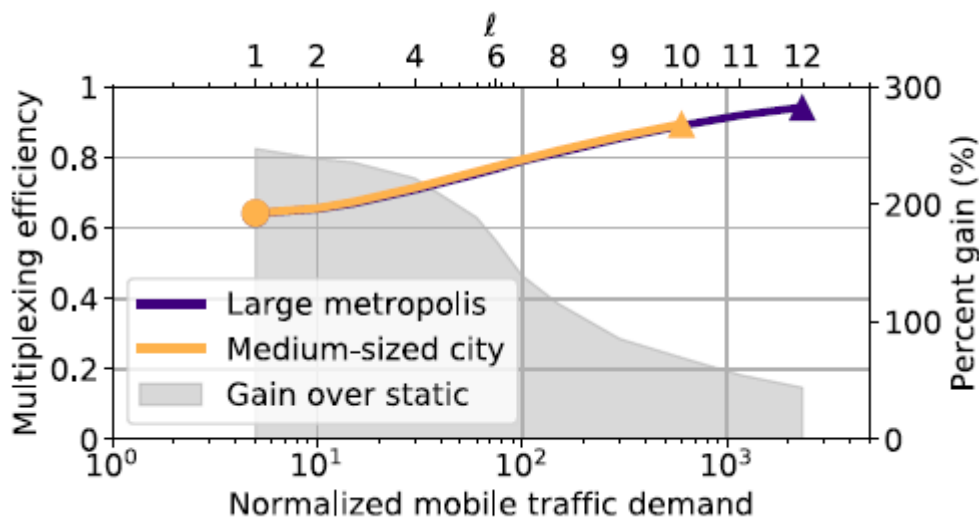
Даже без учета фактора мультиплицирования пользовательского трафика результаты проведенного европейскими учеными моделирования показывают, что отсутствие у провайдера услуг передачи данных стека программных приложений, реализующего функции динамического выделения и перераспределения ресурсов таким системам, уже при небольшом количестве выделенных логических сетей («сетевых слоев») – 16, приводит к необходимости резервировать до 10 раз больше ресурсов относительно ситуации когда всеми приложениями используется общий пул сетевых ресурсов – см. Рис. 28. Под номерами  $i$  на рисунке ниже понимаются уровни узлов сети, наибольшему значению  $i$  соответствует уровень ядра сети и корневых дата-центров, где размещаются приложения. Уровню MEC (краевых дата-центров оператора сети доступа) соответствует уровни 7-9, уровню корпоративного дата-центра и корпоративных пользователей – первый уровень.

**Рис. 28. Дegradация эффективности мультиплексирования для статического выделения ресурсов сетевым слоям (количество слоев = 16) относительно сети с отсутствием слоев, распределение по уровням сети**



Источник: исследование «Resource Sharing Efficiency in Network Slicing», 2019

**Рис. 29. Улучшение эффективности мультиплексирования при переходе к динамическому выделению ресурсов сетевым слоям (количество слоев = 16) относительно сети с отсутствием слоев, распределение по уровням сети**



Источник: исследование «Resource Sharing Efficiency in Network Slicing», 2019

Таким образом, при статическом выделении ресурсов слою, то есть при отсутствии автоматического оптимизационного управления ресурсами сети, деградация эффективности катастрофична. Необходимо динамическое выделение ресурсов, которое отсутствует в существующих NMS/OSS/BSS-системах. Данный вывод подтверждается результатами моделирования: на Рис. 29 ниже показано радикальное улучшение эффективности мультиплексирования ресурсов, особенно на периферийных узлах, при переходе к динамическому выделению ресурсов.

Наличие резких пиков в гибридной системе дата-центров говорит о необходимости для оператора комбинировать наполнение сети их связывающей как трафиком гибридных облаков, так и служебным трафиком между корневыми дата-центрами. Существенно больший по объему, но при этом более стабильный и полностью управляемый провайдерами облачных сервисов служебный трафик позволит отчасти сбалансировать резкие пики нагрузки на каналы, создаваемые гибридными системами дата-центров, соединяющими краевые дата-центры с корневыми. Это говорит о необходимости реализации гибкого динамического ценообразования и разнообразного продуктового портфеля.

Другой нерешенной в настоящее время проблемой является управление по расширенной номенклатуре метрик сквозного сетевого слоя, соответствующих номенклатуре метрик, заказываемых конечным потребителем слоя (распределенным приложением). Расширение номенклатуры метрик приводит к усложнению системы оптимизационного управления выделением ресурсов слою, что формирует потребность в узкой специализации провайдеров сетевых слоев различного назначения и создает предпосылки для нового витка развития модели виртуальных операторов.

Таким образом, предоставление сетевых сервисов «по требованию» с кастомизируемым гарантированным SLA при условии поддержания высокого уровня загрузки сетевых ресурсов требует следующих изменений в NMS/OSS/BSS стеке операторов:

- Введение понятия слоя и сквозного слоя, разработка принципов и алгоритмов кросс-доменной оптимизации, включая домены сторонних провайдеров (партнеров);
- Для каждого из доменов, необходимых для предоставления сервисов с гарантированным SLA - разработка принципов и алгоритмов мониторинга и прогнозирования состояния ресурсов, расчета текущей и прогнозной удельной стоимости ресурса при заданном QoS;
- Реализация разработанных принципов в виде автоматических процессов с использованием функционала MANO-платформ, SDN-контроллеров, планировщиков радиоресурсов сетей доступа, и других инструментов.

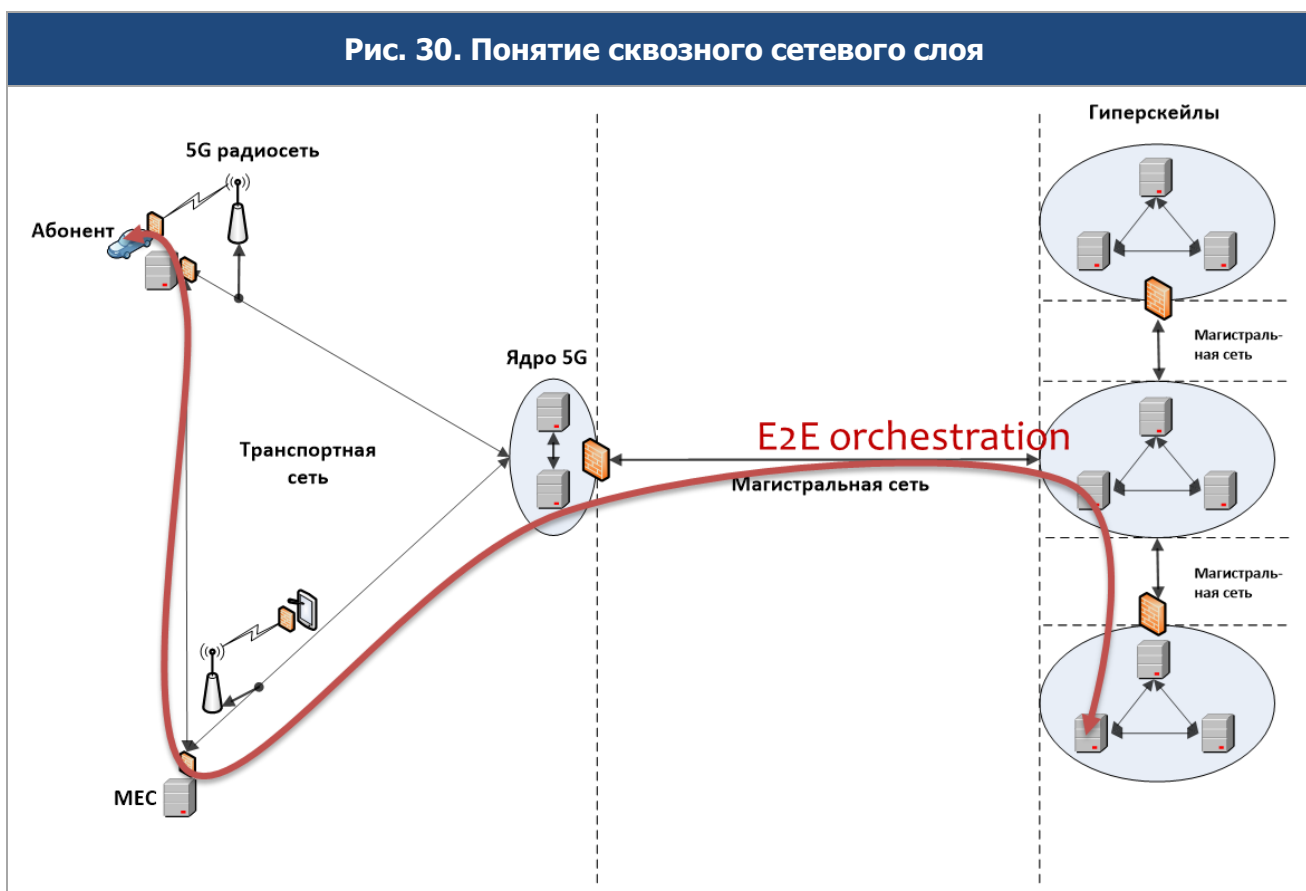
Такие NMS/OSS/BSS-процессы уже реализуются операторами нового поколения, нацеленными на предоставление SEaaS, SD-WANaaS и других видов NaaS. Ниже приведены несколько примеров описания используемых ими архитектуры и принципов управления ИКТ-инфраструктурой:

- Mimecast: наша глобальная сеть включает в себя 12 дата-центров в 6 локациях, то есть для каждого из регионов присутствия используются два идентичных дата-центра работающих в режиме active-active с динамической балансировкой нагрузки между ними, при выходе из строя любого из них нагрузка может быть автоматически перераспределена в дата-центры соседних регионов. Это обеспечивает высокую утилизацию арендуемых вычислительных и сетевых ресурсов, и при этом – высокий уровень доступности предоставляемых нами высоконагруженных сервисов.
- Cloudflare: мы разработали единый стек программных решений используемый для предоставления всех видов наших сервисов и функций. Этот программный стек опирается на без серверные технологии и позволяет гибко масштабировать используемые нами сетевые и вычислительные ресурсы, на аппаратном уровне представляющие из себя недорогие сервера общего назначения и white-box коммутаторы. Использование единого программного стека позволяет нам быстро адаптировать конфигурацию нашей сети под текущий уровень и распределение нагрузки на нее. Наличие централизованного программного управления маршрутизацией трафика между используемыми нами

тысячами виртуальных машин расположенных в различных дата-центрах по всему миру в сочетании с возможностями нашего программного обеспечения по динамическому распределению нагрузки по всем узлам нашей сети в зависимости от текущих потребностей клиентов и их расположения позволяет нам максимизировать уровень загрузки вычислительного и сетевого оборудования, снижая себестоимость предоставления сервисов нашим клиентам, и одновременно кастомизировать (индивидуализировать) QoS, что улучшает конкурентоспособность наших сервисов. Использование технологий машинного обучения позволяет нам с каждым запросом клиентов улучшать наши продукты, оптимизируя их функциональные возможности, а также их производительность и доступность глобально.

Приведенные описание показывают, что концепция глобальных сетей программно-конфигурируемых дата-центров уже широко используется для предоставления сервисов SECaaS и SD-WANaaS.

Глобальный характер сетей программно-конфигурируемых дата-центров и развернутых в них приложений определяет потребность в появлении новых видов межоператорского взаимодействия ввиду необходимости предоставления услуг нового поколения - сетевых слоев (Рис. 30) формирующихся с использованием ресурсов различных доменов, в общем случае находящихся под управлением различных операторов. Под сквозным сетевым слоем понимается логически выделенная сеть, использующая виртуализованные ресурсы различных сетевых и вычислительных доменов, и, ввиду необходимости обеспечить сквозной QoS, кросс-доменную оркестрацию между ними. Фактически, понятие сквозного сетевого слоя идентично понятию гибридного мультиоблака (Рис. 25).



Источник: J'son & Partners Consulting

**Рис. 31. Модель взаимодействия между операторами доменов, кросс-доменного слоя и потребителем кросс-доменного слоя**


Источник: J'son & Partners Consulting

Введение этих понятий означает переход от прямого взаимодействия между операторами, как это имеет место при предоставлении традиционных услуг, к взаимодействию через кросс-доменную оркестрацию как показано на Рис. 31, то есть к взаимодействию операторов доменов с операторами кросс-доменных слоев. При этом оператор кросс-доменного слоя может использовать ресурсы разных операторов одного вида (домена) ввиду необходимости динамической балансировки нагрузки, например, использовать ресурсы нескольких провайдеров MEC и сетей доступа на одной территории. Потребителем сервиса распределенных вычислений (кросс-доменного слоя) являются провайдеры/разработчики приложений, предъявляющих высокие требования по доступности и безопасности. В основном это производственные (MES/SCADA) приложения и интегрированные IT/OT приложения, такие как IoT ERP и другие приложения для управления ресурсами предприятий (Рис. 31).

Взаимодействие оператора сквозного слоя с отраслевым (вертикальным) приложением является B2B-взаимодействием, а взаимодействие операторов ресурсных доменов – сетей доступа, транспортных и магистральных сетей, краевых и корневых дата-центров, с оператором сквозного слоя являются B2O-взаимодействиями. Вместе они составляют B2O2B-модель взаимодействия «абонента» сквозного слоя – отраслевого приложения, оператора сквозного слоя и операторов ресурсных доменов. Одной из ключевых особенностей кросс-доменной оркестрации выступает необходимость полностью автоматического взаимодействия между операторами доменов и

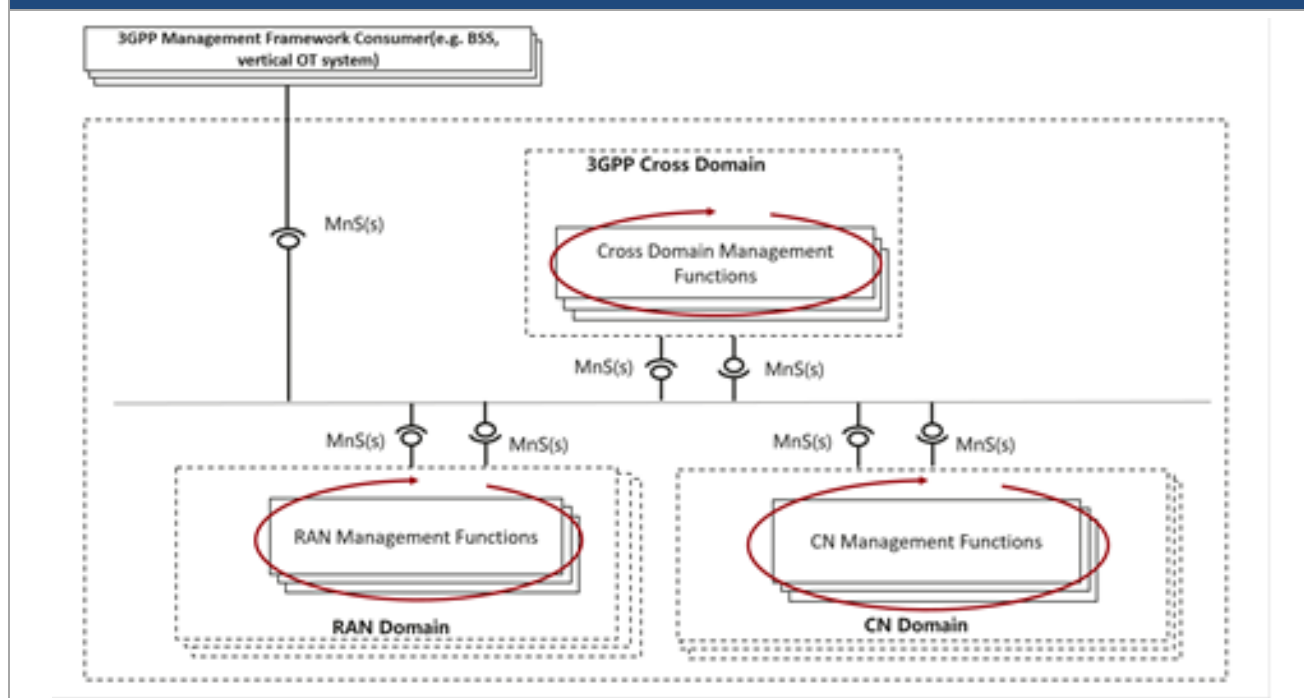


кросс-доменного слоя для динамического изменения объема и качественных характеристик, предоставляемых кросс-доменному слою ресурсов.

Понятие кросс-доменной оркестрации и междоменного взаимодействия стандартизовано в рамках Релиза 16 стандарта 5G, разработанного 3GPP – см. Рис. 32. Используемое 3GPP понятие кросс-доменной оркестрации, разработчиком которого выступила другая стандартизирующая организация – ETSI, является более общим чем понятие сети 5G (домены 5G RAN и 5G Core) и может применяться для всех видов систем распределенных вычислений, охватывающих как домены 5G, так и другие, не относящиеся к 5G домены. Более того, кросс-доменный слой может вообще не включать в себя домены относящиеся к 5G, например, если система распределенных вычислений образована краевыми и корневыми дата-центрами соединенными оптическими транспортными и магистральными сетями, а для подключения пользователей к этой системе используются сети фиксированного проводного доступа.

Модель кросс-доменного B2B2O-взаимодействия только начинает формироваться и пока имеет лишь ограниченную практику реализации. В рамках настоящего исследования использовано разделение зон ответственности провайдеров/операторов различных доменов, формирующих сеть распределенных вычислений, имеющее место при предоставлении уже доступных для покупки сервисов распределенных вычислений, таких как AWS LengthWave Zones и Azure Edge Zones.

**Рис. 32. Сквозной сетевой слой и кросс-доменная оркестрация в Релизе 16 стандарта 5G**



Источник: 3GPP

Зонами ответственности операторов сетей связи является предоставление по модели облачного сервиса виртуализованных ресурсов сетей доступа, транспортных и магистральных сетей, а зонами ответственности провайдера сервиса распределенных вычислений – виртуализованные вычислительные ресурсы (cloud computing) в краевых (edge) и корневых дата-центрах, и, собственно, сам сервис распределенных вычислений, фактически представляющий из себя кросс-доменный сетевой слой.

Основные роли в экосистеме взаимодействия провайдеров и потребителей новых сервисов:

- провайдера специализированного, например, отраслевого, приложения как конечного заказчика B2B-услуги в виде кастомизированного сквозного сетевого слоя;
- провайдера сквозного сетевого слоя;
- провайдеров элементов (фрагментов) сквозного сетевого слоя в лице операторов различных сетей связи и виртуализированной вычислительной инфраструктуры.

Отличительной особенностью межоператорского (кросс-доменного) взаимодействия при оказании B2O2B-услуг нового поколения является принцип положительной взаимозависимости операторов различных доменов. Чем эффективнее (оптимальнее) действует оператор одного домена тем эффективнее оператор другого домена, и наоборот. Таким образом, в терминах Теории игр межоператорское взаимодействие при предоставлении новых услуг может быть описано как не строго конкурентное некооперативное взаимодействие (non strictly competitive non-cooperative game), то есть как игра с положительной призовой суммой.

Исследованию новых принципов межоператорского взаимодействия в настоящее время в мире уделяется все больше внимания как со стороны научных организаций, так и со стороны игроков рынка. В частности, в опубликованных результатах научных исследований отмечается, что:

- Сетевая емкость и задержка в радио и транспортной сети должны рассматриваться как управляемые параметры, а сквозная задержка – как ограничение, экземпляры приложений и служебных функций могут перемещаться между узлами сети образованными краевыми и корневыми дата-центрами (Piotr Borylo и другие “Latency and energy aware provisioning of network slices in cloud networks”).
- Себестоимость и цена ресурсов предоставляемых «по требованию» должны рассматриваться как управляемые параметры, для определения цены могут использоваться различные модели и алгоритмы (множество работ, в частности Matteo Vincenzi и другие, “Maximizing infrastructure providers’ revenue through network slicing in 5G”).
- Ввиду наличия резких пиков нагрузки необходимо использовать динамическое выделение ресурсов сетевым слоям чтобы улучшить средний уровень загрузки (утилизации) ресурсов, особенно это критично для краевых доменов – RAN и MEC (Cristina Marquez и другие, “Resource Sharing Efficiency in Network Slicing”).
- Чтобы решать задачу оптимизации использования ресурсов необходимо моделировать и предсказывать состояние системы эти ресурсы использующей (Vincenzo Sciancalepore и другие, “Mobile traffic forecasting for maximizing 5G network slicing resource utilization”).

Как утверждает Larry Samuelson в работе «Game Theory in Economics and Beyond» (2016), применение Теории игр для выработки принципов взаимоотношений возникающих при решении задачи кросс-доменной оркестрации: «...В области компьютерных наук необходимо научиться применять положения Теории игр для разработки алгоритмов выделения ресурсов систем облачных вычислений и других видов кибер-физических систем... честное выделение ресурсов – сложная задача для распределенных систем. Бурное развитие облачных систем, включая краевые вычисления, делает решение дилеммы выделения ресурсов по требованию с управляемым QoS и необходимости поддержания высокого уровня загрузки ресурсов чрезвычайно актуальным. Другими словами, имеет место растущая потребность использовать Теорию игр для практического ее применения в конкретных технологических доменах кибер-

физических систем вместо длящихся уже многие десятилетия безуспешных попыток использовать эту теорию для описания взаимоотношения людей, загнавшем Теорию игр в область чисто теоретических рассуждений и узких нишевых применений».

Одним из таких практических предположений в области взаимодействия кибер-физических систем является предположение о том, что равновесие Нэша в межоператорском взаимодействии может быть описано следующим образом: все заявки на ресурсы исполнены, а уровень использования (утилизации) ресурсов доменов близок к 100%. Такое равновесие следует рассматривать как динамическое, то есть перестраиваемое в зависимости от изменения состояния его участников (игроков).

Это, в свою очередь, требует совершенно новых принципов ценообразования – динамического ценообразования, основанного на анализе текущего и прогнозного уровня загрузки физических и/или виртуальных ресурсов доменов-поставщиков с одной стороны, и анализе ценовой эластичности спроса с другой. Аналогом такого подхода является режим ценозависимого управления конечным энергопотреблением в сетях smart grid, так называемый demand response.

Один из возможных алгоритмов кросс-доменной оптимизации, основанной на динамическом ценообразовании, представлен на Рис. 33.



Источник: J'son & Partners Consulting

Представленный алгоритм основан на модели не строго конкурентной некооперативной игры, описанной в работе «An Abstract Framework for Non-Cooperative Multi-Agent Planning» (Jaume Jordán и другие, 2019 г.). Эта модель включает в себя две игры: автономное планирование игроков, то есть планирование операторов доменов, и кросс-доменное планирование для исключения наложений и противоречий между выработанными автономно планами игроков. Поэтому в алгоритм введен дополнительный вид оптимизатора (оркестратора) – кросс-доменный и межслоевой оркестраторы. Модель предполагает использование четырех фаз игры:

присваивание задач/целей каждому из доменов, разработка плана достижения цели, исполнение и пост-фактум анализ с формированием репозитория лучших решений.

Для фазы планирования используется техника «best response case based planning» (техника планирования на основе выбора наиболее подходящего кейса из репозитория успешных кейсов), в данном алгоритме представленная кривой эластичности спроса. Это означает что объем спроса на ресурс (функцию) управляется изменением цены на единицу функции с учетом требуемого QoS – увеличение удельной цены ведет к снижению спроса на ресурс и наоборот. Как сказано выше, равновесие Нэша достигается, когда все заявки исполнены, а загрузка ресурсных доменов близка к 100%.

В рамках данного алгоритма взаимодействия провайдеры ресурсных доменов – операторы сетей доступа, транспортных и магистральных сетей, краевых и корневых дата-центров, динамически определяют цену на единицу своих ресурсов в зависимости от текущего и прогнозного уровня их утилизации, а кросс-доменный оркестратор определяет объем потребности в каждом из видов ресурсов в зависимости от их стоимости и текущей и прогнозной потребности конечного заказчика E2E-слоя. При этом обязательно наличие двух видов заявок на сетевую емкость – не только с детерминированным QoS, но и на ресурсы с вероятностным («best-effort») QoS.

Ключевым элементом для данного алгоритма является наличие репозитория «успешных кейсов» в виде накопленных исторических данных о зависимости изменения спроса на каждый из видов ресурсов (функций) от изменения цены на него.

Прообразом бирж виртуализованных сетевых ресурсов и функций, предоставляемых «по требованию», выступают глобальные провайдеры сервисов облачных вычислений, предлагающих виртуализованные вычислительные ресурсы как с гарантированным QoS и фиксированной ценой, так и временно свободные вычислительные ресурсы в вероятностном QoS и по спотовым ценам, которые могут отличаться в 10 раз относительно цены на ресурсы с гарантированным QoS. Очевидно, что развитие концепции сетевых слоев и перевод сетей связи на архитектуру виртуализованных сетей распределенных вычислений позволит распространить аналогичные механизмы ценообразования и на предоставляемые как облачный сервис сетевые ресурсы и функции.

Отметим, что специализированные провайдеры SECaaS, такие как Akamai, Cloudflare, Mimecast, ZScaler, Proofpoint и другие в случае гибридного облака как объекта защиты и модели развертывания функций безопасности уже сейчас по факту выступают операторами таких сквозных сетевых слоев. Это означает, что перед операторами стоит необходимость выбора парадигмы своего развития в наступающую эпоху SDN&NFV сетей. Наиболее очевидная для оператора возможность дальнейшего развития состоит в концентрации на физической инфраструктуре и базовых виртуальных сетевых функциях, и предоставлении виртуализованной сетевой инфраструктуры провайдерам SECaaS и других видов SaaS и BPaaS<sup>5</sup> по аналогии с провайдерами IaaS/PaaS, предоставляющими виртуализованную вычислительную инфраструктуру провайдерам SaaS.

По оценкам J'Son&Partners Consulting, **реализация этих мер позволит обеспечить уровень маржинальности доменных и кросс-доменных канальных услуг с гарантированным SLA на уровне 65%, что в абсолютном выражении в масштабе потенциала рынка сетевых услуг с SLA в размере 900 млрд. долл. (Рис. 24 в Разделе 2.2.2.) составит 585 млрд. долл. маржи ежегодно (оценочно в 2030 г.).**

<sup>5</sup> Business Processes as a Service

### **3. ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ И СЕРВИСАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Инициативы автономных сетей развиваются в нескольких организациях по разработке стандартов (SDO), таких как ITU-T (принципы и классификация уровней автономности), TM Forum Network Automation Initiative (NMS/OSS/BSS процессы автономных сетей), ETSI ZSM (основное внимание уделяется автоматизации сетевых операций), ETSI ENI (уделяется особое внимание применению возможностей ИИ для автоматизации сети), 3GPP (автоматизация беспроводных сетей) и GSMA (изучение вариантов использования сетевой автоматизации).

Отметим, что при некоторых различиях в специализации **все SDO сходятся во мнении, что концепция автономных сетей необходима для реализации инновационных услуг, ориентированных на промышленные применения и неотъемлемо связана с новой архитектурой построения сетей, основанной на принципах виртуализации и программного управления.**

Наряду с SDO активную позицию в формировании концептуального видения автономных сетей занимают крупнейшие вендоры телекоммуникационного и вычислительного оборудования, а также вендоры средств автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов.

В качестве нового вида игроков в области разработки и практической реализации концепции автономных сетей выступают глобальные облачные провайдеры, такие как AWS, Google Cloud, Microsoft Azure, IBM Cloud, Oracle Cloud. Они не только активно стимулируют операторов связи к реализации инновационных услуг и развертыванию инфраструктуры сетей нового поколения, но и разрабатывают предназначенные операторам виртуализованных инфраструктур облачные платформы для автоматизации и интеллектуализации практически полного стека NMS/OSS/BSS-процессов необходимого для развертывания автономных сетей и предоставления инновационных сервисов на их основе. Преимуществом глобальных облачных провайдеров над вендорами телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения является возможность пилотного развертывания своих разработок на собственной глобальной инфраструктуре, что позволяет быстро получать обратную связь и дорабатывать свои решения до уровня необходимого для их перевода в статус коммерческой эксплуатации.

Далее в настоящем разделе рассмотрены концептуальные усилия SDO и основных вендоров телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения, а проводимая совместно с операторами связи работа глобальных облачных провайдеров по практической реализации инновационных сервисов, использующих преимущества автономных сетей, описана в Разделе 5.

### 3.1. ОБЩЕЕ ВИДЕНИЕ

Автоматизация управления сетью и предоставления услуг – основа обеспечения гибкости и скорости предоставления услуг, а также достижения экономической устойчивости поставщиков цифровых услуг.

Проблемы, вызванные развертыванием 5G и других сетей с виртуализацией сетевых функций и программным управлением ими, диктуют необходимость в трансформации сетей и в изменении способов управления и координации сетей и услуг. Эти проблемы обусловлены серьезными требованиями, включая ограничения на пропускную способность, задержку, возможность предоставлять персонализированные услуги и поддержку массовых коммуникаций типа M2M.

Сети трансформируются в программно-управляемую, сервисную и целостную сетевую архитектуру с использованием технологических инструментов, таких как виртуализация сетевых функций (NFV), программно-конфигурируемая сеть (SDN) и граничные вычисления (MEC). Новые бизнес-модели, в том числе те, которые стали возможными благодаря технологическим инновациям, таким как разделение на сетевые слои (Network Slicing), обеспечивают гибкость и более тесное сотрудничество в сетевых доменах. В результате экспоненциальное увеличение общей сложности сети, предоставляющий обширный список услуг пользователям, делает автоматизацию необходимостью.

Предоставление услуг должно быть полностью автоматизировано с использованием систем управления жизненным циклом цифровых услуг (LCM), включая управление услугами, управление сетью и облачными ресурсами, а также новый подход к управлению и предоставлению данных. Конечная цель автоматизации – исключить все виды сетей кроме автономных, которые управляются политиками высокого уровня, определяемыми поставщиком услуг или арендатором сетевого слоя.

Автономные сети должны иметь возможность самоконфигурирования, самоконтроля, самовосстановления и самооптимизации без дальнейшего вмешательства человека. Для этого требуется новая сетевая архитектура, которая предназначена для управления, с возможностью обратной связи, и оптимизирована для алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта. К базовым задачам можно отнести автоматизацию развертывания новых элементов сетевой инфраструктуры (Plug & Play), управление образами ПО, задание нужных параметров в настройках сетевой инфраструктуры и беспроводных локальных сетей, определение шаблонов аутентификации и авторизации устройств при подключении к сети и т. д. Даже на этом базовом уровне функционала необходим высокий уровень автоматизации ввиду наличия жестких требований по экономической эффективности.

Автономная сеть состоит из упрощенной сетевой архитектуры, виртуализированных компонентов, агентов автоматизации, интеллектуальных механизмов принятия решений, которые представляют возможности для создания интеллектуальных бизнес-операций и сетевых операций на основе концепции управления в замкнутом контуре (closed-loop).

Ключевые принципы проектирования автономных сетей для поддержки перспективных систем управления сетью:

- Упрощение: разделение технологии в отдельные бизнес-возможности, чтобы упростить и ускорить привлечение партнеров.
- Автоматизация: создание zero-touch сервисов за счет автоматизации бизнес-процессов и операций в замкнутом контуре (closed-loop).

- Интеллектуальность: переход от предварительно запрограммированного анализа данных к анализу данных в реальном времени на основе машинного обучения и искусственного интеллекта.

С точки зрения бизнес-идеологии, автономные сети состоят из автономных доменов, которые служат в качестве основного объекта, представляющего сетевые ресурсы / функции как услуги. Основные принципы работы автономных доменов:

- Автономность: каждый автономный домен может управлять своим поведением в интересах конкретных бизнес-целей.
- Абстракция: каждый автономный домен скрывает детали реализации домена, операций и функций элементов домена от своих пользователей.
- Коллаборация (Взаимодействие): операции некоторых служб побуждают определенные автономные домены взаимодействовать друг с другом для удовлетворения потребностей бизнеса и клиентов на протяжении всего жизненного цикла службы.

Автономные сети будут использовать возможности технологических инноваций, предлагаемые 5G сетями, искусственным интеллектом, виртуализацией, облачными и периферийными (граничными) вычислениями, в качестве основных элементов, гарантирующих, что вертикали являются неотъемлемым компонентом телекоммуникационной экосистемы.

Бизнес-ценность автономных сетей имеет большое значение для цифровой трансформации ИКТ, а также других вертикалей, таких как умный город, умное производство и т. д. Например, пятое поколение систем мобильной связи обещает прорыв в телекоммуникационной отрасли. Но, в отличие от предыдущих поколений, речь идет не о большей пропускной способности. Провайдеры должны инвестировать в создание новых интеллектуальных сервисов которые позволят развиваться в направлении реальной цифровой трансформации, раскрывая свои возможности через открытые API-интерфейсы для предоставления и монетизации инновационных услуг с гибкостью и сокращением времени вывода этих новых услуг на рынок.

Однако развитие полностью автономных сетей является долгосрочной целью и требует последовательных усилий, побуждению всей отрасли к общему пониманию и консенсусу по следующим вопросам:

- Определение концепции автономных сетей, структуры, уровней автономных сетей и ключевых возможностей.
- Разработка ключевых механизмов, интерфейсов и соответствующих показателей для измерения зрелости уровней автономных сетей.
- Демонстрация сценариев использования и передовых практик в различных отраслях среди поставщиков услуг связи, поставщиков решений и клиентов.

Стандартизация играет важную роль с точки зрения функциональной совместимости, осуществимости и промышленного развертывания. Некоторые SDO уже запустили специальные проекты или подготовили документы для поддержки развития и развертывания автономных сетей.

## 3.2. ВИДЕНИЕ TM FORUM

### 3.2.1. Автономные сети

Согласно TM Forum, целью создания автономных сетей является реализация набора инновационных бизнес-моделей и сетевых сервисов, которые обеспечат цифровизацию ключевых отраслей экономики (умные города, умная промышленность, автономные транспортные средства), а также позволят предоставить цифровые сервисы для массовых потребителей за счет полностью автоматизированных и интеллектуальных бизнес- и сетевых операций. Это будет сделано за счет использования преимуществ искусственного интеллекта (AI), больших данных, облачных вычислений, IoT и 5G, и предоставления «Zero X» (zero wait, zero touch, zero trouble) – см. Рис. 34.

Автоматизация позволит операторам предоставлять возможности автономной сети одним из двух способов:

- «как услуга» (as-a-service), предоставляемая в режиме реального времени, по запросу, с возможностью автоматизированной поддержки непрерывного полного жизненного цикла сетевых / ИКТ-услуг)
- «как платформа» (as-a-platform), которая обеспечит экосистемное взаимодействие между вертикалями и поставщиками сетевых / ИКТ-услуг.

Первый способ соответствует роли оператора сквозного сетевого слоя, второй – оператора инфраструктурного домена.

Рис. 34. Видение автономных сетей TM Forum



Источник: TM Forum

Для достижения этой цели операторам необходимо преобразовать существующие модели предоставления услуг, чтобы полностью реализовать потенциал автономных сетей и те



преимущества, которые они предлагают. Предлагаемые новые подходы к экосистеме и бизнес-моделям заключаются в следующем:

- Сотрудничество с партнерами для предоставления конечного сервиса и модель экосистемы. Данное сотрудничество необходимо для предложения клиентам персонализированных услуг и возможностей по запросу в режиме реального времени, что отличается от традиционной модели «customer-provider-supplier», также известной как «все как услуга».
- Модель совместного представления конечного сервиса. Для создания новой экосистемы решающее значение имеет модель совместной коллаборации, позволяющая использовать наиболее подходящие решения с использованием лучших в своем классе технологий посредством взаимовыгодного сотрудничества с разделением выгоды (benefit-sharing).
- Модель «знание как услуга». Для обеспечения совместной коллаборации, обменом знаниями и информацией о предоставляемой услуге должны распространяться и монетизироваться через общую платформу.

Автономные сети нацелены на предоставление полностью автоматизированных услуг с поддержкой концепции «Zero-X», инновационными сетевыми и ИКТ-услугами для вертикальных отраслевых пользователей и потребителей. Кроме того, им необходимо поддерживать концепцию «Self-X» (self-serving, self-fulfilling и self-assuring) инфраструктуру телекоммуникационных сетей для пользователей.

Автономные сети состоят из упрощенной сетевой архитектуры, характеризующейся автономными доменами и автоматизированными интеллектуальными бизнес-операциями, и сетевыми операциями для управления цифровым сервисом по замкнутому циклу (closed-loop), которые предлагают наилучшие возможности для пользователей, а именно, автоматизацию / автономность операций полного жизненного цикла и максимальное использование ресурсов.

Фреймворк TM Forum для работы с автономными сетями, определяет три уровня и четыре замкнутых цикла для создания автономных сетей. Три уровня - это общий набор операций, которые можно использовать для поддержки всех сценариев и бизнес-потребностей:

- Уровень операций с ресурсами. Обеспечивает автоматизацию сетевых ресурсов и функций на каждом уровне автономного домена.
- Уровень сервисных операций. Предоставляет возможности для планирования сети, проектирования, развертывания, предоставления и оптимизации ИТ-услуг в нескольких автономных доменах.
- Уровень бизнес-операций. Предоставляет возможности для бизнеса услуг, экосистемы и партнеров.

Четыре замкнутых контура, определенные для выполнения полного жизненного цикла межуровневого взаимодействия в автономной сети:

- User closed-loop. Взаимодействие на трех вышеупомянутых уровнях для поддержки выполнения пользовательских услуг. Взаимодействие на разных уровнях должно быть основано на простых интерфейсах API.
- Business closed-loop. Взаимодействие между OSS/BSS операциями. Операции необходимо модернизировать до автоматизированного бизнес-сотрудничества и экосистемы предоставления услуг по запросу. Обычно для этого требуется совместная работа

нескольких поставщиков услуг по всему миру через специализированные интерфейсы BSS.

- **Service closed-loop.** Взаимодействие между сервисом, сетью и ресурсами OSS. Операции необходимо модернизировать с устаревшего индивидуализированного подхода, ориентированного на проекты (высоко кастомизированные под клиента сервисы), на платформу, основанную на автоматизацию операций полного жизненного цикла сервиса. Автоматизация операций лежит в основе эффективности производства и гибкости бизнеса.
- **Resource closed-loop.** Взаимодействие операций сети и ИТ-ресурсов на уровне автономных доменов. Сеть необходимо модернизировать от фрагментированной, разрозненной интеграции уровня сетевых элементов до замкнутого цикла автономных сетевых доменов с существенно упрощенной сетевой архитектурой, скрывая сложность за счет абстракции.

На Рис. 35 показан характер взаимодействия между closed loop различных уровней. Взаимодействие между смежными уровнями является «простым» (четко специфицируемым), бизнес-ориентированным и независимым от технологии / реализации.



Источник: TM Forum

### 3.2.2. Развитие эталонной архитектуры OSS/BSS в направлении автономных интеллектуальных сетей

Как следует из раздела 3.2.1. концепция автономных сетей охватывает не только процессы управления сетями (NMS), но и OSS и даже BSS-процессы. В связи с этим следует рассмотреть как концепция автономных сетей соотносится с требованиями стандартов в области организации и автоматизации OSS/BSS-процессов.

Наиболее авторитетной в телеком-отрасли организацией, занимающейся описанием и стандартизацией процессов OSS/BSS и средств их автоматизации, является TM Forum (TMF). Данная работа систематизирована в рамках регулярно обновляемой концепции Frameworkx.

TM Forum Frameworkx – это набор инструментов, базовых библиотек, которые обеспечивают сервис-ориентированный автоматизированный подход к бизнес-операциям. Frameworkx предоставляет стандартизированные бизнес-метрики, позволяющие проводить сравнительный анализ, а также набор открытых API, которые обеспечивают интеграцию между системами и платформами. Frameworkx также включает практики внедрения инструментов и рекомендации использования.

Основные компоненты концепции Frameworkx включают:

- Business Process Framework (eTOM) - комплексное многоуровневое представление о ключевых бизнес-процессах, необходимых для управления цифровым предприятием;
- Information Framework (SID, Shared Information and Data Model) определяет подход к описанию и использованию данных, задействованных в бизнес-процессах. Представляет собой базовую модель и общий словарь базовых понятий и информации, необходимой для реализации процессов Business Process Framework;
- Application Framework (TAM) - предоставляет язык и средства идентификации общие для сообществ, которые поставляют, проектируют и покупают ПО. Фактически это руководство по определению и навигации по элементам ландшафта сложных систем управления;
- Архитектура интеграций и договорные определения интерфейсов (Integration framework);
- Референтная модель бизнес-метрик;
- Практические рекомендации и примеры использования.

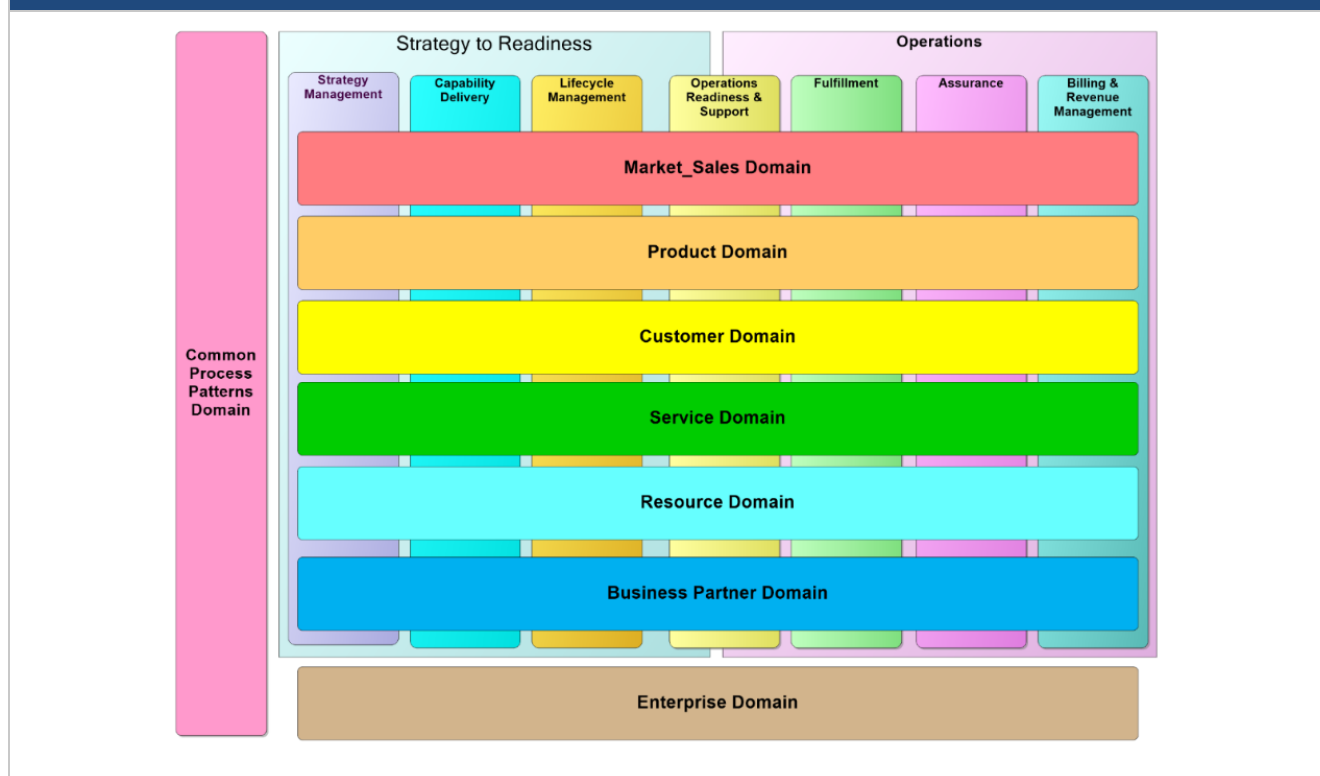
Концепция референтных моделей Frameworkx используется для разработки, внедрения и эксплуатации ПО для телекома. Они представляют собой эталонные схемы, процедуры и методы организации бизнеса, разработанные на основе реального опыта внедрения в различных компаниях по всему миру.

Категории верхнего уровня Business Process Framework (Рис. 36) содержат домены верхнего уровня, каждый из которых включает бизнес-процессы, которым присваиваются идентификаторы, дается определение, закрепляется положение в общей структуре.

SID-модели содержат совокупность доменов верхнего уровня (Service Domain, Resource Domain, Product Domain, Market\_Sales Domain, Enterprise Domain, Customer Domain, Common Domain, Approval Notice, Business Partner Domain), которые в свою очередь содержат совокупность бизнес-субъектов и связанных с ними определений атрибутов, описывающих бизнес-сущность.

Application Framework описывает типовую структуру компонентов информационной среды по доменам (Market Sales Domain, Product Domain, Customer Domain, Service Domain, Resource Domain, Supplier Partner Domain, Enterprise Domain, Integration Domain, Cross Domain).

**Рис. 36. Категории верхнего уровня Business Process Framework**



Источник: TM Forum

Ответом TM Forum на появление OTT-сервисов и широкое использование предприятиями и организациями всех отраслей экономики омниканального взаимодействия со своими клиентами и партнерами, то есть превращение Интернета из информационной в бизнес-среду стал фреймворк Open Digital Framework (ODF).

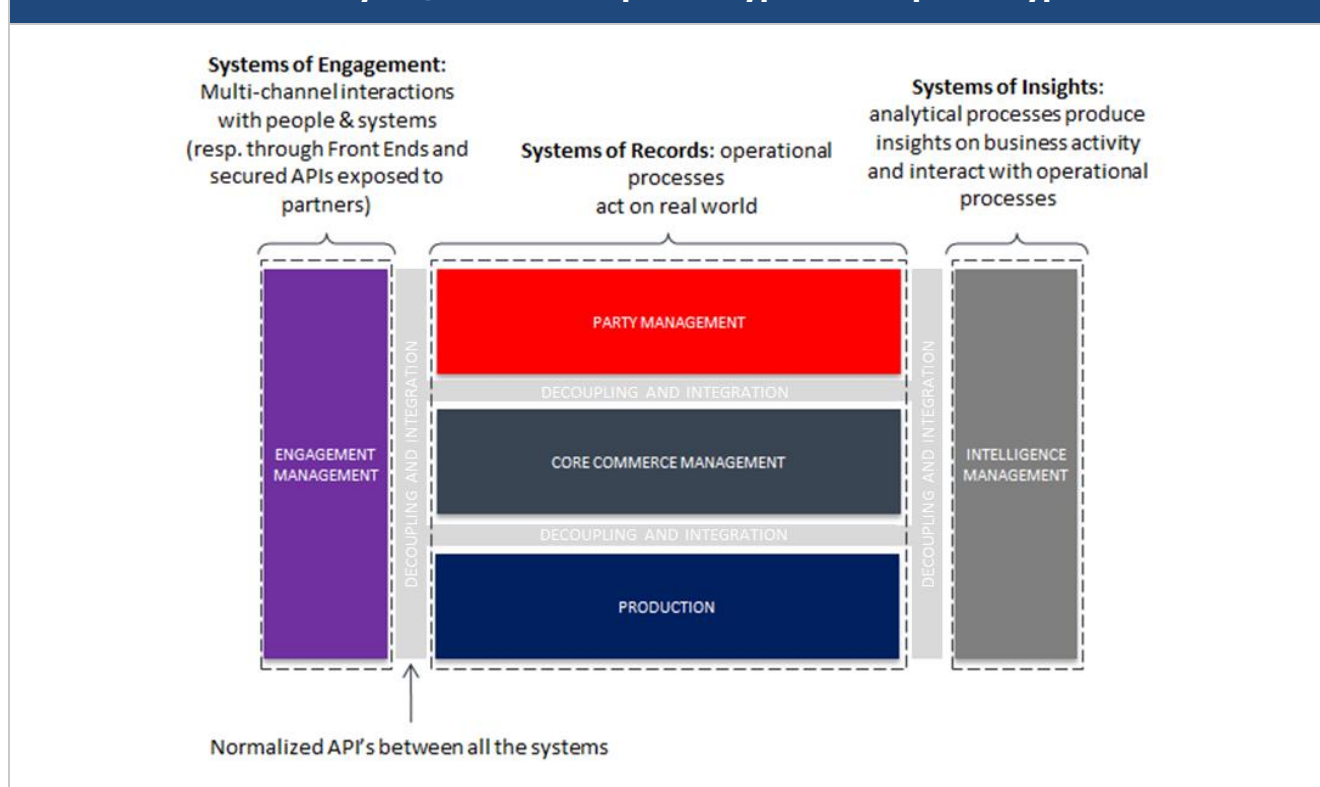
Предлагаемая в ODF архитектура (Open Digital Architecture, ODA, описана в документе Architecture Concepts & Principles R19.0.1), представляющая из себя номенклатуру верхнеуровневого функционала бизнес-процессов, не изменилась относительно описанной во Frameworks. Сопоставление функциональных блоков ODA с бизнес-процессами второго уровня описанными в eTOM (Business Process Framework (eTOM GB921) и Information Framework (SID GB922) представлено на Рис. 37, Рис. 38, Рис. 39.

Ключевым отличием ODA от Frameworks является то, что в ODA эта функциональность распределена на три основных блока: реализующие транзакции учетные системы (systems of records) – это блоки Party Management, Core Commerce Management и Production на Рисунок 3, функционал омниканального взаимодействия и аналитический функционал. При этом отсутствует выраженное разделение на уровни, то есть на OSS и BSS процессы. Это сделано для того чтобы отделить функционал, не требующий быстрых изменений (systems of records) от функционала, требующего постоянных изменений (омниканальное взаимодействие и аналитика), позволяющих сделать OSS/BSS-процессы адаптивными, самообучающимися. Такой подход уже широко используется операторами связи и позволяет ускорить вывод на рынок новых предложений снизив затраты на доработку средств автоматизации OSS/BSS процессов.

Концепция автономных сетей относится к омниканальному взаимодействию и аналитике, а также к блоку Production.

Другим ключевым отличием ODA является переход на принцип изоляции (гранулярности) функционала – на функциональные блоки, при обязательном наличии стандартизированных интерфейсов обмена данными между блоками и общей для всех блоков модели данных. Это позволяет использовать подход best of breed, то есть выбирать лучшую специализированную функциональность от различных вендоров без увеличения затрат на интеграцию. Отметим, что перечисленные выше базовые идеи ODA очень похожи на платформенный принцип реализации телекоммуникационных услуг, основывающийся на переиспользовании типовых сетевых функций.

**Рис. 37. Функциональная архитектура ODA верхнего уровня**



Источник: TM Forum

Блок учетных систем в ODA состоит из следующих функциональных блоков:

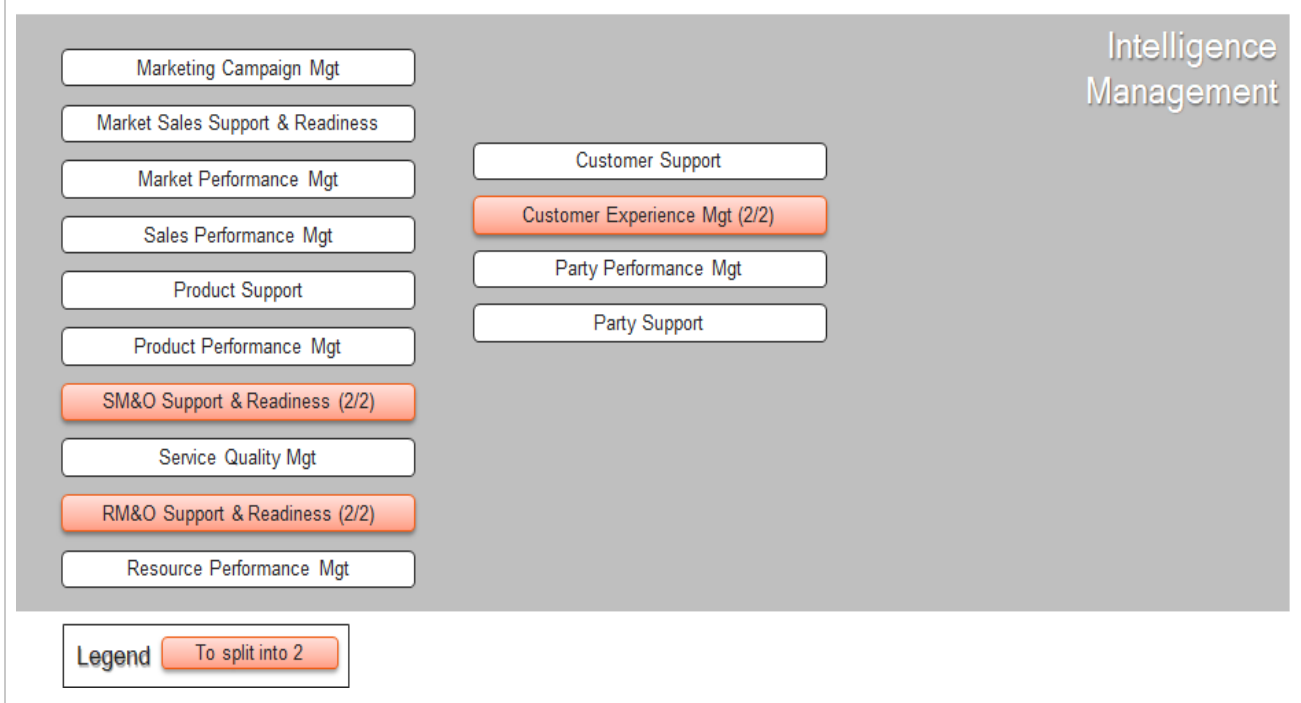
- Party Management - управление взаимодействиями участников (людьми и организациями, вовлеченными в бизнес-процессы – клиентами, партнерами, сотрудниками)
- Core Commerce Management – управление коммерческим блоком
- Production – отвечает за поставку и управление жизненным циклом Customer Facing Services (CFS) и Resource Facing Services (RFS) - комбинация доменов Framework: Service Management и Resource Management

**Рис. 38. Функциональное наполнение блока Party Management в ODA процессами второго уровня описанными в eTOM**



Источник: TM Forum

**Рис. 39. Функциональное наполнение блока Intelligence Management в ODA процессами второго уровня описанными в eTOM**



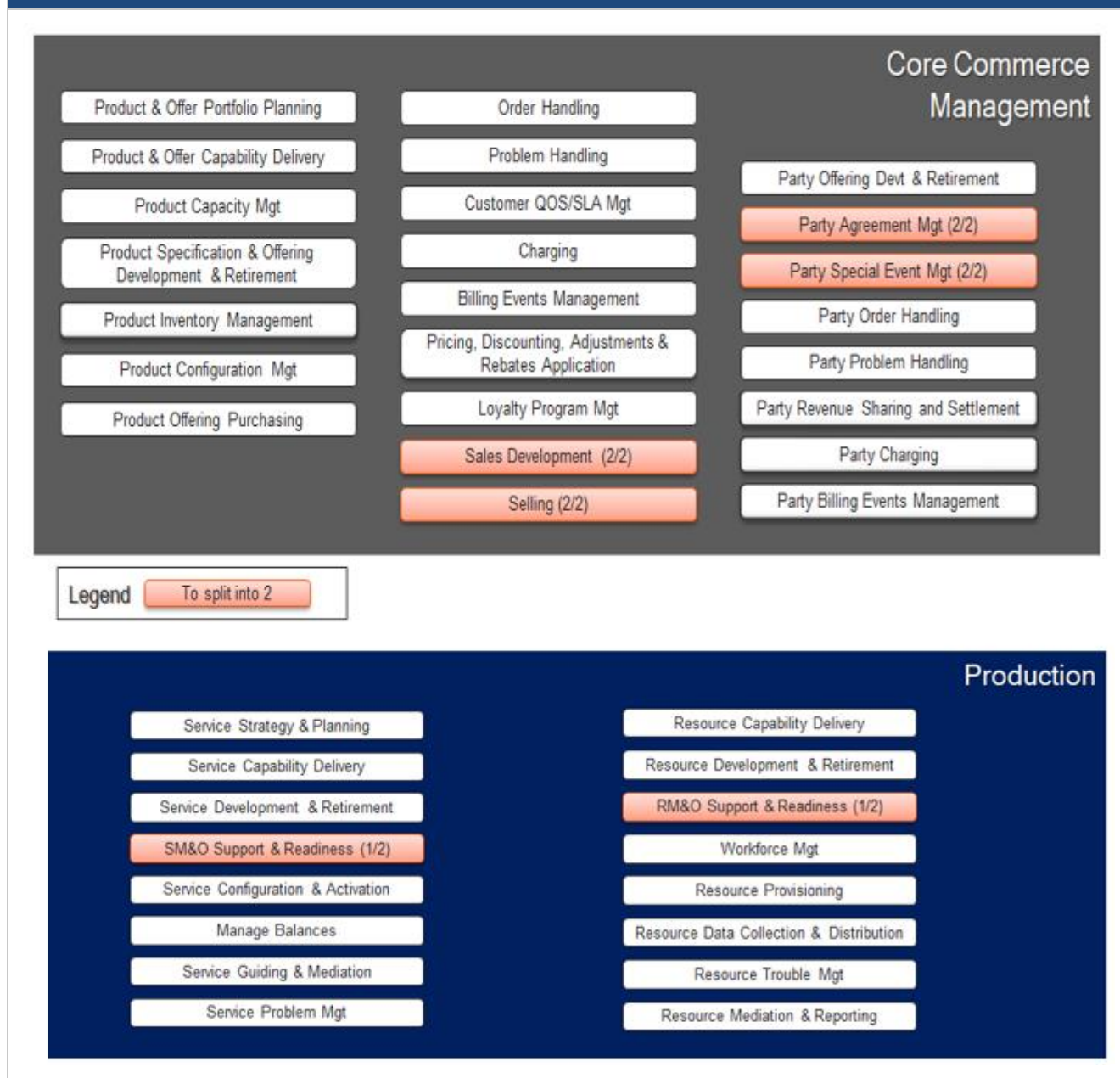
Источник: TM Forum

Блок омниканального взаимодействия, Engagement Management, выполняет функции управления одновременным многоканальным взаимодействием с экосистемой - людьми, организациями, IoT-системами (Front-end, API). В этом блоке нет соответствий с eTOM и SID.

Аналитический блок Intelligence Management реализует глубокий анализ данных с использованием технологий машинного обучения.

Служебный блок Decoupling & Integration (D&I) отвечает за обмен данными между функциональными блоками.

**Рис. 40. Функциональное наполнение блоков Core Commerce Management и Production в ODA процессами второго уровня описанными в eTOM**



Источник: TM Forum

Как отмечено выше, основными принципами ODA являются:

- Функциональные блоки. Ключевая особенность - разделение задач и разъединение блоков (в отличие от типовых вертикальных приложений).

- Общая архитектура данных. Стратегический подход к целостному управлению данными сократит количество требуемых систем, упростит общую архитектуру и сократит эксплуатационные расходы.
- Поддержка Intent-based управления позволяет создавать интуитивную сеть, собирать и передавать данные через API.
- Компонентное представление и модульность. Направлено на обеспечение независимой масштабируемости, ускорение коммерциализации продуктов, гибкое управление безопасностью, создание гибкой архитектуры, адаптированной к внедрению новых продуктов и бизнес-моделей.
- API-архитектура. Интеграция между компонентами осуществляется через стандартизированные открытые API. ODA построена и работает с TM Forum Open API Program, которая разрабатывает REST API, не зависящие от сервиса и технологий.
- Динамическая интеграция. Компоненты OSS/BSS должны быть доступны для динамической интеграции или оркестрации. При появлении новых сервисов и бизнес-моделей система должна объединять компоненты OSS и BSS, необходимые для динамической поддержки сервисов.
- Принцип проектирования в реальном времени.
- Разделение времени проектирования и времени выполнения, принцип nonstop. Сервисы и продукты могут разрабатываться на основе существующих базовых сервисов (представлены в каталогах). После завершения разработки сервисы автоматически помещаются в среду выполнения без необходимости остановки или перенастройки платформы.
- Принцип «на основе каталога». Лежит в основе принципа nonstop. Не требуется ручная настройка, так как платформа может автоматически работать со всеми сервисами, которые выбираются «по каталогу».
- Принципы обеспечения безопасности и конфиденциальности данных должны быть заложены на этапе проектирования. Безопасность как на уровне компонентов, так и на уровне всей системы. Отмечается, что обеспечение безопасности данных является не опциональным, а обязательным требованием.
- Гибкое управление. Принципы управления должны позволять управлять быстрыми изменениями в сложной среде.

Данные принципы соответствуют базовым принципам автономных сетей. Фактически, концепция автономных сетей является реализацией ODA в части ключевых ее блоков омниканального взаимодействия с клиентами, аналитики и предоставления сервисов.



### 3.2.3. Проект TM Forum Catalyst

Запущенный TM Forum проект Catalyst имеет целью практическую демонстрацию концепции сквозного автономного управления сетями и сервисами, позволяющей полностью автоматизировать взаимодействие оператора с клиентами и улучшить операционную эффективность провайдеров сетевых и вычислительных сервисов для промышленных применений, таких как умные города, производства, медицина, сельское хозяйство и образование.

Высокоуровневая архитектура проекта Catalyst обеспечивает необходимый функционал для автономного исполнения NMS/OSS/BSS-процессов в трех доменах:

- Автономный домен 1 – Устройства: обеспечивается поддержка различных конечных устройств, таких как устройства IoT, AR/VR, точки доступа, STB, мобильные устройства;
- Автономный домен 2 – Сети доступа: обеспечивается автономное управление ресурсами в режиме реального времени и с требуемым уровнем детализации, реализуется функционал управления доступом, ресурсами сети, оркестрации, анализа данных и другие специализированные функции;
- Автономный домен 3 – Облака: реализуются автономные процессы NMS/OSS/BSS для домена облачных вычислений.

Проект охватывает все этапы жизненного цикла автономной сети, включая все необходимые процессы и цифровые модели для реализации адаптивных NMS/OSS/BSS-процессов с использованием технологий 5G, краевых вычислений, искусственного интеллекта и виртуализации. Проект предоставляет возможности для пилотной реализации и верификации функционала Self-X, то есть автоматизации процессов заказа, предоставления и контроля качества услуг на всем их жизненном цикле.

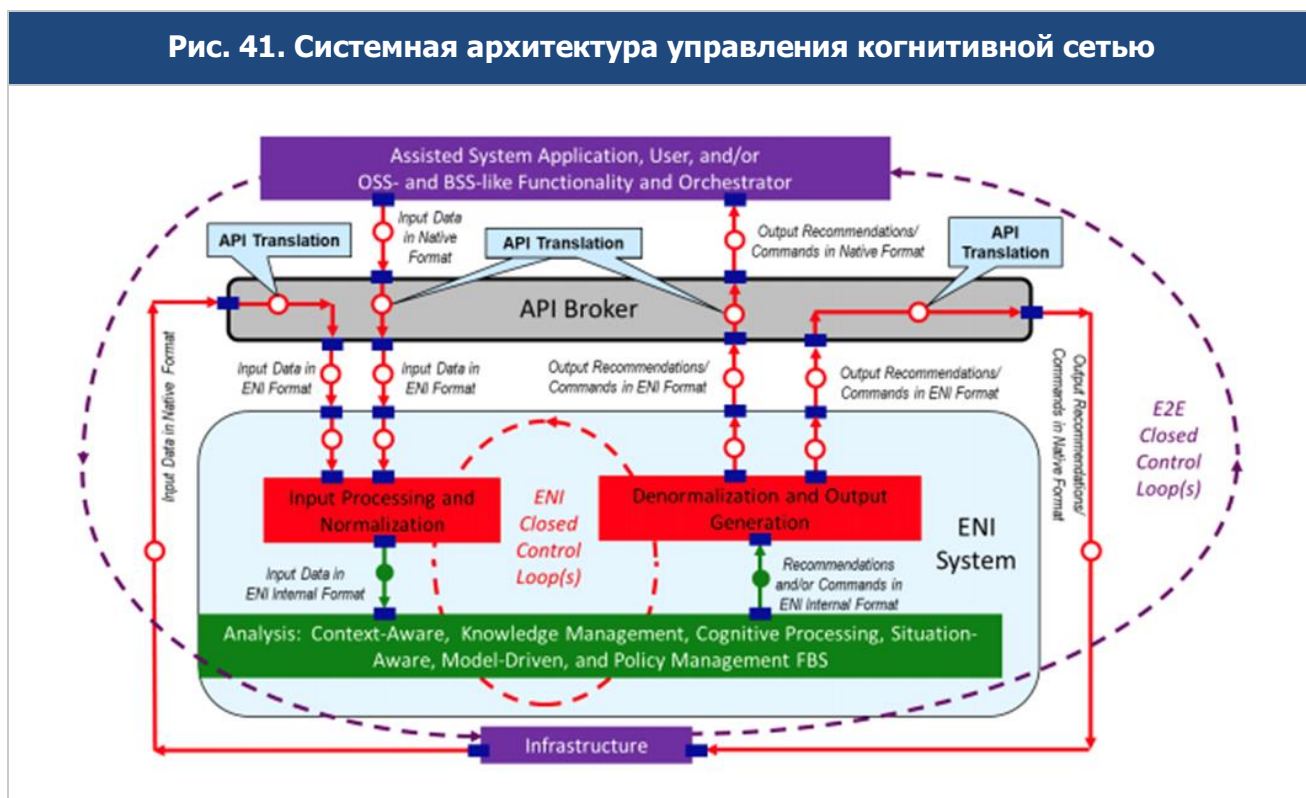
В частности, пилотная реализация проекта Catalyst позволяет продемонстрировать специалистам в области организации видеотрансляций с мероприятий возможности автономных сетей в части сквозного управления конфигурацией сетевых элементов в сочетании с использованием таких приложений как распознавание изображений, беспилотники как сервис, видеонаблюдение, удаленное открывание/закрывание дверей, сервисы служб быстрого реагирования на мероприятиях и т.п. Функционал Catalyst позволяет полностью автоматизировать весь процесс от создания композитного сервиса (NaaS) до его заказа, предоставления, тарификации и биллинга.

### 3.3. ВИДЕНИЕ ETSI

Для разработки стандартов в области автономных сетей SDO ETSI сформировала сразу несколько рабочих групп. Рассмотрим две наиболее знаковые.

Рабочая группа ENI (Experiential Networked Intelligence) (ENI ISG) определяет архитектуру управления когнитивной сетью для настройки предлагаемых услуг в зависимости от потребностей пользователей бизнес-целей. Использование методов искусственного интеллекта в сети решит проблемы будущего развертывания и эксплуатации сети. ENI фокусируется на улучшении качества обслуживания операторов, используя механизмы искусственного интеллекта замкнутого цикла и политики на основе метаданных для распознавания и внедрения новых знаний. Эта модель дает рекомендации системам принятия решений.

ENI опубликовала первую версию «Системной архитектуры» (см. ETSI GS ENI 005), Контекстно-зависимое управление политиками и категоризация. Вторую версию «Вариантов использования, требований» (см. ETSI GS ENI 001 V2.1.1) включает в себя терминологию и описание PoC. ENI запустила постоянное испытание концепции, демонстрирующее ее работу. Результаты опубликованы в ETSI ENI (2019), Specifications (<https://docbox.etsi.org/ISG/ENI/Open/>).



Источник: ETSI

На Рис. 41 показаны два замкнутых контура управления. Оба замкнутых контура управления работают для достижения ряда целей. Внешний цикл приспособляется к изменениям контекста и ситуации, а внутренний цикл оптимизирует бизнес-цели, когда внешний цикл стабилен.

ENI работает в двух разных режимах. Разница между режимами заключается в том, предоставляются ли вспомогательной системе рекомендации или команды. Система ENI состоит из функциональных блоков, выделенных красным и зеленым на рисунке выше, которые выполняют обработку входных данных, анализ данных и обработку выходных данных соответственно.

Все коммуникации с внешними объектами используют определенную внешнюю контрольную точку. Входные данные отправляются через API-интерфейсы через API-брокера. Это сделано для упрощения интеграции с внешними системами, такими как решения от других рабочих групп ETSI и SDO.

Рабочая группа ENI пытается решить следующие задачи с точки зрения разработки архитектуры:

- Предложить вариант многоуровневой функциональной архитектура замкнутого цикла управления, в которой внешний цикл настраивается на контекст и изменения ситуации, а внутренний цикл оптимизирует бизнес-цели, когда внешний цикл стабилен.
- Предложить Model-Driven архитектуру, которая позволяет динамически управлять поведением системы во время функционирования.
- Определить как механизмы искусственного интеллекта могут быть использованы для повышения качества обслуживания.
- Использовать информацию о контексте и ситуационной осведомленности для адаптации рекомендаций и команд, производимых ENI для удовлетворения меняющихся потребностей пользователей, бизнес-целей и условий окружающей среды.

Другой рабочей группой является ZSM. Рабочая группа для формирования отраслевых спецификаций ETSI (ISG) Zero Touch Network and Service Management (ZSM)<sup>6</sup> была сформирована с целью определения новой сетевой архитектуры для сквозного, междоменного управления сетью, которая обеспечивает масштабную автоматизацию и позволяет выполнять все процессы и задачи автоматически – доставку, развертывание, конфигурацию, обеспечение и оптимизацию.

Основная цель проекта ZSM - обеспечить автоматическое управление сетью и услугами без вмешательства пользователя в среде с несколькими поставщиками, поддерживая набор способов обеспечения автоматизации. Разработка сетевого интеллекта, а также систем оркестрации являются оперативным простором для сетевой автоматизации, поскольку в значительной степени они вытесняют человеческий фактор из процесса управления сетью и услугами.

Архитектура ZSM нацелена на обеспечение нового уровня гибкости, оперативности и эффективности при запуске новых услуг в масштабе глобальной сети. Несмотря на то, что первая версия архитектуры уже разработана, работа над спецификацией все еще продолжается.

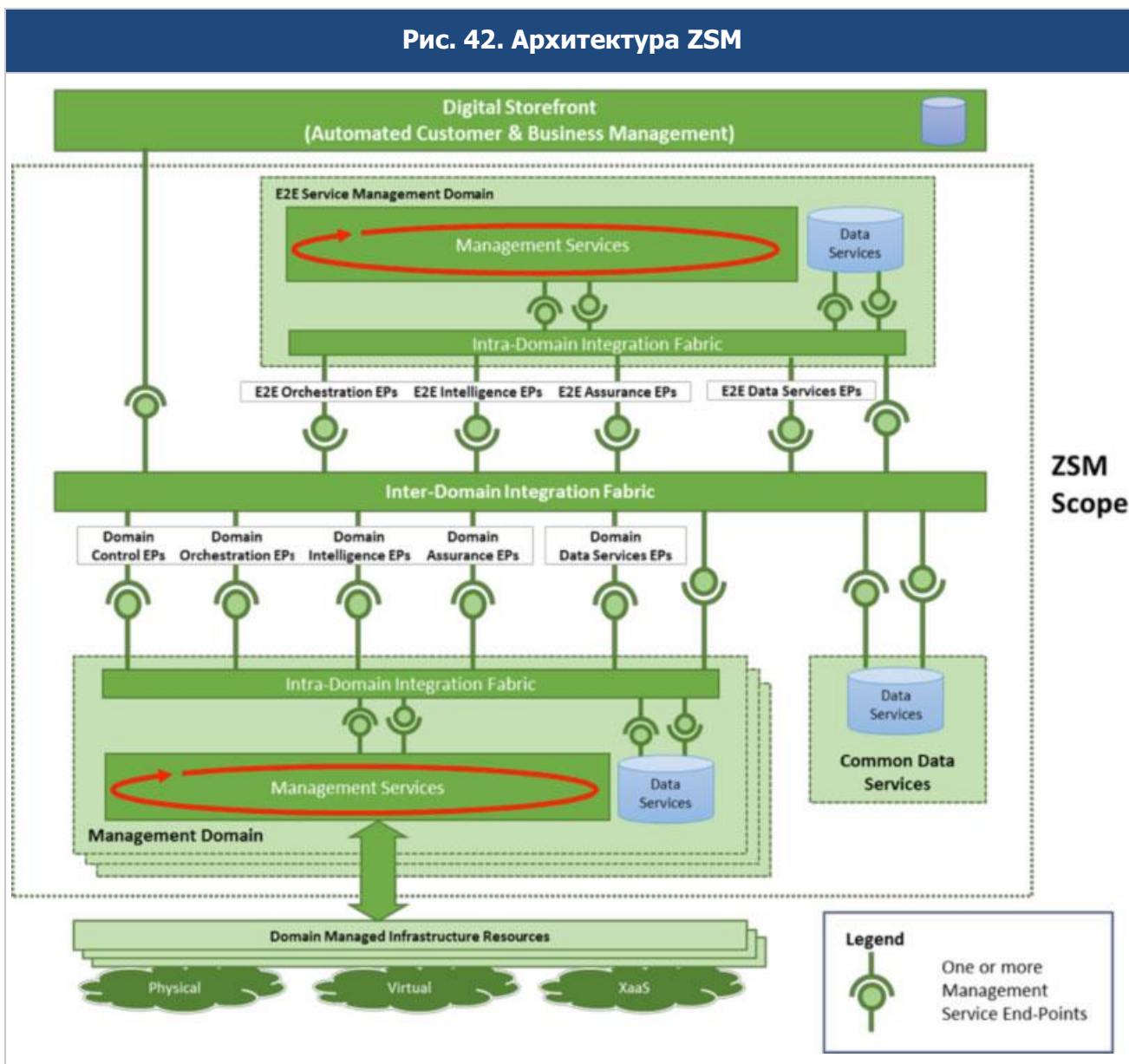
Архитектура ZSM основана на сервисах, является модульной, гибкой и расширяемой. Это позволяет выполнять развертывания, которые можно адаптировать к разному количеству управляемых объектов и / или к различному географическому распределению этих объектов. Модули ZSM можно независимо развертывать и масштабировать. Функциональные компоненты архитектуры также будут рассчитаны на автоматическое восстановление после отказов, чтобы службы управления могли справляться с отказами как самих себя, так и инфраструктуры (желательно) без ухудшения качества обслуживания (QoS).

Как показано на Рис. 42, архитектура ZSM поддерживает разделение управления и автоматизации на различные контуры: (сетевое) управление доменом и сквозное (междоменное) управление услугами; оба несут ответственность за выполнение (согласование и контроль), обеспечение и автоматизацию в пределах своих возможностей.

---

<sup>6</sup> <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/zero-touch-network-service-management>

Рис. 42. Архитектура ZSM



Источник: ETSI

(Сетевой) домен управления – это область управления внутри оператора, которая обычно определяется административными или технологическими доменами (например, домен беспроводной связи, домен сети фиксированного доступа, домен IP сети / оптической сети и т.д.). Облачные и сетевые ресурсы располагаются и управляются внутри сетевого домена, через подключение в виде физических и / или виртуальных сетевых функций (PNF / VNF). (Сетевой) Домен управления обращается к своей собственной базе знаний и абстрагирует сложность управления собственными ресурсами для других доменов до понятных интерфейсов управления компонентов. Несколько доменов управления могут быть объединены в домен управления более высокого уровня.

Сквозной (междоменный) домен управления услугами управляет сквозными услугами и координирует их между доменами.

Разделение (сетевого) домена управления от сквозного (междоменного) домена управления услугами предотвращает создание монолитных систем, снижает сложность всей службы управления сетевой инфраструктурой и позволяет сетевому и сквозному доменам управления

развиваться независимо. Архитектура ZSM поддерживает открытые интерфейсы, а также услуги на основе моделей и абстракций ресурсов.

Архитектура ZSM позволяет хранить операционные данные отдельно от управляющих приложений, обеспечивая эффективный доступ к данным и междоменное представление данных (например, топология сети, данные телеметрии сетевых функций), которые могут быть использованы с помощью интеллектуальных возможностей сети и служб (например, машинное обучение на основе данных, искусственный интеллект и другие технологии для автоматизации).

Архитектура ZSM предназначена для обеспечения автоматизации замкнутом контуре (closed-loop) на уровнях управления сетью и услугами, где автоматизированы механизмы принятия решений (например, самооптимизация, автоматическое обеспечение обслуживания).

Каждый домен включает в себя функциональные компоненты, которые выполняют определенные задачи и предоставляют одну или несколько служб управления через специальные интерфейсы. Некоторые из служб являются внутренними и могут использоваться только авторизованными функциональными компонентами внутри домена. Другие службы могут быть доступны и также потребляться авторизованными функциональными компонентами за пределами домена (включая те, которые содержатся в домене управления E2E услугами). Службы управления в домене собраны в логические группы, необходимые для автоматизации в замкнутом контуре (closed-loop): служба управления доменами, служба оркестровки доменов, служба аналитики доменов и служба обеспечения безопасности доменов. При необходимости могут быть добавлены другие группы.

Службы управления предоставляются и потребляются через интеграционные интерфейсы, следуя либо шаблону запрос-ответ / запрос-ответ-уведомление для вызова API сервиса, либо шаблону публикации-подписки для потоковой передачи событий в реальном времени.

Рабочая группа ZSM в настоящее время работает над описанием и спецификацией служб управления. Проект спецификации ETSI GS ZSM 002 «Эталонная архитектура ZSM» находится в открытом доступе в ETSI ZSM Open<sup>7</sup>.

Для сквозной автоматизации сети и услуг ESTI предполагает использование существующих стандартных спецификации и решений для предотвращения дублирования и получения синергетического эффекта.

---

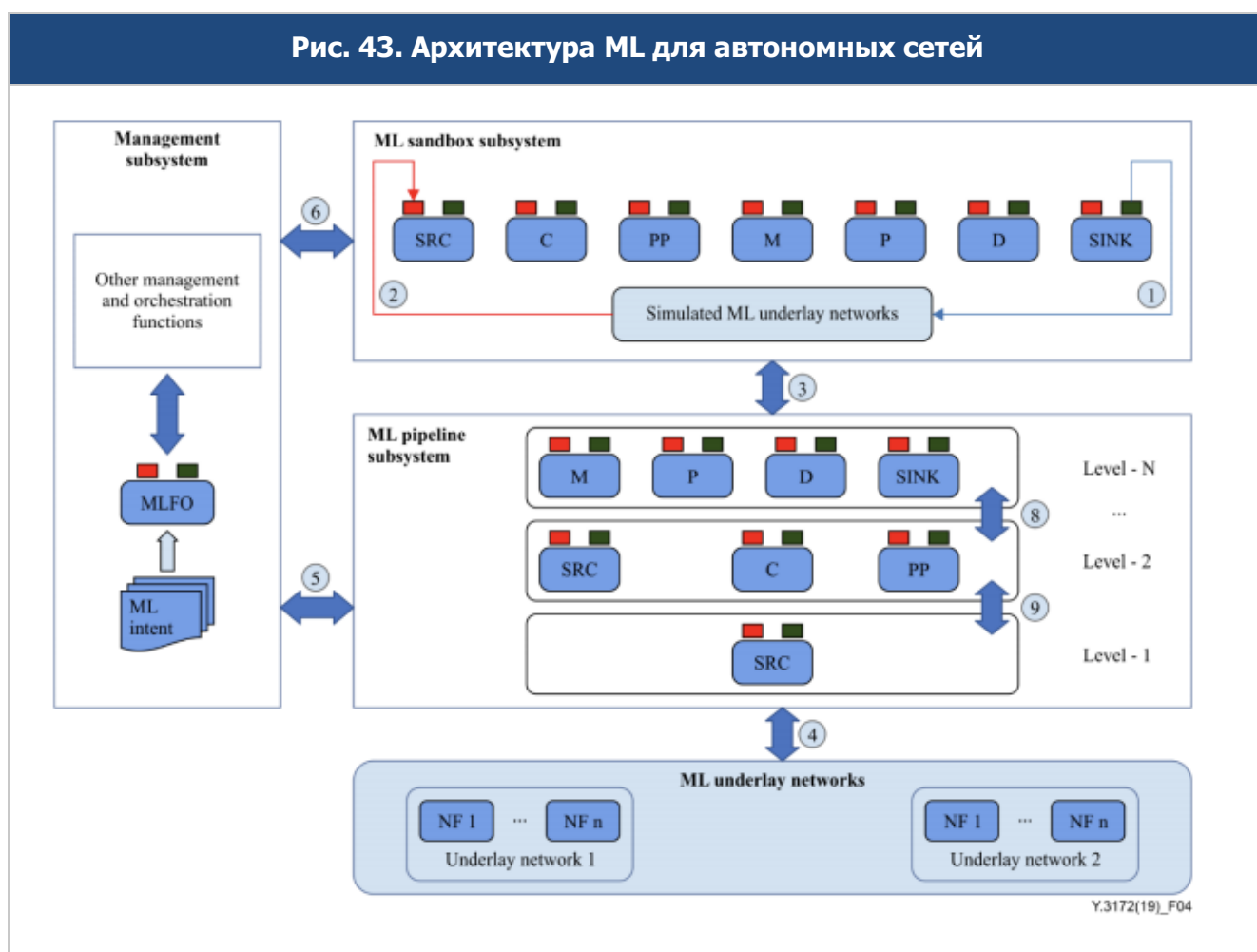
<sup>7</sup> <http://docbox.etsi.org/ISG/ZSM/Open>

### 3.4. ВИДЕНИЕ ITU-T

Международный союз электросвязи (ITU) представил спецификацию структуры для применения машинного обучения (ML) к будущим телекоммуникационным сетям (Рис. 42). Это не то же самое, что автономная сеть. Как в случае с фреймворком от ETSI, он также основан на концепции замкнутого цикла для обеспечения сетевого сервиса, однако, в отличие от ZST, структура ITU более конкретна и обоснована. Фреймворк неявно поддерживает замкнутый цикл для обеспечения сетевого сервиса, который воплощен в конвейере машинного обучения.

Поскольку ML становится важной технической тенденцией в отрасли, операторы сетей и другие заинтересованные стороны ищут экономически эффективные способы включения ML в будущие сети, включая IMT-2020.

Рис. 43. Архитектура ML для автономных сетей



Источник: ITU-T

К архитектурным компонентам относятся следующие: Machine learning pipeline, MLFO, ML sandbox.

Machine learning pipeline. конвейер машинного обучения — это набор логических узлов, каждый из которых имеет определенные функции, которые могут быть объединены для формирования приложения машинного обучения в телекоммуникационной сети. Аспекты интеграции такого наложения конвейера ML в базовые сети ML для конкретных технологий могут потребовать расширения или определения конкретных протоколов и API.

Machine learning function orchestrator (MLFO). MLFO — это логический узел с функциями, которые управляют и координируют узлы конвейеров ML на основе ML и / или динамически меняющихся сетевых условий.

Эта подсистема и другие функции управления и оркестрации. Подсистема MLFO позволяет расширить механизмы управления и оркестрации, используемые для будущих сетей, включая IMT-2020, на узлы конвейера ML. Это вносит единообразие в управление функциями машинного обучения и сетевыми функциями (NFs). MLFO работает в координации с другими функциями подсистемы управления для управления узлами конвейера ML.

ML sandbox. Песочница ML — это изолированный домен, который позволяет размещать отдельные конвейеры ML для их обучения, тестирования и оценки перед их развертыванием в действующей сети. Для обучения или тестирования песочница ML может использовать данные, сгенерированные из имитированных базовых сетей машинного обучения и / или “живых” сетей.

Подсистема песочницы ML позволяет конвейерам ML адаптироваться к динамическим сетевым средам, где могут изменяться различные условия (например, условия радиоинтерфейса, положение UE, возможности и ресурсы сети). Подсистема песочницы машинного обучения позволяет операторам сети изучать влияние выходных данных машинного обучения перед их развертыванием в действующих базовых сетях машинного обучения.

### **3.5. ВИДЕНИЕ 3GPP И GSMA**

В августе 2019 года рабочая группа 3GPP SA WG5 инициировала «Исследование концепции, требований и решений для уровней автономной сети» (см. 3GPP Rel-16 TR28.810). В исследовании представлены концепции, параметры оценки, определения, рабочий процесс в типичных сценариях и подробное описание классификации автономных сетей.

В июне 2020 года был одобрен Rel-17 WID, основная цель которого - предложить концепцию и архитектуру автоматической сети, классификацию уровней автономных сетей и объединить эту классификацию с существующими возможностями автоматизации. Рабочие элементы Rel-17 включают в себя служебные сервисы управления на основе намерений для мобильной сети, служебные сервисы управления для обеспечения услуг связи и исследования по совершенствованию аналитики данных управления, энергоэффективности и самоорганизации для сетей 5G (SON).

Рабочие группы 3GPP SA WG2 и 3GPP RAN WG3 инициировали исследования по поддержке автоматического сетевого интеллекта. Начиная с Rel-16 (3GPP TR 37.816) 3GPP RAN WG3 начала обсуждение RAN-ориентированного сбора и использования данных. Цель состоит в том, чтобы изучить и стандартизировать номенклатуру и технологии сбора мониторинговых данных беспроводной сети, и соответствующие приложения для их анализа.

Начиная с Rel-16 (3GPP TR 23.791) рабочая группа 3GPP SA WG2 приступила к обсуждению средств сетевой автоматизации для 5G. Цель состоит в том, чтобы представить функцию Network Data Analytics (NWDA) в 5G Core (5GC) для анализа данных сигнализации о событиях.



### **3.6. ВИДЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВЕНДОРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Рассмотренные ниже платформенные решения вендоров являются компонентами, необходимыми операторам для перехода от традиционного подхода («ручного управления») к предоставлению сквозных сетевых сервисов и подготовки доменов к программному управлению координирующим органом (оркестратором) или внешней системой. Это позволит операторам доменов и операторам сквозных слоев реализовать согласованное программное управление, используя оркестраторы сквозных сервисов и MANO-платформы для управления виртуальными ресурсами таких доменов как RAN, IP backhaul, IP и DWDM транспорт, VNF и MEC.

В такой операционной модели верхнеуровневые описания кросс-доменных услуг (шаблоны) трансформируются в технические требования, которые затем реализуются в виде цепочек служебных функций, индивидуально настраиваемых для каждого отдельного пользователя.

В настоящее время многие операторы доменов уже имеют технические возможности полностью программного предоставления услуг нового поколения в рамках одного домена, но лишь немногие из них имеют возможность оркестровать E2E-сервисы, учитывая, в частности, тот факт, что физические сетевые функции по-прежнему сосуществуют с VNF, которые, в свою очередь, исполняются преимущественно на виртуальных машинах, а не контейнерах. Фактически отрасль находится только в начале определения правил кросс-доменной оркестрации.

Анализ продуктовых портфелей вендоров телекоммуникационного оборудования и программного обеспечения показывает, что даже на уровне внутридоменного автономного управления продуктивное предложение пока не покрывает все потребности операторов, возникающие при построении автономных сетей, а на уровне кросс-доменного управления решениям вендоров явно не хватает функциональной полноты и открытости. При этом все рассмотренные вендоры решений для автономных сетей уже используют технологии когнитивного мышления, машинного обучения и возможностей искусственного интеллекта для проактивного выявления и устранения событий сети и обеспечения сетевой безопасности.

#### **3.6.1. Вендоры телекоммуникационного оборудования**

##### **3.6.1.1. Cisco Systems**

Платформенное решение от Cisco для автономных сетей носит название Intent-Based Networking (IBN)<sup>8</sup>. Логика работы решения заключается в том, что Cisco предлагает в качестве входных требований использовать верхнеуровневые бизнес-требования клиентов и далее реализовывать их в IBN используя аналитику, машинное обучение и автоматизацию для постоянного программирования сети под изменяющиеся потребности бизнеса.

Фактически IBN используется для создания SDN-сети, в которой являющийся частью IBN сетевой контроллер действует как центральная точка программного управления сетью. Такие контроллеры имеют решающее значение для реализации абстракции сети и представления ее состояния, что позволяет управлять сетью как интегрированной объединенной системой.

---

<sup>8</sup> <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/digital-network-architecture/nb-06-ibn-sol-overview-cte-en.html?oid=sowxa015991>

Решение IBN имеет в своем составе следующие функциональные блоки:

- Translation: модуль трансляции бизнес-требований в конфигурацию сети и сервиса;
- Activation: развертывание сервиса согласно политикам оркестрации по всей сетевой инфраструктуре, автоматически конфигурируя и внося системные изменения на все соответствующие устройства сети, в том числе и в политики безопасности;
- Assurance: непрерывный мониторинг и проверка того, что бизнес-требования удовлетворены, модуль может включать функцию восстановления посредством рекомендуемых корректирующих действий и постоянную оптимизацию через прогнозную аналитику.

Основная проблема решения IBN состоит в ее фрагментарности - оно состоит из нескольких проприетарных решений для автоматизации и оркестрации сетевых сервисов (для ЦОД, корпоративной сети, SD-WAN, Cloud и т. д.), которые не взаимодействуют в качестве единой системы.

### 3.6.1.2. Aruba Networks (HPE)

Решение от HPE&Aruba называется Experience-Driven Networking (EDN<sup>9</sup>) и позиционируется как платформа управления услугами, реализующая пять основных функций: планирование и развертывание, аналитика, контроль производительности, обеспечение безопасности, масштабирование и оптимизация предоставления сетевых сервисов. Базовый функционал EDN реализован в составе решений Aruba AirWave и Aruba Central.

### 3.6.1.3. Juniper

Решение от Juniper для создания автономных сетей носит название Self-Driving Network<sup>10</sup>. Решение выполнено в идеологии концепции автономных сетей делая акцент на двух принципах автономности:

- заявляй бизнес-требования, и не думай, как оно будет реализовано;
- «разделяй и властвуй», разбивая сеть на домены.

Решение Juniper пока представляет из себя не более чем расширение функциональности операционной системы JunOS. Можно констатировать, что пока у компании нет интегрированного решения для автономных сетей, имеется лишь набор несогласованных между собой ограниченных по функциональности решений, не имеющих единого блока оркестрации / автоматизации.

### 3.6.1.4. Extreme Networks

Компания Extreme Networks предлагает для реализации концепции автономных сетей широкий набор программного обеспечения, оборудования и услуг. Элементы этого набора включают в себя различные компоненты решений Smart OmniEdge, Automated Campus и Agile Data Center, которые используют машинное обучение для обеспечения самокорректирующегося и

<sup>9</sup> <https://blogs.arubanetworks.com/solutions/its-time-for-experience-driven-it-management-and-ops/>

<sup>10</sup> <https://www.juniper.net/assets/us/en/local/pdf/misc/mpis-sdn-nfv-world-congress/day-1-network-automation-and-service-design.pdf>

непрерывного обучения. Элементы являются открытыми и основанными на стандартах, что позволяет использовать их в сетевой среде любого другого поставщика.

В отличие от других основных вендоров сетевого оборудования, ориентирующихся на проприетарные решения, в продуктах Extreme Networks реализована поддержка API в открытой экосистеме, основанной на стандартах (ETSI, TM Forum).

### **3.6.1.5. Nokia**

Для реализации концепции автономных сетей компания Nokia предлагает решение EdenNet, позволяющее автоматизировать сетевые операции и реализовать весь потенциал существующих сетей 2G, 3G, 4G, одновременно поддерживая переход на 5G. В качестве централизованной платформы SON EdenNet автоматизирует операции управления сетями, использующими различные технологий, устраняя сложности, связанные с мультивендорными и многоуровневыми сетями.

Решение включает широкий спектр модулей, выполняющих операции самоконфигурации, самовосстановления и самооптимизации. Основной функционал SON реализован в модулях NetAct Configurator и NetAct Optimizer, модули имеют API к внешним OSS-приложениям. Так же стоит упомянуть механизм управления политиками под названием SON Workflow Coordinator, разработанный вендором специально для реализации концепции автономной сети.

### **3.6.1.6. Ericsson**

Решение Ericsson Orchestrator<sup>11</sup> позволяет автоматизировать гибридную инфраструктуру, включая PNF и VNF. Он поддерживает оркестровку ресурсов, управление жизненным циклом VNF и сквозную оркестровку услуг как для телекоммуникационных, так и для корпоративных сред.

Решение основано на следующих принципах:

- автоматизация управления жизненным циклом услуг (создание, завершение, масштабирование, масштабирование, обновление);
- размещение рабочей нагрузки на основе политик для повышения производительности и оптимизации затрат, оптимизированных для конкретных потребностей в обслуживании;
- автоматизация оркестрации сетевых доменов для различных требований SLA.

Ключевые компоненты решения включают:

- VNF Onboarding для быстрого подключения и проверки VNF от различных поставщиков
- End-to-End Orchestration для автоматизации создания и настройки сетевых сервисов, включая все сетевые сервисы внутри и между сетевыми доменами.
- Element Management для обеспечения управления жизненным циклом VNF, такого как масштабирование и восстановление, на основе специфических знаний о приложении.
- Assurance для мониторинга аварийных триггеров приложений и инфраструктуры в разных доменах и включения основанных на политиках и автоматизированных сценариев самовосстановления для обслуживания клиентов.

---

<sup>11</sup> <https://www.ericsson.com/en/portfolio/digital-services/automated-network-operations/orchestration/dynamic-orchestration>

- Inventory для предоставления топологии в реальном времени, а также проектирования услуг и назначения возможностей для физических, виртуальных и гибридных услуг для клиентов в нескольких доменах.

### 3.6.1.7. Alcatel-Lucent

Автономная сеть Alcatel-Lucent является одним из трех компонент фирменной концепции сетевых технологий ALE Digital Age: автономные сети, Интернет вещей и бизнес-инновации<sup>12</sup>. Архитектура автономной сети Alcatel-Lucent предоставляет сквозное решение, то есть охватывает сеть от Edge до Core:

- Unified Edge: пользователи и устройства IoT могут бесшовно подключаться к локальной сети (LAN) и / или беспроводной локальной сети (WLAN) без потери производительности.
- Unified fabric: LAN, WLAN, ядро / центр обработки данных, а также периферийные сетевые узлы с облачным управлением и встроенными сервисами по информационной безопасности.
- Автоматизация сетевых сервисов: это ключевой уровень в автономной сети, который обеспечивает автоматизацию сети за счет программируемости, инициализации, интеллектуальной аналитики с использованием решения Rainbow™, а также внешней интеграции. Четко определенная номенклатура данных телеметрии и открытые API обеспечивают различные возможности автоматизации, в том числе:
  - ситуационная реактивность: сеть обнаруживает изменения в своем статусе, и, соответственно, добавляет или изменяет и автоматически регулирует параметры сети;
  - сетевая аналитика: позволяет автоматизировать реакцию сетевых сервисов на определенные заранее заданные критерии производительности сети для определенных сетевых подключений;
  - управление политиками: Unified Policy Authentication Manager (UPAM) обеспечивает конфигурацию сети, устройства и пользователя, этот модуль управляет ролями, сетью и политиками доступа к приложениям;
  - проактивное управление жизненным циклом (PaLM): обеспечивает управление инвентаризацией и гарантирует, что программное обеспечение и техническое обслуживание сетевого оборудования находятся в актуальном состоянии;
  - платформа для оркестрации и управления zero touch provisioning (ZTP);
  - оркестрация и управление сетевыми сервисами: использование единой платформы управления локально или в облаке;
  - внешняя интеграция: ALE APIs позволяют настраивать сервисы и / или отчеты в зависимости от конкретных бизнес-потребностей;
  - автоматизация workflow: при интеграции с Rainbow сеть может воздействовать через API, и на основе предустановленных правил и триггеров, выстраивать автоматический набор действий для организации workflow.

<sup>12</sup> <https://www.al-enterprise.com/-/media/assets/internet/documents/autonomous-network-brochure-en.pdf>

Для сетей и доменов не относящихся к ALE автономная сеть поддерживает автоматизацию инфраструктуры, которая включает:

- zero touch provisioning;
- информационная безопасность (усиленная ОС коммутатора, дополненная безопасным верифицированным кодом, и программным обеспечением операционной системы Alcatel-Lucent OmniSwitch®, а также аналитика приложений и применение политик на Edge сети)
- централизованное управление (локальное или облачное);
- политики централизованного доступа;
- автоматическая настройка VPN.

В целом платформа ALE обеспечивает отказоустойчивое и бесшовное соединение с LAN и WLAN в сочетании с контролем доступа к сети и усиленной операционной системой коммутатора. Эта распределенная интеллектуальная архитектура обеспечивает лучшую производительность и масштабируемость, а также обеспечивает высокую доступность, простоту эксплуатации и низкую совокупную стоимость владения (TCO).

Единая система управления сетью (NMS) обеспечивает дополнительный уровень интеграции между проводными и беспроводными сетями. NMS обеспечивает унифицированное управление услугами и видимость в масштабе всей сети, что может повысить эффективность ИТ и гибкость бизнеса.

#### **3.6.1.8. Ciena**

Реализация концепции автономной сети, называемой в компании адаптивной сетью, включает в себя три слоя:

- Программируемая инфраструктура, включая физические и виртуальные элементы сети, а также собранную с них телеметрию.
- Аналитика и ИИ для обработки данных телеметрии - ИИ, обученный на данных, может проинформировать сеть, как настроить в долгосрочной перспективе, какие шаблоны трафика, какие правила маршрутизации поменять, и какие сегменты сети могут быть уязвимыми.
- Контроль программного обеспечения и автоматизация - автоматизация исполнения сетевых задач при помощи сетевых контроллеров.

#### **3.6.1.9. Huawei**

Фирменная реализация концепции автономных сетей носит название Autonomous Driving Network (ADN) и предоставляет из себя набор интеллектуальных компонент, позволяющих создавать как цифровые двойники отдельных сетевых элементов и фрагментов сетей, так и интегрированную цифровую модель сети в целом и оказываемых на ней сервисов. Для этого ADN имеет встроенный AI на каждом уровне стека и включает различные уровни возможностей, включенных как часть структуры AI. Эта структура выполняет алгоритмы AI, чтобы делать выводы и выполнять автоматические действия в режиме замкнутого цикла. Сами модели AI генерируются в сервисе iMaster NAIE на основе обработки больших данных и обучения моделей AI.

Также ADN обеспечивает готовые варианты использования автоматизации сети, такие как автоматическое управление доменом сети, автоматическое развертывание RAN и обеспечение энергосбережения.

Как отмечено выше, стек AI имеет три иерархических уровня:

- AI устройства: обеспечивает сбор и фильтрацию данных в реальном времени; выполнения соответствующих алгоритмов AI на уровне устройства в реальном времени и с возможностью самовосстановления.
- AI сети: обеспечивает корреляцию данных, анализ и применение алгоритмов AI на сквозном уровне сети, обеспечивая автономность новых вариантов использования, таких как сетевые слои, например.
- AI облака: позволяет использовать облачную инфраструктуру для управления данными, обучения моделей, создания и управления жизненным циклом моделей AI.

Стратегия Huawei ADN (ADN) - это 10-летняя стратегия, следующая за стратегией Huawei All Cloud. Она направлена на исследование влияния технологий искусственного интеллекта на будущие сетевые архитектуры, режимы эксплуатации и техобслуживания и бизнес-модели путем интеграции нескольких интеллектуальных технологий, таких как SDN, NFV, cloud, big data, AI.

Конечная цель Huawei ADN - автоматизация сети, самовосстановление, самооптимизация и автономность на основе данных и знаний. В частности, это позволит реализовать новые услуги с оптимизированным взаимодействием с клиентами и автоматическим O&M, максимальным использованием ресурсов и электроэнергии. В свою очередь развитие сети в сторону автономности достигается на основе автоматизации, самооптимизации и самовосстановления.

Для достижения L5 ADN, принимая во внимание зрелость текущих технологий, рекомендуется, чтобы L4 ADN стал поэтапной целью будущих архитектур ADN, и чтобы новые технологии, инструменты и методы, такие как AI и граф знаний, были представлены для реконструкции и оптимизации сетевых устройств, систем O&M и бизнес-операций во всех отношениях.

Для реализации архитектуры ADN L4 телекоммуникационным сетям необходима четкая целевая архитектура. Основываясь на этой архитектуре, операторы связи могут систематически оценивать и отбирать существующие архитектуры OSS, интегрированных EMS, EMS поставщиков (или контроллеров) и сетевых устройств, а затем формулировать возможную дорожную карту развития, отвечающую их фактическим требованиям.

Решение ADN предоставляет возможности для конкретных сценариев для доменов FBB, MBB и корпоративной сети, чтобы способствовать повышению качества, эффективности и доходов операторов, а также снизить затраты. Решения включают интеллектуальное O&M 5G, интеллектуальное O&M телекоммуникационного облака, сегментирование предприятий 5G, транспорт 5G, управляемый намерениями, выделенную линию премиум-класса, широкополосную связь премиум-класса, DCN с намеренным управлением и сетевые решения для кампусных сетей.

На основе архитектуры ADN искусственный интеллект был внедрен на пограничном, сетевом и облачном уровнях с помощью сетевого AI-модуля iMaster NAIE и интеллектуальной платформы O&M iMaster AUTIN на облачном уровне, а также модулей управления сетью и управления iMaster MAE и iMaster NCE на сетевая инфраструктура со встроенными возможностями AI.

Интегрируя EMS, MANO, NSMF, NSSMF, MEAO и MEPM, а также внедряя такие технологии, как AI и автоматизация сети, iMaster MAE обеспечивает интегрированное управление сетью, контроль

и анализ, синергию на границе облака и открытость возможностей. iMaster MAE помогает операторам создавать интеллектуальные, упрощенные и гибкие сети 5G.

Для разнообразных сетевых функций и требований SLA отраслевых применений, таких как промышленный Интернет, IoV, интеллектуальное здравоохранение и интеллектуальные роботы, сети связи должны иметь настраиваемые возможности. В настоящее время предоставляются возможности сетевого слоя и программного-конфигурируемого MEC. Возможность сетевых слоев отвечает различным требованиям крупных вертикальных отраслей к сетевым функциям и уровням SLA. На этапе проектирования каждая отрасль может настроить шаблон слоя, чтобы ресурсы слоя гибко адаптировались к требованиям по обслуживанию. Программно-конфигурируемый MEC реализует развертывание приложений по требованию и мониторинг O&M арендатора, значительно улучшая взаимодействие с пользователем и удовлетворяя требования к низкой задержке и локализации для региональных служб в таких местах, как корпоративные кампусы.

Автоматизация E2E-сервиса доступна в сценарии «нарезки» 5G на сетевые слои, чтобы помочь операторам связи в управлении фазами жизненного цикла слоя, включая автоматическое управление фазами, быстрое предоставление услуг отраслевым клиентам, проектирование и оркестрацию фаз на основе шаблонов, развертывание фрагментов одним щелчком мыши и автоматический мониторинг SLA, отключение сервисов.

Автоматическая эластичность на уровне слоя позволяет динамически и разумно распределять ресурсы слоев и в режиме реального времени реагировать на потребности в ресурсах за секунды. Для этого центр обеспечения SLA - iMaster MAE, основанный на самообучающихся политиках, определяет и инициирует соответствующие процессы для оптимизации SLA слоев для E2E-сервисов.

### 3.6.2. Вендоры программного обеспечения NMS/OSS/BSS

Вендоры OSS/BSS активно продвигают концепцию автономных сетей, в частности, пытаются разрабатывать кросс- и внутридоменные оркестраторы, то есть заходят на «поляну» вендоров телекоммуникационного оборудования.

#### 3.6.2.1. Amdocs

Amdocs предлагает платформенное решение<sup>13</sup>, включающее в себя несколько функциональных блоков:

- **Monitoring and Probes.** Данный уровень обеспечивает полный мониторинг сетей и сетевых сервисов, используя в том числе принудительную фильтрацию, группировку и корреляцию событий (от сетевых элементов или их систем управления), чтобы обеспечить изоляцию критических проблем, анализ первопричин (RCA) и приоритизацию.
- **Guided operations.** Это решение включает в себя динамические рабочие процессы и автоматизированные действия, которые автоматически дополняют заявки о неисправностях всеми необходимыми входными данными, включая телеметрию, диагностику, историю и многое другое. Одно из основных преимуществ блока заключается в том, что в каждый рабочий процесс оно включает процедуру разрешения проблем, содержащую методический подход к устранению неполадок, что в сочетании с автоматическим их исполнением позволит полностью исключить человека из этого процесса. Дополнительным преимуществом является возможность постепенно повышать уровень автоматизации по мере того как будут вводиться дополнительные рабочие процессы.
- **Real-time analytics.** Блок обеспечения качества обслуживания поверх уровня сетевого мониторинга, чтобы гарантировать качество обслуживания (QoE) клиентских сервисов и приложений. Использование данного блока позволяет оператору понимать производительность кросс- и внутридоменных сервисов, что сводит к минимуму возникновение «тихих инцидентов», когда сеть «полностью зеленая», но клиент остается недоволен опытом использования.

#### 3.6.2.2. Netcracker (NEC)

Основная линейка продуктов Netcracker - Digital BSS / OSS ориентирована на реализацию фреймворка ODA TM Forum и имеет в своем составе следующие функциональные блоки<sup>14</sup>:

- **Customer Engagement:** обеспечивает согласованную информацию о клиентах, релевантные взаимодействия и персонализированные пути клиента по всем каналам.
- **Digital BSS:** обеспечивает возможности монетизации лидов по всем каналам и ускоряет поиск новых партнеров.
- **Digital OSS:** обеспечивает быстрое создание и предоставление цифровых услуг в гибридных сетях, а также автоматизирует и упрощает процессы для повышения гибкости и эффективности использования инфраструктуры.
- **Cloud Platform:** служит основой для всех продуктов Netcracker и обеспечивает высокую доступность, нулевое время простоя, масштабируемость и эластичность.

<sup>13</sup> [https://www.amdocs.com/sites/default/files/filefield\\_paths/Autonomous\\_Operations\\_case\\_study.pdf](https://www.amdocs.com/sites/default/files/filefield_paths/Autonomous_Operations_case_study.pdf)

<sup>14</sup> <https://pages.netcracker.com/rs/937-BYM-547/images/Netcracker-Digital-BSS-OSS-Product-Overview.pdf>



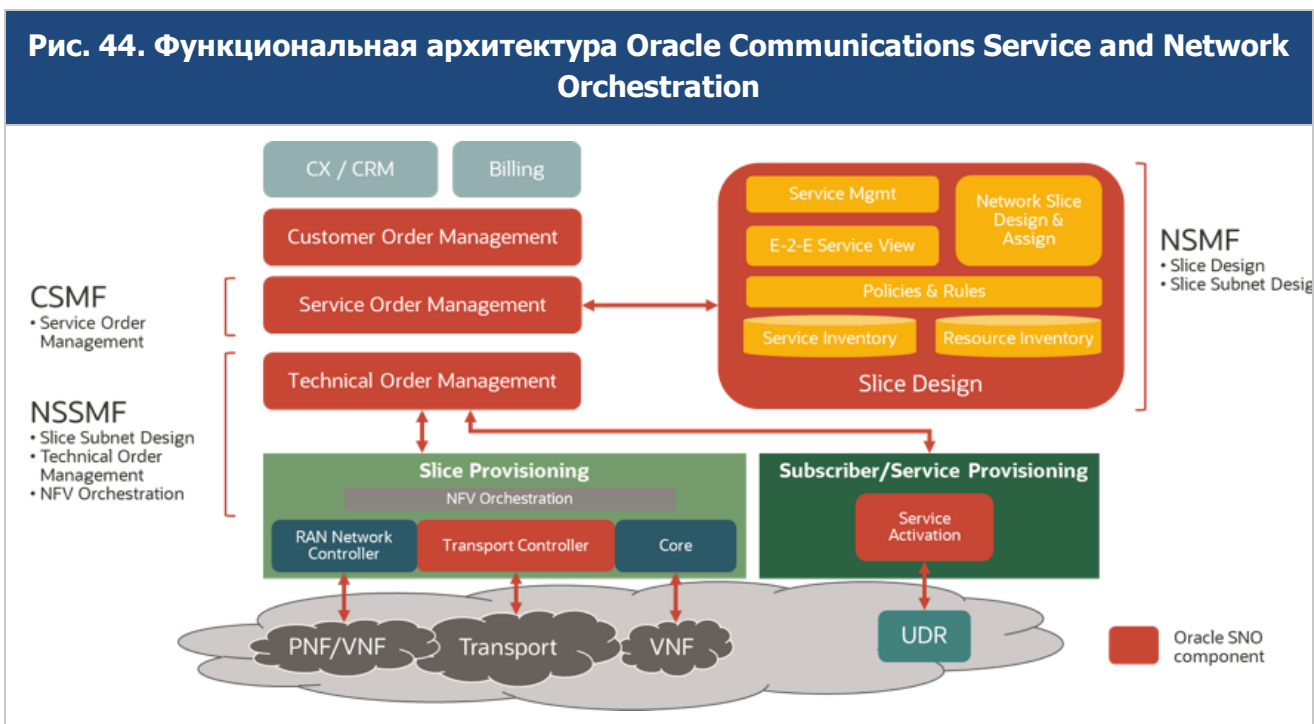
- **Integration & API Management:** позволяет выполнять интеграцию быстро, надежно и без дополнительных затрат.
- **Advanced Analytics:** поддерживает широкий набор заранее определенных сценариев, охватывающих маркетинг, продажи, обслуживание клиентов, обслуживание и сетевые операции, а также оптимизацию бизнес-процессов.

Блок Digital OSS дополнен функционалом оркестрации для создания полностью автономных доменов в замкнутом цикле в ядре (4G / 5G), на транспорте (IP / MPLS, оптический, беспроводной), Edge (Open vRAN, SD-WAN, Edge Cloud) и между доменами (междоменные сервисы и сетевые слои).

Продукты Netcracker позволяют создавать цифровые приложения для облачных вычислений, основанные на искусственном интеллекте / расширенной аналитике и предназначенные для работы в мультиоблачной среде, обеспечивая высокую производительность и отказоустойчивость в публичных и частных облаках.

### 3.6.2.3. Oracle

Решение Oracle Communications Service and Network Orchestration<sup>15</sup> предоставляет открытую, многодоменную, межуровневую платформу оркестровки для поставщиков услуг, которые используют цифровые услуги, предоставляемые гибридными виртуальными и физическими сетями (Рис. 44).



Источник: Oracle

Решение обеспечивает следующие возможности:

- Интегрированная среда проектирования на уровне продуктов, услуг и ресурсов.
- Динамическая оркестрация сервисов, охватывающая все технологии и домены.

<sup>15</sup> <https://www.oracle.com/us/industries/communications/service-network-orchestration-ds-3764076.pdf>

- Оркестрация физических сетей и сетей на основе NFV в традиционной и облачной инфраструктуре.
- Поддержка операций по наращиванию физической сети и автоматическое обеспечение ее готовности.
- Управление глобальной сетью (WAN) для сетей MPLS и Metro Ethernet.
- Динамическая инвентаризация, предоставляющая точные и актуальные сведения об услугах и ресурсах, как физических, так и виртуализированных.
- Автоматическое масштабирование и восстановление услуг с помощью автоматизации с обратной связью, используя внешние системы контроля и аналитики.

Открытые API-интерфейсы для упрощенной интеграции с компонентами с открытым исходным кодом и сторонними компонентами, включая обеспечение, инвентаризацию сети и контроллеры SDN.

Уровень Service Orchestration этого решения динамически генерирует конфигурации сервисов, выполняет назначения и управляет выполнением и доставкой на основе самоконфигурирующихся проектов сервисов. Он выполняет три важные задачи:

- Трансформация запросов от вышестоящих систем,
  - Предоставляет API-интерфейсы продуктов и услуг, которые взаимодействуют как с контейнерными облачными приложениями, так и с зрелыми CRM-системами.
  - Выполняет сложные преобразования запросов пользователям прямо из коробки, включая сопоставление продуктов и услуг и декомпозицию запросов пользователя на основе политик.
- Оркестрация жизненного цикла услуг,
  - Разворачивает и назначает пользователям ожидающие конфигурации сервисы, которые не зависят от потоков управления сетевыми ресурсами (так как сервисы логические отделены от настройки сетевых устройств).
  - Формирует заказы на предоставление услуг, вычисляя изменения, необходимые для обновления существующей конфигураций сетевых служб и устройств.
- Оркестрация предоставления услуг. Создает и выполняет план оркестрации, который назначает и упорядочивает действия в различных системах, включая управление персоналом, управление цепочкой поставок, активацию услуг, оркестраторы и контроллеры NFV.

#### 3.6.2.4. Ericsson

Линейка продуктов Ericsson Intent-Driven Networks (IDN<sup>16</sup>) реализует фреймворк TM Forum ODA с расширенными возможностями аналитики, так называемого когнитивного слоя, роль которого заключается в том, чтобы служить интерфейсом между бизнес-операциями и сетью / средой.

Когнитивный уровень состоит из трех основных компонентов: базы знаний, механизма рассуждений и архитектуры агента. База знаний содержит онтологию намерений наряду с предметными знаниями, такими как текущее состояние системы. Механизм рассуждений, не

<sup>16</sup> <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/adaptive-intent-based-networking>

зависящий от предметной области, использует граф знаний и служит центральной функцией координатора для поиска действий, оценки их воздействия и упорядочивания их выполнения. Наконец, архитектура агента позволяет использовать любое количество моделей и сервисов. Агенты могут содержать модели машинного обучения или политики, основанные на правилах, или реализовывать сервисы, необходимые в процессе когнитивного мышления.

Возможности адаптивного мышления когнитивного уровня позволяют эффективно управлять растущей сложностью сети, резко снижая потребность людей в ручном изменении политик или участии в принятии решений в режиме онлайн.

#### 4. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОПЕРАТОРАМИ ИКТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПРОВАЙДЕРАМИ ИКТ-СЕРВИСОВ

Разработанные стандартизирующими организациями методологии оценки уровня автономности и интеллектуализации сетей и сервисов (Рис. 1) позволяют оценить уровень зрелости используемых операторами систем управления путем проведения внутреннего аудита. Однако данные методологии не дают возможности оценить потенциальный экономический эффект от перехода на более высокий уровень зрелости, а также не позволяют оценить операторов «со стороны», основываясь на публично доступных данных. Разработанная J'son&Partners Consulting методология позволяет решить эти задачи используя при этом предложенную стандартизирующими организациями классификацию уровней автономности и интеллектуализации сетей и сервисов.

Методология J'son&Partners Consulting основывается на описанных в Разделе 2 объективно оцениваемых показателях, описывающих финансово-экономические эффекты от внедрения автономного интеллектуального управления сетями и сервисами. Присваиваемый уровень – этой средний уровень автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов операторов, при этом уровень для отдельных их фрагментов может быть выше чем средний.

Ввиду наличия различных бизнес-ролей и, как следствие, отличий подходов к оптимизационному управлению сетями и сервисами, для оценки уровня зрелости следует разделять два вида ИКТ-операторов:

- Операторы доменов:
  - телеком-инфраструктуры, с делением на операторов сетей доступа и магистральных сетей (вторые автоматизируются быстрее);
  - вычислительной инфраструктуры - облачные IaaS/PaaS-провайдеры;
- Операторы сквозных сетевых слоев - независимые от инфраструктурных операторов провайдеры OTT телеком-услуг с высокой добавленной стоимостью (SD-WAN, SECaaS, CDNaaS, UCaaS и пр.).

Набор показателей, привязывающих экономические выгоды к уровням зрелости состоит из двух блоков – финансово-экономического и технико-экономического. Отметим, что сравнение операторов двух различных видов – сквозных слоев и доменов, возможно только по блоку финансово-экономических показателей, и невозможно по блоку технико-экономических показателей. Так, у всех операторов сквозных слоев внедрены технологии виртуализации и программное управление, а уровень загрузки зависит не сколько от них самих, сколько от способности операторов доменов предоставить ресурсы доменов «по требованию», в этом случае уровень загрузки у операторов слоев превышает 80%.

Финансово-экономический блок показателей:

- Уровень операционных затрат на управление сетью и предоставление услуг (без учета амортизации) относительно выручки. **Целевой уровень – ниже 10% для L2/L3 и ниже 5% для L4/L5. Метод оценки – анализ публичной финансовой отчетности.**

Примечание: для уровней L0/L1 данный метод оценки неприменим ввиду незначительного влияния автоматизации на снижение ФОТ (ниже 0,5% от выручки), не выявляемого в общекорпоративной финансовой отчетности. Для уровней L0/L1 необходимо применять метод опроса операторов в формате запроса описаний реализованных проектов

автоматизации и интеллектуализации отдельных фрагментов NMS-процессов, с указанием достигнутых экономических эффектов. При этом уровень автоматизации отдельных процессов может быть высоким.

- Доля облачных услуг (NaaS) в структуре выручки операторов. **Целевой уровень услуг соответствующих характеристикам облачных – ниже 10% для L0/L1, выше 50% для L2/L3 и выше 80% для L4/L5 для операторов доменов, 100% начиная с уровня L2 – для провайдеров кросс-доменных услуг. Метод оценки – анализ публичной финансовой отчетности.**

Технико-экономический блок показателей:

- Реализация хотя бы для одного вида предоставляемых телеком-услуг всех пяти облачных принципов – четко характеризует уровень автоматизации NMS/OSS/BSS процессов. **Метод оценки – анализ публичной технической документации.**
- Наличие элементов ИКТ-инфраструктуры нового поколения, эксплуатация которых невозможна без высокого уровня автоматизации процессов NMS/OSS/BSS (пример: 5G RAN/Core SA). **Метод оценки – анализ публичной технической документации и официальной отчетности.**
- Уровень средней загрузки ресурсов (сетевых, вычислительных), отдельно для «best effort» и управляемых услуг, уровень загрузки сетевых ресурсов – отдельно для сетей доступа и транспортных/магистральных сетей (для магистральной она выше). **Целевой уровень – выше 30% для L2/L3 и выше 60% для L4/L5, за счет:**
  - Возможности проактивно управлять спросом с использованием цифровых моделей ИКТ-инфраструктуры и моделей ценовой эластичности, реализованных с применением технологий искусственного интеллекта (сейчас есть только у наиболее продвинутых провайдеров IaaS/PaaS) – demand mapping на Рис. 2.
  - Возможности кросс-доменной оркестрации, то есть автоматического взаимодействия с другими операторами/провайдерами (формируется для услуг VPC Edge и BoD).

#### **Метод анализа – опрос операторов.**

Соответствие диапазонов значений перечисленных выше показателей баллам и их веса показаны в Таблице 1. Как сказано выше, для операторов сквозных слоев оцениваются только показатели финансово-экономического блока, а показатели технико-экономического блока, относящиеся к операторам доменов, принимаются равными максимальным.

**Таблица 1. Критерии ранжирования уровня зрелости систем управления NMS/OSS/BSS-процессами операторов, диапазоны значений критериев, их веса и соответствие уровням автономности и интеллектуальности L0/L5 по ITU-T**

Критерий (показатель)	Диапазоны значений	Баллы	Вес критерия	Соответствие L0-L5
Уровень операционных затрат на управление сетью и предоставление услуг относительно выручки, %	Выше 20%	0	50	L0
	10-20%	2	50	L0-L1
	5-10%	10	50	L2-L3

Критерий (показатель)	Диапазоны значений	Баллы	Вес критерия	Соответствие L0-L5
	Ниже 5%	20	50	L3-L5
Наличие облачных/управляемых услуг в портфеле операторов доменов:				
IaaS/PaaS	да/нет	2	3	-
NaaS (BoD, слои в сетях доступа)	да/нет	5	10	-
Доля облачных услуг в выручке	<1%	0	10	L0
	1-10%	1	10	L0-L1
	10-50%	5	10	L2-L3
	51-80%	15	10	L3-L4
	81-100%	20	10	L4-L5
Программно-управляемая виртуализованная инфраструктура (для операторов доменов):				
Корневые ЦОД	да/нет	2	2	-
Краевые ЦОД	да/нет	8	10	-
Транспортные и магистральные сети	да/нет	5	3	-
Сети доступа (SA 5G)	да/нет	8	10	-
Уровень загрузки ресурсов при предоставлении облачных/управляемых услуг с SLA:				
Корневые ЦОД	<10%	0	2	L0-L1
	10-60%	5	2	L2-L3
	>60%	15	2	L3-L5
Краевые ЦОД	<10%	2	10	L1
	10-50%	10	10	L2-L3
	<50%	15	10	L3-L5
Транспортные и магистральные сети	5-10%	1	5	L0-L1
	11-30%	10	5	L2-L3
	>31%	15	5	L3-L5
Сети доступа	1-5%	1	10	L0-L1
	5-15%	5	10	L2-L3
	>15%	15	10	L3-L5

Источник: J'son&Partners Consulting

Как следует из Таблицы 1, наибольший вес имеет показатель уровня операционных затрат на управление сетью и предоставление услуг относительно выручки, поскольку он представляет из себя интегральный показатель, характеризующий финансовый результат автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов. Также большим весом обладает показатель доли выручки от облачных услуг в общем объеме выручки оператора ввиду значительного влияния этого показателя на динамику выручки оператора. В технико-экономическом блоке значимыми являются показатели наличия инфраструктуры нового поколения – 5G Stand Alone и MEC, и уровня загрузки ресурсов.

Возможная расстановка операторов доменов показана на примере отдельных операторов в Таблице 2. Для корректности сравнения подобраны операторы имеющие все виды доменов, формирующих E2E-слои: сети доступа, магистральные и транспортные сети и дата-центры.

**Таблица 2. Пример расчета ранжирования для операторов доменов**

Показатель / оператор	МТС	VEON	AT&T	Verizon	Orange	Tata
Уровень операционных затрат на управление сетью и предоставление услуг относительно выручки, %	12%	14%	17%	17%	18%	16%
Наличие облачных/управляемых услуг в портфеле:						
IaaS/PaaS	да	да	да	да	да	да
SaaS	нет	нет	да	да	да	нет
Доля облачных услуг в выручке	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%
Программно-управляемая виртуализованная инфраструктура в доменах:						
Корневые ЦОД	да	да	да	да	да	да
Краевые ЦОД	нет	нет	да	да	нет	нет
Транспортные и магистральные сети	нет	нет	да	да	да	да
Сети доступа (SA 5G)	нет	нет	да	да	нет	нет
Уровень загрузки ресурсов при предоставлении облачных/управляемых услуг с SLA	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%
Корневые ЦОД	<60%	<60%	<60%	<60%	<60%	<60%
Краевые ЦОД	-	-	<10%	<10%	-	-
Транспортные и магистральные сети	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%
Сети доступа (SA 5G)	-	-	1-5%	1-5%	-	-
Интегральный ранжирование	145	145	390	390	210	210
Интегральный ранжирование в % от максимального	8%	8%	21%	21%	11%	11%
Сквозной уровень автономности и интеллектуальности	L0/L1, фрагментарно L2	L0/L1, фрагментарно L2	L1, фрагментарно L2	L1, фрагментарно L2	L0/L1, фрагментарно L2	L0/L1, фрагментарно L2

Источник: J'son&Partners Consulting

Для Orange, несмотря на заявленное партнерство с Google по MEC, домены SA 5G и MEC показаны как отсутствующие ввиду отсутствия признаков запуска сервисов SA 5G и MEC в коммерческую эксплуатацию.

Показанный в Таблице 2 интегральный ранкинг МТС и Veon – 145 очков, можно рассматривать как наименьший уровень автономности сетей «традиционных» операторов. Однако, теоретически таким уровнем является ноль очков интегрального ранкинга.

Пример ранжирования операторов сквозных слоев показан в Таблице 3. Показатели технико-экономического блока приняты равными максимальными, что означает что операторы сквозных слоев получают ресурсы от операторов доменов «по требованию».

**Таблица 3. Пример расчета ранжирования для операторов сквозных сетевых слоев**

Показатель / оператор	Akamai	Zscaler	Cloudflare	Mimecast	Proofpoint	Qualys
Уровень операционных затрат на управление сетью и предоставление услуг относительно выручки, %	9%	8%	4%	8%	7%	8%
Доля облачных услуг в выручке	81-100%	81-100%	81-100%	81-100%	81-100%	81-100%
Интегральный ранкинг	1340	1340	1840	1340	1340	1340
Интегральный ранкинг в % от максимального	73%	73%	100%	73%	73%	73%
Сквозной уровень автономности и интеллектуальности	L2/L3	L2/L3	L3	L2/L3	L2/L3	L2/L3

*Источник: J'son&Partners Consulting*

Как следует из представленных выше таблиц, более высокий уровень автоматизации и интеллектуализации операторов сквозных сетевых слоев имеет объективный характер ввиду того что:

- уже сейчас у них есть возможность использовать предоставляемые на принципах облачного сервиса логические сети и виртуализованные ресурсы, что в перспективе позволит операторам сквозных слоев не иметь физических ресурсов ни в одном из доменов;
- наличия потребности в реализации в динамике сложной логики обеспечения доступности и безопасности развернутых в сквозных слоях приложений, включая горизонтальное масштабирование геораспределенных серверов баз данных и серверов приложений, резервное копирование, восстановление после сбоя и прочие операции, реализация которых должна оптимизироваться для нахождения баланса между соблюдением требований SLA и минимизацией использования сетевых и вычислительных ресурсов, что требует, в частности, прогнозирования поведения приложений и прогнозирования доступности и стоимости ресурсов доменов.

Максимальный ранг операторы сетевых слоев получают когда доля NMS/OSS/BSS-затрат как доля от выручки падает ниже 5%, что в отдельных случаях достижимо уже на уровне автоматизации и интеллектуализации L3. Причина в том, что операторы сквозных сетевых слоев не отвечают за загрузку ресурсов доменов, что является наименее проработанной в настоящее время проблемой, требующей не только полной автоматизации (автономности), но и интеллектуализации NMS/OSS/BSS, особенно в части прогнозирования и управления спросом



(Demand Mapping на Рис. 2). Тем не менее, для операторов сквозных слоев также стоит задача прогнозирования, только не спроса, как для операторов доменов, а потребления – в виде прогнозирования поведения приложения и его потребностей в ресурсах, которые могут динамически изменяться не только по причине внесения изменений в настройки приложения, но и ввиду использования большинством разработчиков/провайдеров приложений модели DevOps, предполагающей постоянное изменение функционала и архитектуры построения приложений. Кроме того, ввиду промежуточного положения операторов сквозных слоев между операторами инфраструктурных доменов и провайдерами приложений, и, соответственно, необходимости управлять метриками высокого уровня, перспективную сферу применения искусственного интеллекта представляют не только NMS/OSS/BSS-процессы, но и реализация функционального наполнения сквозных сетевых слоев, в первую очередь в части функционала обеспечивающего кибер-безопасность развернутых в слоях приложений.

Для наиболее продвинутых операторов доменов из числа рассмотренных – AT&T и Verizon, характерно наличие высокоавтоматизированных элементов инфраструктуры – 5G SA RAN/Core и MEC, эксплуатируемой наряду с инфраструктурой предыдущих поколений, что формирует «лоскутность» автоматизации и проявляется в виде высоких удельных затрат на персонал, осуществляющий NMS/OSS/BSS-процессы. Кроме того, в отсутствие кросс-доменной оркестрации, например, оркестрации между MEC и BoD, имеет место низкий уровень загрузки ресурсов при предоставлении услуг с гарантированным SLA. Эта проблема будет наиболее сложной в решении и потребует использования всех возможностей технологий по интеллектуализации (адаптивности) NMS/OSS/BSS-процессов, включая Demand Mapping.

## 5. РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ И ТИПОВЫЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Для существующих сетей и сервисов автономные сети могут улучшить как операционную эффективность, так и качество обслуживания конечных пользователей. Благодаря управлению в замкнутом контуре и взаимодействию на основе намерений (intent-based) появляется возможность использовать интеллектуальное программное обеспечение для постоянного мониторинга и оптимизации сетей и сервисов.

Автономные сети также являются необходимым условием для многих более сложных вариантов использования. Например, в случае 5G сетей и в целом сетей с разделением контуров передачи данных и управления (SDN) топология самой сети является динамической: сервисы приложений более высокого уровня динамически изменяют свои сетевые требования точно так же, как приложения облачных вычислений эластично изменяют свои вычислительные требования. Кроме того, автономные сети могут включать такие концепции, как цифровые двойники, которые позволяют моделировать и динамически моделировать изменения в сети, чтобы снизить риск таких меняющихся требований.

Таким образом, имеет смысл выделить два типа проектов автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов: фрагментарной автоматизации, не связанной с новыми услугами, и сквозной автоматизации, целью которой является реализация новых услуг, и рассмотреть их отдельно.

Для новых услуг, новизна которых состоит в соответствии пяти характеристикам облачного сервиса, особой сложностью отличаются NMS и OSS-процессы обеспечивающие принципы самообслуживания, быстрой эластичности и гарантированного SLA, за которые отвечают платформы MANO и SDN-оркестрации, использование которых в перспективе может привести к реализации тотальной автоматизации этих процессов, то есть их автономности. Кейсы с описаниями новых услуг в основном посвящены этой части стека NMS/OSS/BSS. BSS-процессы также сложнее чем у традиционных услуг ввиду необходимости учета динамично изменяющегося потребления с высокой его детализацией (до долей секунд) и биллинга, а также в связи с необходимостью реализации модели B2B2X как базовой модели предоставления сложных композитных сервисов.

Экономический эффект от реализации кейсов новых услуг состоит в возможности предоставления таких услуг в соответствии с выдвигаемыми сегментами рынка, в частности, цифровыми индустриями, жесткими требованиями по соотношению цены, функционала, объема и SLA, то есть в обеспечении коммерческого успеха новых услуг. Для кейсов не связанных с предоставлением новых услуг экономический эффект состоит в незначительном росте маржинальности оператора/провайдера или финансовых показателей отдельных центров финансовой ответственности, в частности, служб эксплуатации сетей и служб технической поддержки.

В качестве примеров новых услуг выбраны сервисы распределенного частного (выделенного) облака, включающие инфраструктуру граничных вычислений и программно-управляемую сеть доступа (5G), как наиболее общий и наиболее сложный вид новых услуг, охватывающих как автоматизацию отдельных доменов, так и кросс-доменную оркестрацию и автоматизацию сквозных слоев, а также реализующих сложную логику обеспечения доступности и безопасности распределенных приложений.

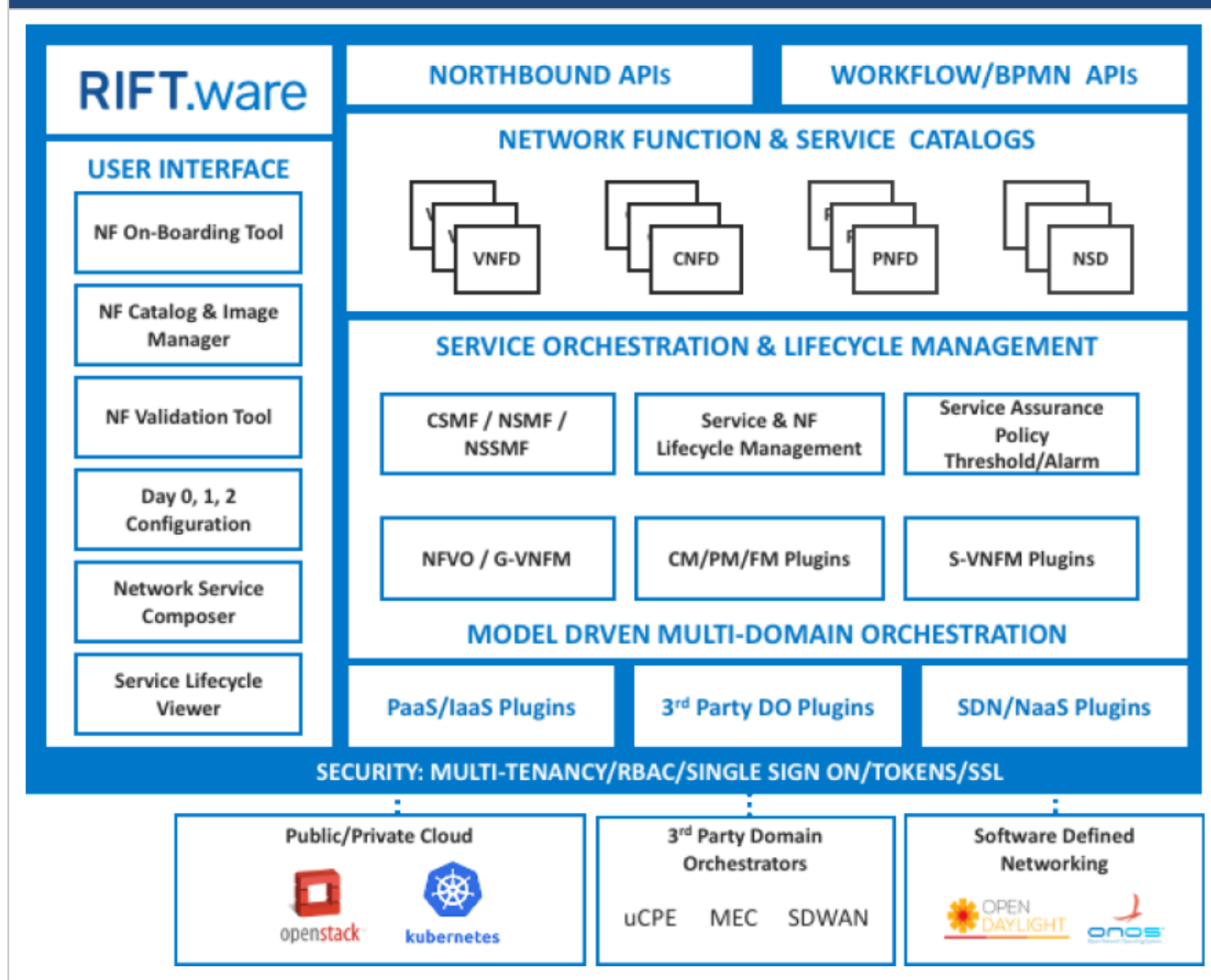
## 5.1. ПРОЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ NMS/OSS/BSS ЦЕЛЮ КТОРЫХ ЯВЛЯЕТСЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НОВЫХ УСЛУГ

### 5.1.1. AWS Wavelength (AWS в партнерстве с операторами сетей 5G)

Сервис распределенных вычислений AWS Wavelength включает в себя виртуализованные вычислительные ресурсы в корневых дата-центрах Amazon (Availability zones) и аналогичные ресурсы «на краю» в MEC-хостах операторов сетей 5G – партнеров AWS. В США, в частности, это Verizon. Заявлено что сервис ориентирован на индустриальные применения, такие как Industry 4.0 и беспилотный транспорт, а также на сервисы AR/VR.

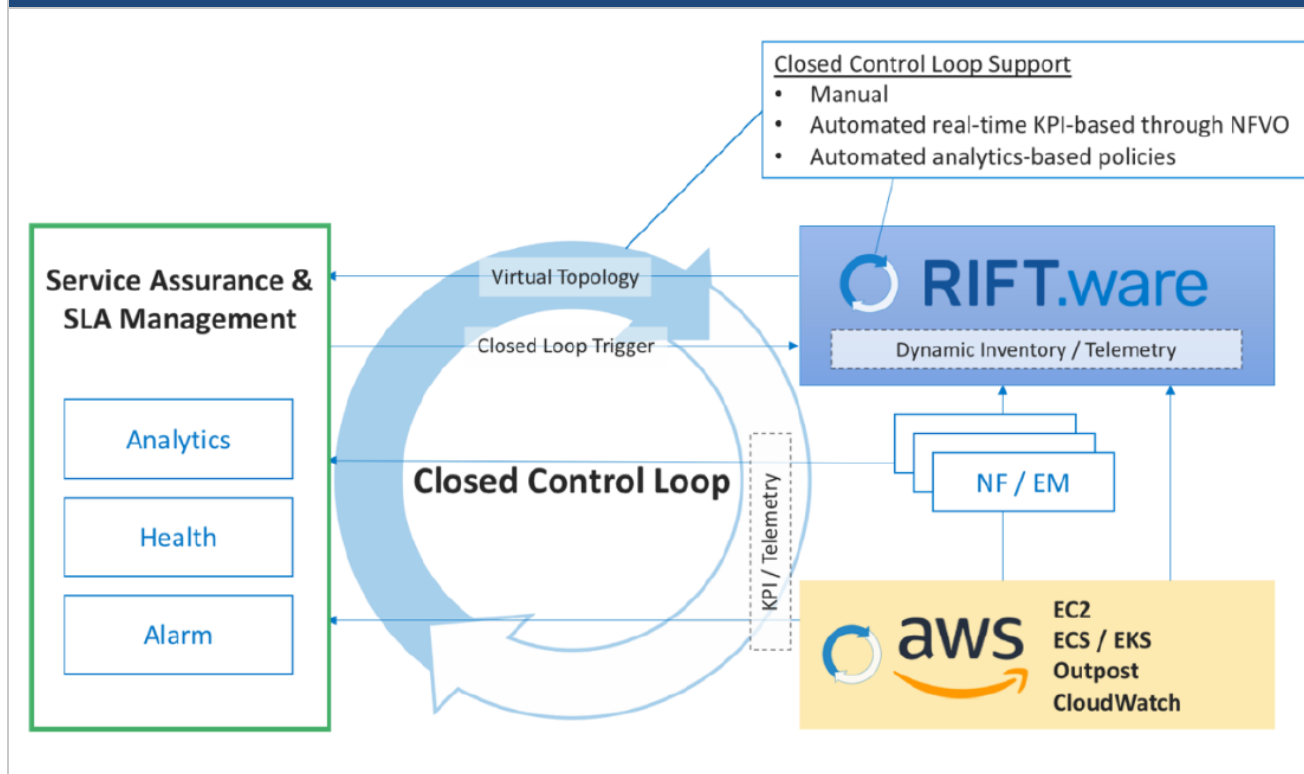
В части вычислительной инфраструктуры сервис соответствует всем характеристикам облачного сервиса, включая самообслуживание и динамическое масштабирование вычислительных ресурсов. Функциональная архитектура системы управления представлена на Рис. 45.

**Рис. 45. Функциональная архитектура системы управления для AWS Wavelength**



Источник: AWS и RIFT

Данная архитектура позволяет реализовать замкнутый цикл автономного управления сервисом и используемой для его предоставления инфраструктурой (Рис. 46).

**Рис. 46. Замкнутый автономный контур системы управления для AWS Wavelength**


Источник: AWS и RIFT

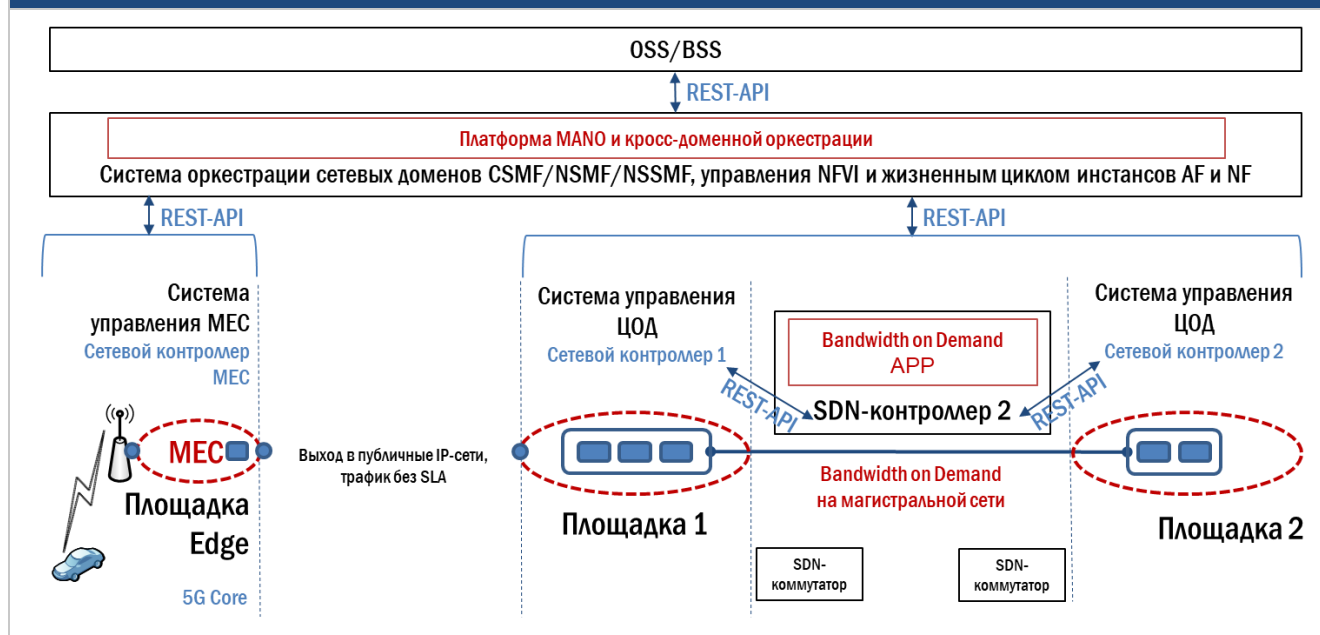
Тем не менее, следует отметить, что в настоящее время реализовано лишь фрагментарное управление доменами, задействованными в предоставлении сервиса. Так, отсутствует динамическое управление и оркестрация сетевых ресурсов, обеспечивающих связность MEC с корневыми дата-центрами, что резко ограничивает сферу применения сервиса. Трафик между MEC-хостом и корневым дата-центром (в/из MEC – через локальную UPF, local breakout), идет по публичным IP-сетям на принципах best-effort, то есть не имеет SLA (Рис. 47). При этом коммуникации между MEC-хостами запрещены. Вследствие этого недоступна динамическая балансировка нагрузки между MEC-хостом и корневыми дата-центрами и между MEC-хостами, она доступна только между корневыми дата-центрами, которые в отличие от MEC связаны между собой выделенными каналами с гарантированной задержкой и полосой пропускания. То есть SLA по доступности statefull-экземпляров распределенных приложений возможен только в сети распределенных корневых дата-центров и невозможен в краевых. Поэтому в MEC-хостах невозможно размещение statefull-экземпляров приложений, в частности серверов баз данных, о чем в явном виде указано в документации.

Глобальная инфраструктура AWS построена вокруг регионов и зон доступности AWS. Регионы AWS предоставляют несколько физически разделенных и изолированных зон доступности, которые связаны между собой сетями с низкой задержкой, высокой пропускной способностью и высокой степенью избыточности. С помощью зон доступности предоставляется возможность разрабатывать и использовать приложения и базы данных, которые автоматически переключаются между зонами без прерывания работы.

Другим ограничением является отсутствие кросс-доменной оркестрации между вычислительными доменом и сетью доступа, несмотря на то что последняя (5G RAN) – программно управляема (Рис. 47). Это не позволяет динамически распределять бюджет на

задержку между доменами меняя профиль обслуживания в RAN, и, соответственно, перемещать инстанс приложения между краевым и корневыми дата-центрами в зависимости от их загрузки и потребности приложения в вычислительной мощности.

**Рис. 47. Программное управление сетевой и вычислительной инфраструктурой AWS Wavelength, текущий облик сервиса - реконструкция на основе публичных данных**

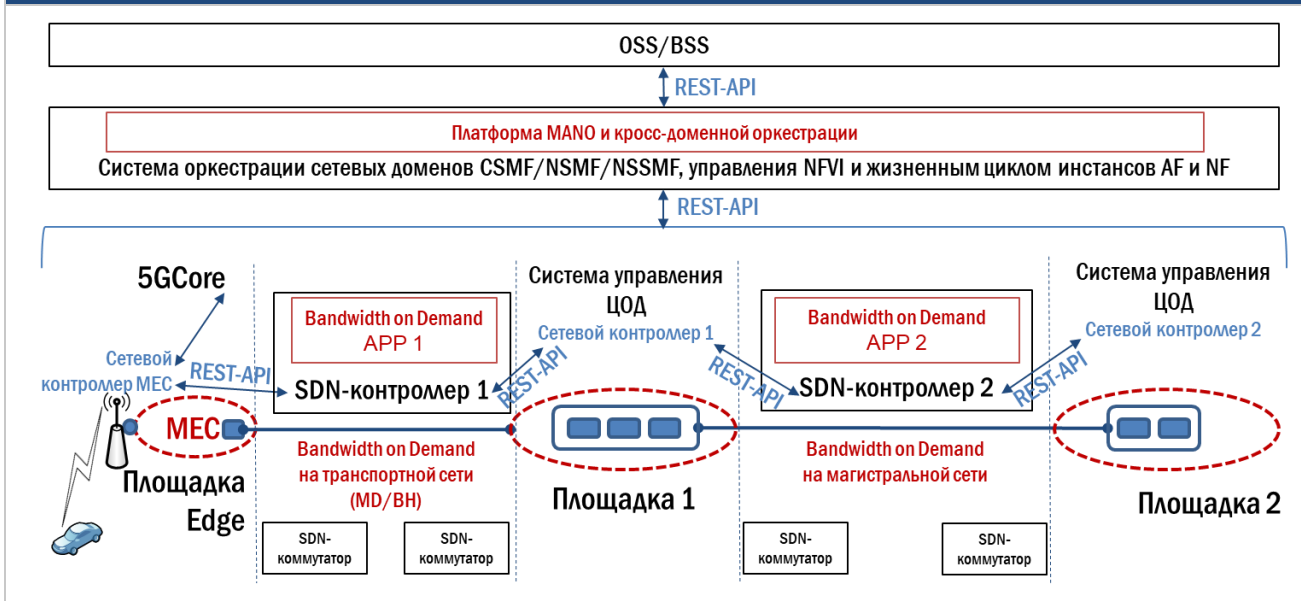


Источник: J'son&Partners Consulting на основе документации AWS и RIFT

Данные особенности текущей реализации сервиса AWS Wavelength резко ограничивают сферу применения такого распределенного облака. В настоящее время она охватывает приложения, требующие, с одной стороны, ультранизкой задержки между клиентской частью и сервером приложения, а с другой – допускающие использование stateless серверов приложений без гарантированной сетевой связности с сервером базы данных. Отметим, что основная масса приложений, включая промышленные приложения, в настоящее время требуют ровно обратного – не предъявляя жестких требований по задержке, они требуют высокого уровня безопасности и доступности сетевой и вычислительной инфраструктуры, что достигается только сквозной изоляцией трафика, применением специфического функционала и настроек средств безопасности для каждого из слоев в отдельности и динамическим масштабированием слоев без ограничений на виды дата-центров и виды сетей.

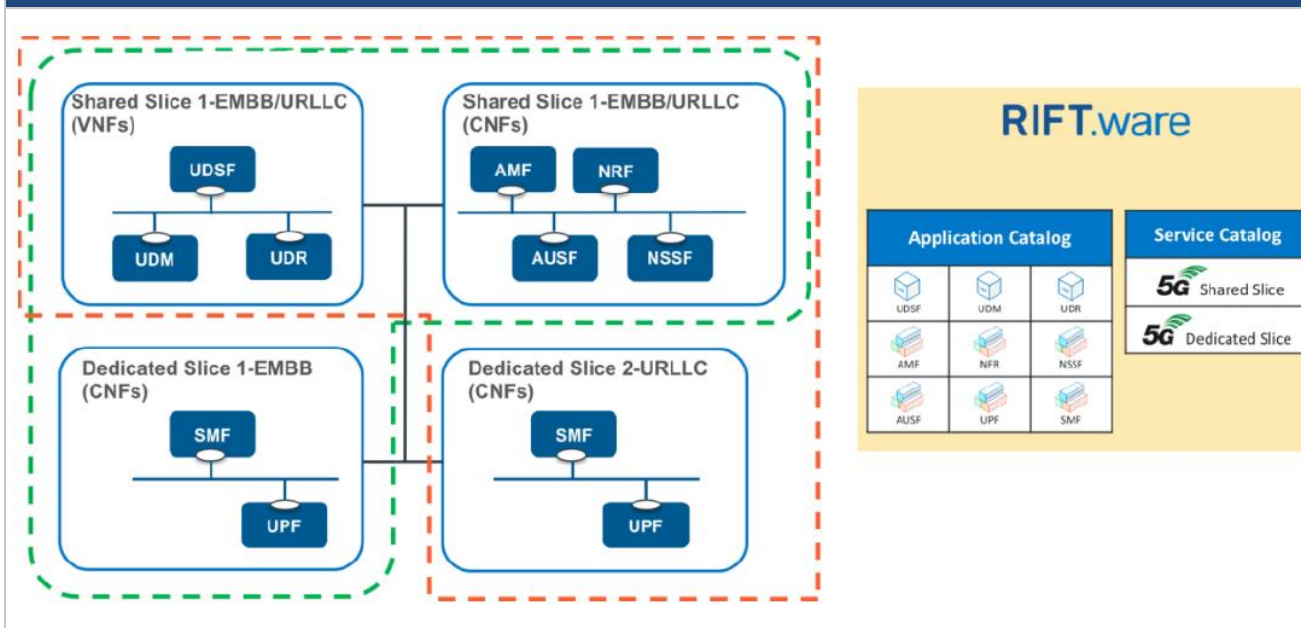
Очевидно, что текущая реализация сервиса AWS Wavelength далека от полнофункциональной, и можно ожидать, что уже в ближайшем будущем сервис будет модернизирован (Рис. 48). Вероятно, это потребует введения кросс-доменной оркестрации и использования для передачи трафика между MEC-хостами и корневыми дата-центрами услуг BoD, обеспечивающих сквозную изоляцию трафика и гарантированные параметры по пропускной способности, а в перспективе и по задержке. В частности, такой сервис – Bandwidth on Demand, уже есть у Verizon. В этом случае NMS/OSS/BSS-процессы используемые для предоставления данного сервиса можно будет классифицировать как процессы уровня L4/L5, а не уровня L2/L3 как сейчас, поскольку кросс-доменная оркестрация требует автоматической реализации функционала прогнозирования и управления спросом (Demand Mapping на Рис. 2), характеризующего максимальный (L5) уровень автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов.

**Рис. 48. Программное управление сетевой и вычислительной инфраструктурой AWS Wavelength, текущий облик сервиса - реконструкция на основе публичных данных**



Источник: J'son&Partners Consulting на основе документации AWS и RIFT

**Рис. 49. Возможность комбинирования виртуализированных служебных функций для различных инстансов сетевых слоев**



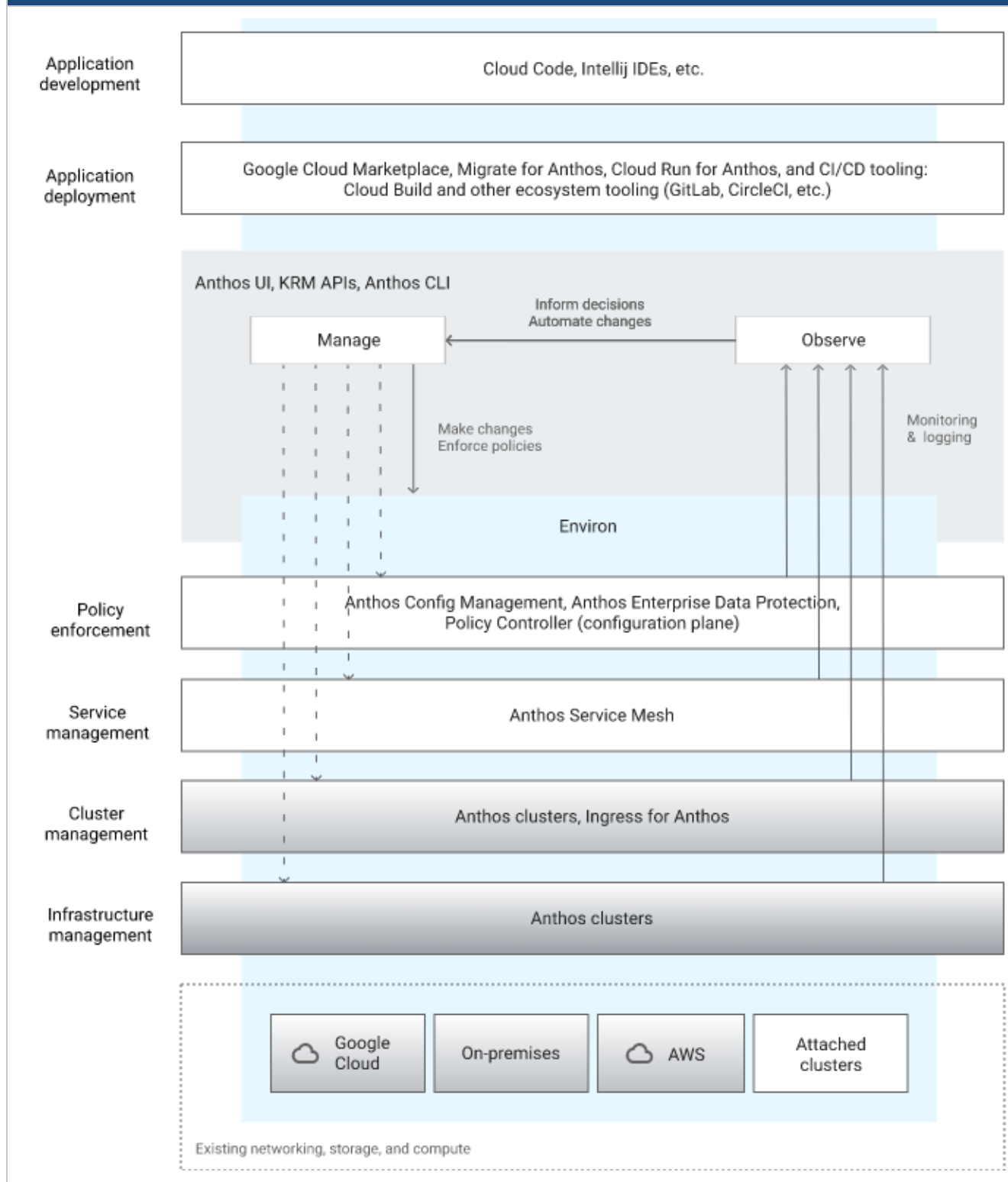
Источник: AWS и RIFT

Отметим также, что размещение существенной части NMS/OSS/BSS-сервисов для этой услуги выполнено в распределенном облаке AWS, что позволяет «привязывать» выделенные экземпляры NMS/OSS/BSS к отдельным слоям и/или комбинировать их отдельные фрагменты, как показано на Рис. 49, а также динамически перемещать не только прикладные, но и служебные экземпляры между различными дата-центрами для балансировки нагрузки на них.

### 5.1.2. Global Mobile Edge Cloud (Google в партнерстве с операторами сетей 5G)

Для автоматизации управления сервисом распределенного частного облака Global Mobile Edge Cloud, предоставляемого в партнерстве с операторами, используется платформа Anthos (Рис. 50).

**Рис. 50. Функциональная схема платформы Google Anthos используемой для автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов сервисов распределенных вычислений**



Источник: Google

Наряду с автоматизацией процессов предоставления сервисов распределенных вычислений, функционал платформы Anthos охватывает и автоматизацию процессов разработки приложений для распределенных облачных сред с упором на промышленные приложения, такие как Industry 4.0 и беспилотный транспорт, а также на сервисы AR/VR.

Основная вычислительная среда для Anthos использует кластеры Anthos, которые расширяют Google Kubernetes Engine (GKE) для использования в Google Cloud, локально или в мультиоблаке для управления Kubernetes. Функционал Anthos предоставляет возможности управления для создания, масштабирования и обновления кластеров Kubernetes. Установив и запустив Kubernetes, пользователь получает доступ к общему уровню оркестрации, который управляет развертыванием, настройкой, обновлением и масштабированием приложений.

Kubernetes состоит из двух основных частей: плоскости управления и узловых компонентов. Ниже описано, как в средах размещаются плоскость управления и узловые компоненты для GKE:

- Anthos в Google Cloud. В Google Cloud размещается плоскость управления, а сервер Kubernetes API - единственный компонент плоскости управления, доступный для клиентов (размещается на стороне заказчика). GKE управляет компонентами узлов в проекте заказчика, используя экземпляры в Compute Engine.
- Anthos on-prem. В кластерах Anthos на платформе VMware все компоненты размещаются в локальной среде виртуализации заказчика.
- Anthos на AWS. В кластерах Anthos на AWS все компоненты размещаются в среде AWS заказчика.

Пользователи могут подключать локальные и мультиоблачные кластеры различными способами. Самый простой способ - реализовать VPN типа «сеть-сеть» между средами с помощью Cloud VPN. Если пользователь предъявляет более строгие требования к задержке и пропускной способности, есть возможность выбрать между собственным выделенным сетевым каналом или партнерским выделенным сетевым каналом.

В Kubernetes сервисы состоят из множества Pod-ов, роль которых выполняют контейнеры. В архитектуре микросервисов одно приложение может состоять из множества сервисов, и каждый сервис может иметь несколько версий, развернутых одновременно. В монолитном приложении практически отсутствуют проблемы обеспечения связности его внутренних элементов, поскольку связь между ними происходит через вызовы функций, которые изолированы внутри монолита. В распределенной микросервисной архитектуре обмен данными между сервисами осуществляется по сети. Для решения проблемы обеспечения управляемости сети предлагается использовать Anthos Service Mesh на GKE или подключенных кластерах в выбранной клиентом среде. Anthos Service Mesh основан на Istio, который представляет собой реализацию Service Mesh с открытым исходным кодом. Anthos Service Mesh использует дополнительные прокси-серверы для повышения сетевой безопасности, надежности и видимости. С помощью Anthos Service Mesh эти функции абстрагируются от основного контейнера приложения и реализуются в общем внепроцессном прокси, поставляемом в виде отдельного контейнера в том же Pod.

Экосистема Kubernetes постоянно расширяется и формирует множество функций, которые можно включить поверх существующих кластеров. Для простой установки и управления сторонними приложениями клиент можете использовать Google Cloud Marketplace, который можно развернуть в кластерах Anthos независимо от того, где они работают.



Решения Cloud Marketplace имеют прямую интеграцию с существующим биллингом Google Cloud и поддерживаются напрямую поставщиком программного обеспечения.

В каталоге решений Cloud Marketplace можно найти:

- решения для систем хранения,
- базы данных,
- инструменты непрерывной интеграции и развертывания ПО,
- решения для мониторинга,
- инструменты для обеспечения информационной безопасности.

В марте 2020 года корпорация Google объявила о своей всеобъемлющей стратегии Global Mobile Edge Cloud (GMEC), направленной на создание «портфеля и рынка решений 5G, созданных совместно с телекоммуникационными компаниями». Первым шагом на пути реализации этой стратегии стал запуск сервиса Google Global Mobile Edge Cloud. Как показано выше, сервис включает в себя виртуализованные вычислительные ресурсы в корневых дата-центрах Google и аналогичные ресурсы «на краю» в MEC-хостах операторов сетей 5G – партнеров AWS. В США, в частности, это AT&T. Примечательно, что партнерство Google с AT&T охватывает не только совместное предоставление сервисов распределенных вычислений, но и использование AT&T возможностей Google, в частности платформы Anthos, для автоматизации и интеллектуализации своих NMS/OSS/BSS-процессов.

В Европе заявлено партнерство Google с Orange и Telefonica, но в коммерческой эксплуатации сервиса GMEC в Европе пока нет.

Наряду с развитием коммерческих сервисов распределенных вычислений совместно с операторами связи, Google принимает активное участие в научно-исследовательских программах по тематике автономных интеллектуальных сетей. Так, в частности, Google выступил соинвестором запущенной в 2021 году долгосрочной программы Resilient & Intelligent NextG Systems (RINGS)<sup>17</sup>, целью которой является разработка технологий и междисциплинарных подходов к практической реализации концепции устойчивой автономной сети. Вместе с Google соинвесторами программы выступают Microsoft, IBM, Intel, Qualcomm, Ericsson, Nokia, VMware и Apple, а команды исследователей формируются на базе исключительно североамериканских университетов.

---

<sup>17</sup> [https://www.nsf.gov/funding/pgm\\_summ.jsp?pims\\_id=505904](https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=505904)

### 5.1.3. Azure Edge Zones with Carrier (Microsoft Azure с операторами сетей 5G)

Сервис Azure Edge Zones with Carrier является комплексным и объединяет портфель вычислительных, сетевых и прикладных служб Microsoft, управляемых из облака. Сервис включает в себя виртуализованные вычислительные ресурсы в корневых дата-центрах MS Azure и аналогичные ресурсы «на краю» в MEC-хостах операторов сетей 5G – партнеров MS Azure.

MS Azure реализует следующие службы управления сетевой инфраструктурой:

- Диспетчер сетевых функций Azure (NFM): Azure NFM позволяет развертывать сетевые функции на периферии с помощью согласованных инструментов и интерфейсов Azure. Данная служба позволит, например, развернуть систему управления сетевых функций SD-WAN в Azure Stack Edge.
- Kubernetes с поддержкой Arc: Kubernetes с поддержкой Azure Arc позволяет подключать и настраивать кластеры Kubernetes, расположенные внутри или вне облачной инфраструктуры Azure. Kubernetes с поддержкой Azure Arc работает с любыми кластерами Kubernetes, сертифицированными Cloud Native Computing Foundation (CNCF).

В настоящее время сервис не соответствует всем пяти характеристикам «облачности». Так, невозможен заказ услуги на принципе самообслуживания – необходимо обращаться в службу продаж, возможности быстрой эластичности и гарантированного SLA также ограничены.

Механизмы быстрой эластичности тесно связаны с особенностями архитектуры современных многозвенных (многоуровневых) приложений, которые могут быть развернуты как на физических серверах, так и в виртуальных машинах (IaaS) и контейнерах (PaaS). В многоуровневом приложении развернутом в IaaS каждый уровень работает на отдельном наборе виртуальных машин. Веб-уровни и бизнес-уровни не имеют состояния, что означает, что любая виртуальная машина на этих уровнях может обрабатывать любой запрос для соответствующего уровня. Уровень данных - это реплицированная база данных, хранилище объектов или хранилище файлов. Несколько виртуальных машин на каждом уровне обеспечивают отказоустойчивость в случае отказа одной виртуальной машины, а подсистемы балансировки нагрузки распределяют запросы между виртуальными машинами.

Если соглашение об уровне обслуживания (SLA) для развернутого в IaaS приложения требует доступности >99%, то необходимо размещать виртуальные машины в группах доступности, зонах доступности и группах размещения в непосредственной близости. Выбор конкретной конфигурации остается за владельцем приложения.

Azure предлагает следующую логику выбора конфигурации обеспечения доступности (Рис. 51), где:

- Availability sets (ASs) обеспечивают избыточность и доступность виртуальных машин в центре обработки данных, распределяя виртуальные машины по нескольким изолированным аппаратным узлам. Подмножество виртуальных машин продолжает работать во время плановых или внеплановых простоев, поэтому все приложение остается доступным и работоспособным.

- Availability zones (AZs) – это уникальные физические местоположения, которые охватывают центры обработки данных в регионе Azure. Каждая зона доступности имеет доступ к одному или нескольким центрам обработки данных, которые имеют независимое питание, охлаждение и сеть, и каждый регион Azure с поддержкой зоны доступности имеет как минимум три отдельных зоны доступности. Физическое разделение зон доступности в пределах региона защищает развернутые виртуальные машины от сбоя центра обработки данных.



Источник: Microsoft

Представленная на Рис. 51 блок-схема выбора конфигурации развертывания приложения отражает принцип, согласно которому приложения высокой доступности (High Availability, HA) должны по возможности использовать зоны доступности. Межзональный и, следовательно, между центрами обработки данных, HA обеспечивает >99,99% SLA из-за устойчивости к сбоям центра обработки данных.

ASs и AZs для разных уровней приложений не гарантируется нахождение в одних и тех же центрах обработки данных. Если задержка между элементами приложения является основной проблемой, рекомендуется разместить службы в одном центре обработки данных, используя группы размещения поблизости (PPG) с зонами доступности и автономными системами.

Кроме того, как следует из документации, до недавнего времени единственный вариант масштабирования распределенного приложения назывался Uniform Orchestration и допускал динамическое масштабирование только stateless-экземпляров приложений, то есть был доступен только для уровней серверов доступа и серверов приложений. Режим Flexible Orchestration, позволяющий динамически масштабировать экземпляры statefull-приложений (серверов баз данных), находится в стадии тестирования пользователями и по нему не предоставляется SLA. Очевидно, что этот режим пока недоступен и для Edge Zones. Соответственно, ограничения на виды нагрузки в Edge Zones те же самые что и у AWS. А без масштабирования/резервирования не достигается стандартный SLA Azure по доступности – 99,95%. Следовательно, критичные к высокой доступности нагрузки пока не могут быть размещены в краевых дата-центрах, что резко ограничивает сферу применения распределенных облачных сред, включающих краевые вычисления.

Данное ограничение демонстрирует всю сложность масштабирования statefull-экземпляров приложений даже между большими дата-центрами, и можно предположить, что без кросс-доменной оркестрации между вычислительными и сетевыми доменами сделать это не удастся ни технически, ни экономически. То есть кросс-доменная оркестрация – это способ реализовать облачные характеристики в части быстрой эластичности для statefull-нагрузок и гарантированного SLA по доступности.

Также следует обратить внимание на то, что пока отсутствует возможность балансировки нагрузки на большие расстояния (long-distance balancing) для active-active нагрузок – масштабирование доступно только в пределах либо одной Availability Zone, то есть одного разделенного на модули дата-центра или нескольких близко расположенных дата-центров, либо максимум региона, то есть нескольких дата-центров в одном регионе, соединенных выделенными каналами с гарантированной задержкой и пропускной способностью. В другом регионе может храниться только резервные копии для восстановления приложения после сбоя, то есть реализовываться сценарий не чувствительный к задержкам.

Тем не менее представляется очевидным, что по мере развития сотрудничества MS Azure с операторами связи эти ограничения на масштабирование приложений и обеспечение их высокой доступности будут сняты. Более того, появление сервиса распределенных вычислений и платформы оркестрации стало важной вехой в изменении характера взаимоотношений MS Azure с операторами связи и позволила Microsoft говорить о наличии у компании комплексного платформенного предложения для операторов, которое получило название MS Azure for operators (Рис. 52). Операторы могут использовать возможности граничных вычислений, сетевых сегментов и открытых API-интерфейсов для предоставления новых услуг в огромном масштабе пользователям и устройствам. Платформенный набор сервисов разработан для дополнения существующих активов оператора, позволяя операторам выбирать полные решения или только те элементы, которые им нужны.

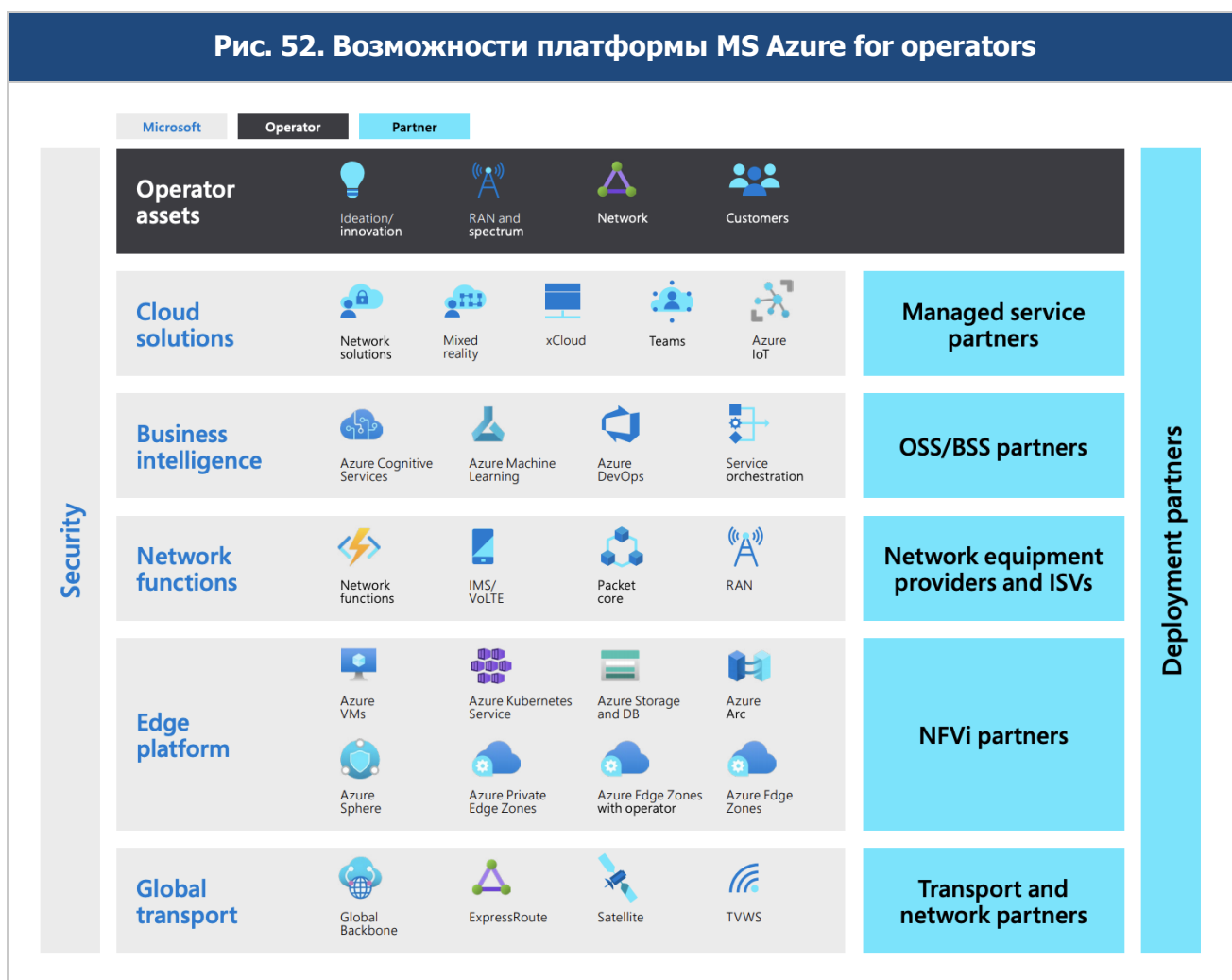
Используя разработки недавно поглощенных Microsoft компаний Metaswitch Networks и Affirmed Networks, платформенный пакет сервисов MS Azure for operators включает в себя:

- Global transport. Microsoft располагает собственной магистральной сетью объединяющей дата-центры компании (170 точек присутствия) и подключенной к точкам обмена трафиком присутствия (более 20 тыс. пиринговых соединений), что позволяет пользователям подключать свои корпоративные сети к службам Azure. Кроме того, предлагается использовать сервисы VoD операторов-партнеров MS Azure.
- Edge Computing. Платформа Azure поддерживает различные возможности по размещению: на границе предприятия, на границе сети, в ядре сети или в облаке (гиперскейл дата-центрах), оптимизированные для поддержки местоположения, в котором они развернуты и обеспечивающие общую структуру управления для виртуальных машин и контейнерных служб, поддержку DevOps и контроль безопасности.
- Network Functions. Платформа MS Azure for operators предоставляет выбор собственных и сторонних cloud native сетевых функций для поддержки современных решений для мобильных пакетных ядер, голосовых и межсетевых сервисов, пограничного межсетевого контроля и сетей радиодоступа.
- Business Intelligence. Создавая свои сервисы на базе платформы MS Azure for operators, операторы могут получить доступ к возможностям бизнес-аналитики, что позволит

операторам анализировать закономерности и оптимизировать результаты практически в реальном масштабе времени.

- Cloud. Облако Azure является домом для мощной среды разработки, тестирования и развертывания новых приложений и получения аналитической информации из первичных данных. Операторы могут по-разному взаимодействовать с облаком. Некоторые предпочтут приобретать отдельные сетевые функции как локальные решения или как размещенные функции в облаке, в то время как другие могут потреблять больше сквозных услуг, и услуг «по запросу» от Microsoft по мере роста своего бизнеса.

**Рис. 52. Возможности платформы MS Azure for operators**



Источник: Microsoft

В рамках продвижения платформы MS Azure for operators Microsoft объявила о планах сотрудничества с телекоммуникационными компаниями в развертывании сетей 5G. Так, в июне 2021 года AT&T объявила о переводе ядра своей мобильной сети 5G в облако Microsoft Azure. Это означает что трафик в сети 5G AT&T будет управляться из облака MS Azure. Сделка представляет собой первую крупную победу Microsoft на рынке телекоммуникаций с ее платформой Azure for operators. Кроме того, в рамках данного контракта Microsoft приобретет платформу Network Cloud операторского класса AT&T, разработанную внутри оператора для работы его базовой сети 5G, а группа разработчиков платформы AT&T Network Cloud получит предложения присоединиться к Microsoft. Также Microsoft приобретет программное обеспечение AT&T для проектирования и управления жизненным циклом, используемое для разработки и развертывания облака операторского уровня, которое запускает контейнерные или виртуализированные сетевые

сервисы. Microsoft делает платформу доступной для использования другими операторами связи через MS Azure for operators и инвестирует в развитие экосистемы вокруг этой платформы, чтобы упростить и ускорить перенос сетевых рабочих нагрузок в облако.

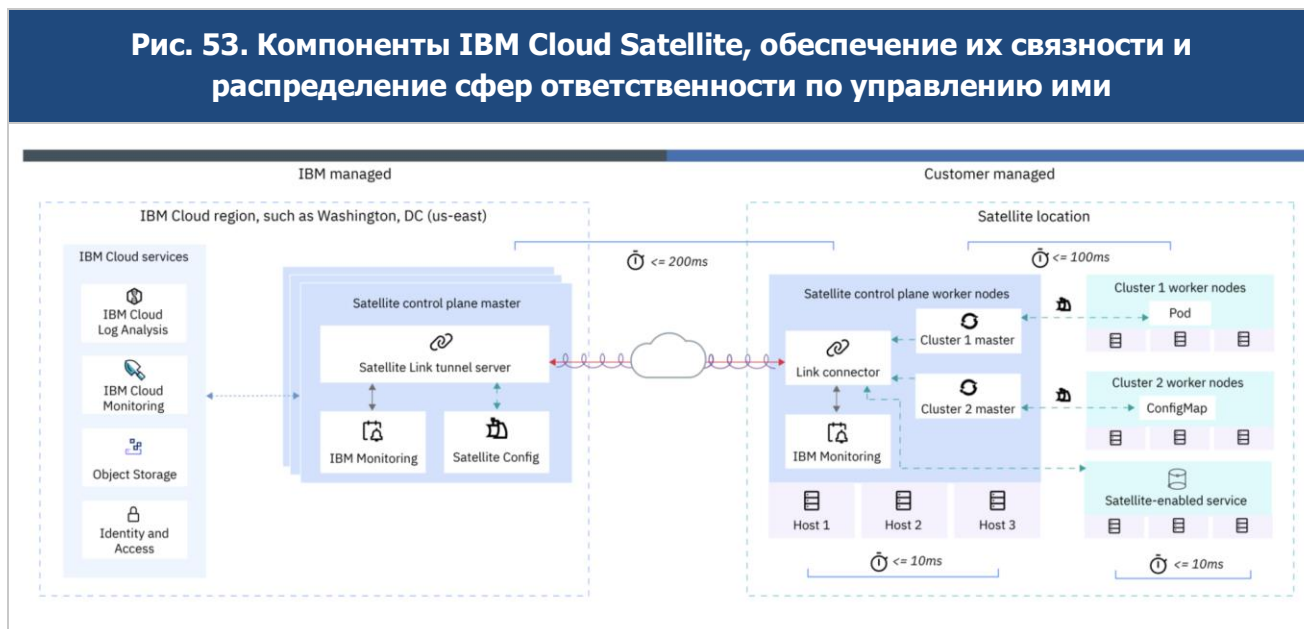
В результате данной сделки AT&T рассчитывает существенно снизить затраты на проектирование и разработку новых сервисов, а также планирует воспользоваться преимуществами доступа к облаку, искусственному интеллекту и технологиям граничных вычислений Microsoft. Для Microsoft сделка позволяет создать полноценную платформу для управления новыми услугами операторов связи. Этот шаг поможет Microsoft догнать конкурента - Amazon Web Services, который уже объявил о нескольких сделках по размещению сетей 5G в своем облаке.

В рамках развития портфеля сервисов Microsoft для частных сетей 5G объявлено о соглашении с Samsung. Заявлено что обе компании планируют продвигать виртуализацию решений 5G, включая развертывание технологий Samsung Virtualized RAN, виртуализированного ядра и пограничных вычислений (MEC) в Microsoft Azure. По мнению Samsung, цель соглашения состоит в том, чтобы добиться большей экономической эффективности при развертывании 5G, снизив барьер для входа в частные сети 5G в предприятий реальной сферы экономики.

### 5.1.4. IBM Cloud Satellite

Сервис IBM Cloud Satellite позволяет компаниям использовать набор облачных сервисов, таких как искусственный интеллект (ИИ), облачная безопасность и автоматизация жизненного цикла сервисов, независимо от того, где находятся их рабочие нагрузки - в публичном или частном облаке, локально или на границе (Edge).

На Рис. 53 показаны основные компоненты IBM Cloud Satellite и их взаимодействие друг с другом.



Источник: IBM

Хосты, которые присоединяются к плоскости управления местоположением IBM Satellite, должны иметь соединение с низкой задержкой, не превышающее 200 миллисекунд ( $\leq 200$  мс), время приема-передачи (RTT) в регион IBM Cloud. По мере увеличения задержки оказывается влияние на производительность, в том числе на пропускную способность канала, время предоставления услуг, время восстановления после сбоя хоста и, в крайних случаях, доступность ресурсов.

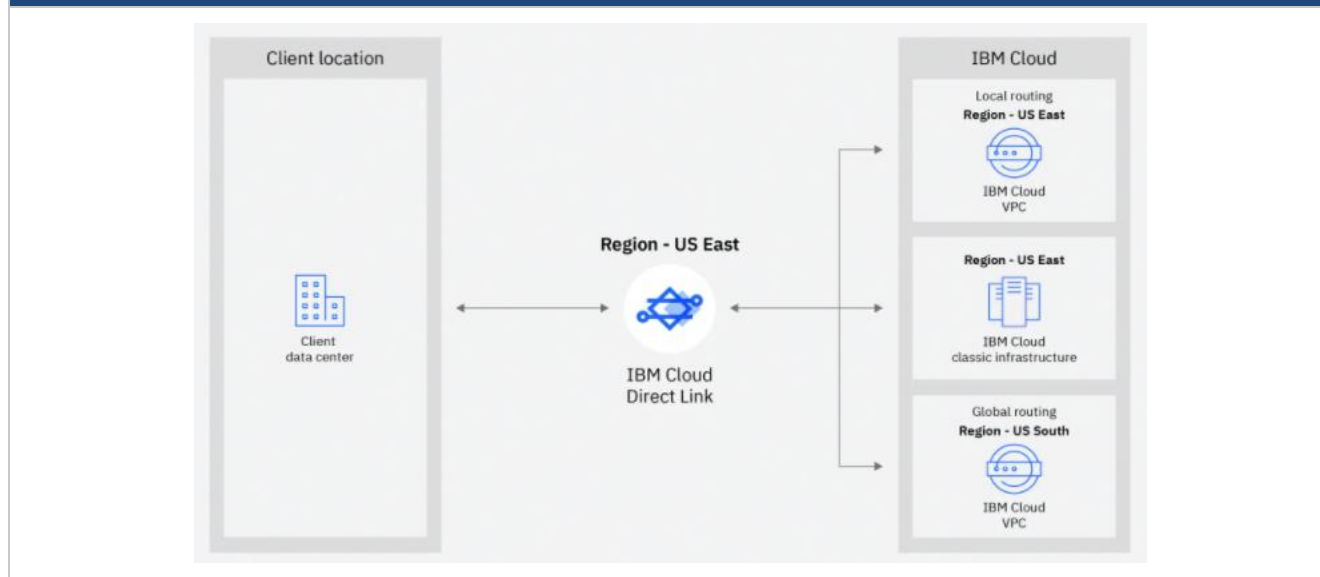
Для обеспечения высокой доступности разворачиваемых в распределенном облаке приложений IBM Cloud предоставляет так называемые многозональные регионы (MZR) - три или более независимых друг от друга зоны доступности, позволяющие гарантировать, что любые сбои, связанные с ЦОД и его инфраструктурой затронут одновременно только одну зону (Рис. 54). При этом данный подход требует более высокую скорость соединения и надежность соединения между центрами обработки данных для клиентских ресурсов. Для решения этой проблемы в 2021 году IBM объявила о запуске сервиса IBM Cloud Direct Link 2.0<sup>18</sup> во всех шести MZR (Даллас, Вашингтон, округ Колумбия, Лондон, Франкфурт, Сидней, Токио). С помощью сети Direct Link клиенты могут подключать локальные инфраструктуры к ресурсам IBM Cloud не используя публичный Интернет. Предоставляется возможность удаленного получения полосы пропускания по запросу.

Сервис IBM Cloud Direct Link 2.0 реализован как с использованием емкости собственной магистральной сети IBM и точек обмена трафиком, так и через партнерства с операторами связи, запустившими в коммерческую эксплуатацию сервисы VoD, предоставляемые IBM как сервис IBM

<sup>18</sup> <https://cloud.ibm.com/docs/dl?topic=dl-models-for-diversity-and-redundancy-in-direct-link>

Direct Link Connect 2.0. В частности, в США основным провайдером BoD для сервиса Direct Link Connect 2.0. выступает AT&T с сервисом NetBond<sup>19</sup>.

**Рис. 54. Обеспечение сетевой связности распределенных компонент IBM Cloud Satellite с использованием сервиса IBM Direct Link Connect 2.0.**



Источник: IBM

Ключевые особенности IBM Cloud Direct Link 2.0:

- Поддержка нескольких виртуальных частных облаков (VPC) с классическим доступом или без него в одной учетной записи.
- Улучшенные параметры BYOIP (Bring Your Own IP) с VPC для создания встроенного соединения между локальной средой и IBM Cloud.
- Поддержка подключений к нескольким учетным записям IBM Cloud через VPC.
- Биллинг с использованием гибкой тарификации, снижающей порог входа в IBM Cloud.
- Улучшенный пользовательский интерфейс (UX) через подключения Direct Link с расширенной инвентаризацией и видимостью состояния маршрутизаторов.

Direct Link 2.0 в настоящее время предлагает два варианта подключения - Direct Link Dedicated и Direct Link Connect:

- Direct Link Dedicated — это однопользовательское кросс-соединение на основе оптоволокна, которое обеспечивает подключение частной сети пользователя к IBM Cloud. Это предложение также используется центрами размещения, расположенными рядом с точками присутствия (PoP) IBM Cloud и центрами обработки данных. Клиенты могут выбрать скорость 1, 2, 5 или 10 Гбит/с.
- Direct Link Connect позволяет клиентам использовать поставщика услуг для быстрого установления и доставки подключения к местоположениям IBM Cloud. Эти провайдеры уже подключены к сети IBM Cloud с помощью каналов с высокой пропускной

<sup>19</sup> <https://cloud.ibm.com/docs/dl?topic=dl-how-to-order-ibm-cloud-dl-connect>



способностью. Клиенты могут выбирать между скоростью 50, 100, 200 и 500 Мбит/с или 1, 2 и 5 Гбит/с.

Скорости 5-10 Гбит/с необходимы для обеспечения связности распределенных серверов баз данных и/или серверов приложений с серверами баз данных, то есть для реализации распределенного backend высоконагруженных приложений.

IBM использует партнерства с операторами не только для обеспечения связности элементов распределенного облака IBM Cloud Satellite, но и для продвижения этого сервиса на рынок. Так, одним из партнеров IBM по продвижению сервиса Cloud Satellite выступает оператор Colt. В рамках партнерства с IBM Colt будет использовать модель предоставления сетевых услуг IBM «по требованию» и возможности интеграционного подразделения IBM Global Business Services в сочетании с собственными сервисами нового поколения, в частности Colt DCA On Demand.

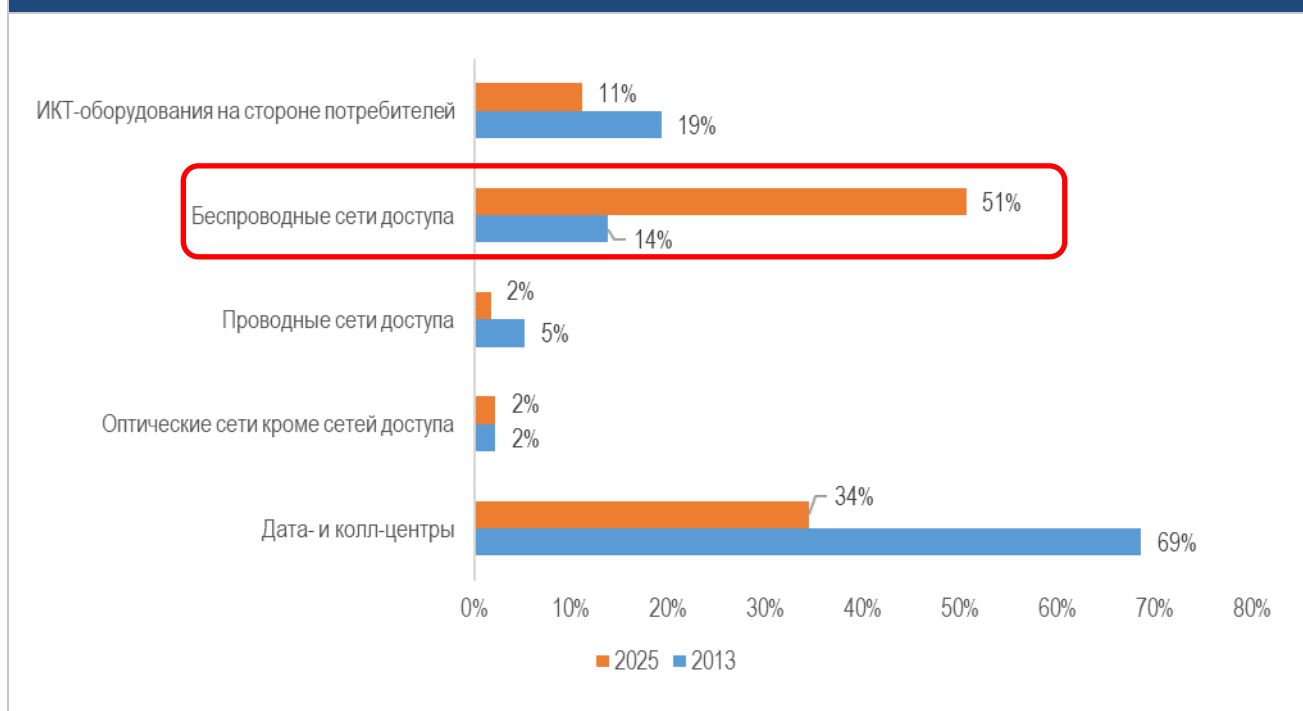
Другим примером партнерства IBM с операторами является разработанный совместно с Lumen сервис распределенных вычислений, позволяющий развертывать приложения с интенсивным использованием данных, такие как видеоаналитика, в распределенных средах, таких как офисы и торговые помещения, и пользоваться преимуществами инфраструктуры, рассчитанной на задержку в несколько миллисекунд. Поскольку приложение может быть размещено в Red Hat OpenShift через IBM Cloud Satellite в непосредственной близости от периферийного местоположения, камеры и датчики могут работать почти в реальном времени, что помогает повысить качество и безопасность. Кроме того, клиенты из разных регионов могут лучше решать проблемы суверенитета данных, развертывая эту вычислительную мощность ближе к месту создания данных.

## 5.2. ПРОЕКТЫ ФРАГМЕНТАРНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ NMS/OSS/BSS НЕ СВЯЗАННЫЕ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ НОВЫХ УСЛУГ

### 5.2.1. Оптимизация утилизации и энергопотребления RAN, оптимизация долгосрочного планирования развития сети

Согласно оценкам исследователей (Рис. 55)<sup>20</sup>, по состоянию на 2013 год в структуру энергопотребления ИКТ-оборудования основной вклад вносили дата- и колл-центры – суммарно 69%, а также ИКТ-оборудование размещаемое на стороне 2B и 2C-потребителей (on-premise) – 19%. Среди видов оборудования сетей связи, общий вклад которых в ИКТ-энергопотребление составляет 21%, по показателю энергопотребления лидировал RAN – 14% от общего ИКТ-энергопотребления и 67% от энергопотребления оборудования WAN. Энергопотребление проводных сетей доступа составляло 5% от общего ИКТ-энергопотребления и 24% от энергопотребления оборудования WAN, в основном по причине широкого использования в 2013 году оборудования xDSL, DOCSIS и другого оборудования в качестве среды передачи использующего медные кабели. Энергопотребление оптических сетей на этом фоне практически незаметно (2%).

**Рис. 55. Оценка глобальной структуры энергопотребления ИКТ-оборудования, факт за 2013 г., прогноз на 2025 г.**



Источник: исследование «Greener energy-efficient and sustainable networks: State-of-the-art and new trends»

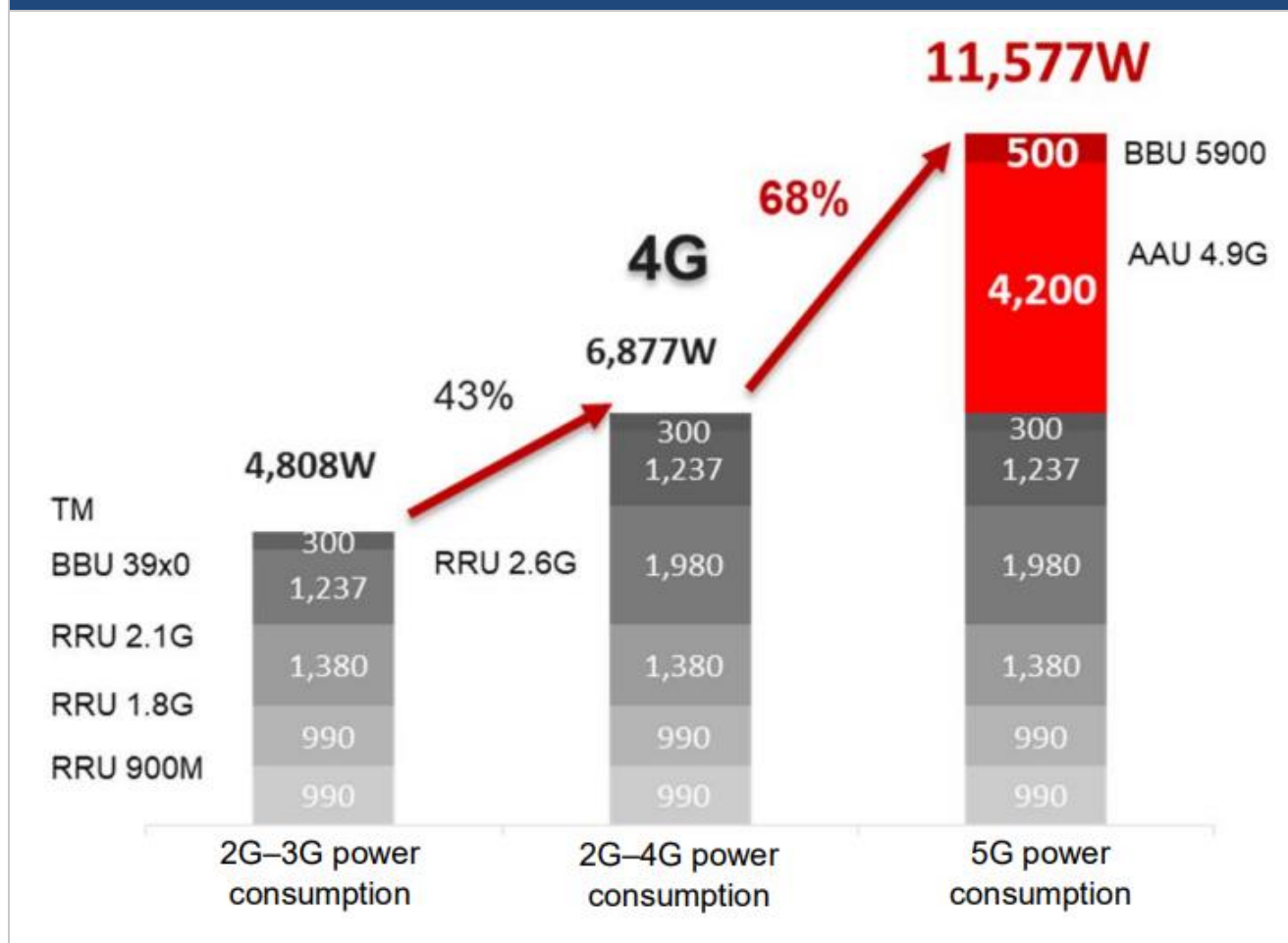
По мере эволюции мобильных сетей от 2G к LTE пиковое энергопотребление БС неуклонно росло в связи с увеличением количества частотных диапазонов и скоростей передачи данных (Рис. 52). Это, в свою очередь, потребовало от операторов применения различных методов оптимизации режимов эксплуатации БС, в частности, удаленного включения/выключения оборудования БС в

<sup>20</sup> J. Lorincz, A. Capone and J. Wu, "Greener energy-efficient and sustainable networks: State-of-the-art and new trends", Sensors, vol. 19, no. 22, pp. 48-64, Nov. 2019.

зависимости от текущей нагрузки. Так, например, China Mobile за счет использования данного подхода добилась экономии 36 млн. кВт за период с 2009 года<sup>21</sup>. Аналогичные решения были использованы и другими операторами.

В целом в результате предпринимаемых операторами мобильных сетей мер в последние годы в мире практически отсутствовал рост энергопотребления RAN: с 2015 по 2020 гг. глобальное энергопотребление RAN выросло с 77 лишь до 86 ТВт при пятикратном росте плотности размещения БС – с 8-10 БС на км<sup>2</sup> до 40-50 БС на км<sup>2</sup>. По данным Huawei, среднемировой уровень затрат на электроэнергию операторов мобильных сетей варьируется в широком диапазоне значений - 1-8% от выручки, что соответствует 2-12% в структуре операционных затрат<sup>22</sup>. По данным Analysis Mason, ежегодные затраты операторов мобильных сетей связи на электроэнергию составляют глобально 25 млрд. долл., что соответствует 3% от выручки мобильных операторов в 2020 году. Таким образом, среднее значение уровня затрат на электроэнергию операторов RAN равно 3% от выручки и 5% от общего размера операционных затрат.

**Рис. 56. Динамика пикового энергопотребления типовой базовой станции стандартов 2G-3G, LTE и 5G.**



В расчете на передачу единицы данных сети 5G более энергоэффективны нежели сети LTE. Тем не менее, переход на RAN стандарта 5G и развертывание MEC на базовых станциях повышает

<sup>21</sup> <https://arxiv.org/pdf/1703.09875.pdf>

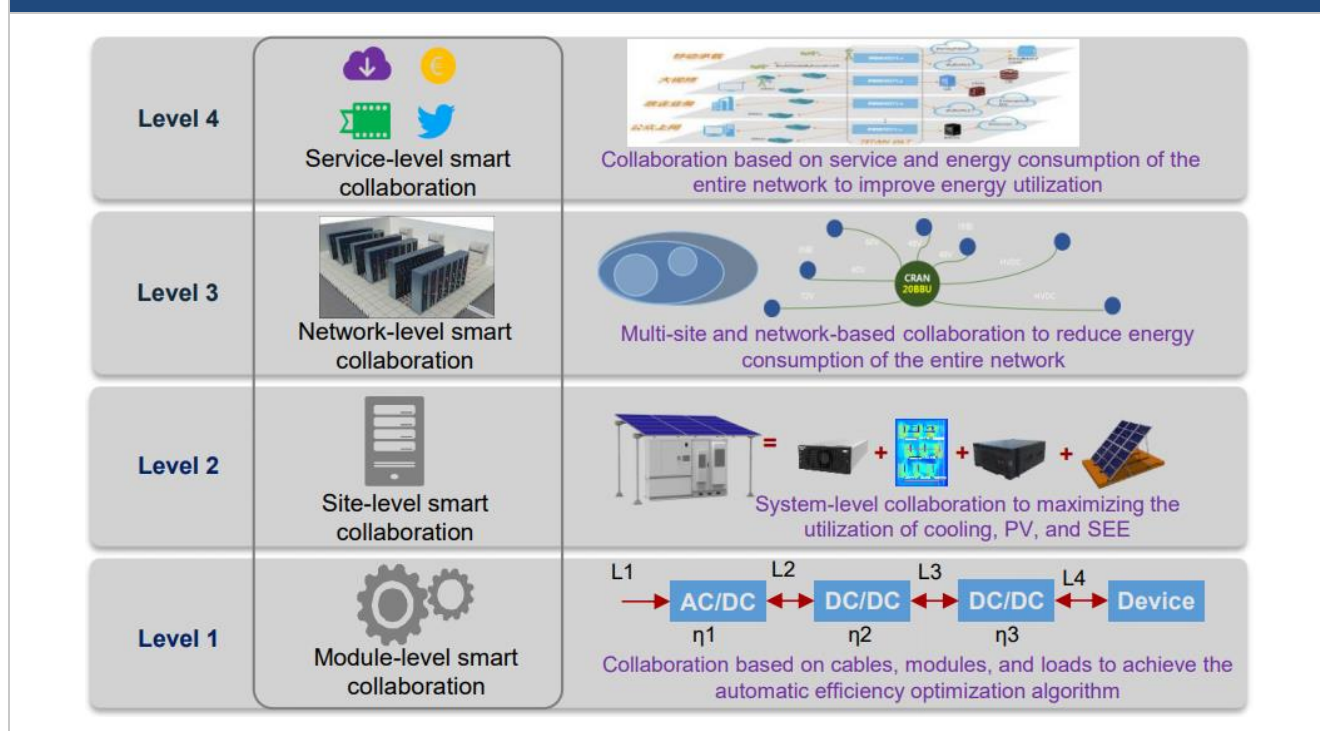
<sup>22</sup> OPEX = Revenue - EBITDA, в среднем составляющая 35%.

приоритет решения задачи снижения энергопотребления оборудования, развернутого на площадках базовых станций и предоставляет новые возможности для ее решения. Так, по данным Huawei, спроектированные под резкий рост скорости передачи данных на абонента и увеличение количества подключенных устройств, базовые станции 5G имеют энергопотребление в пике на 68% выше чем у базовых станций стандарта LTE (Рис. 56). Наряду с увеличением плотности размещения сайтов и ростом продолжительности периодов пиковой нагрузки ввиду роста объемов передачи данных это может привести к росту доли энергопотребления RAN в 3,7 раза в 2025 году относительно 2013 года, что сделает RAN основным ИКТ-потребителем электроэнергии с долей почти в 51% (Рис. 55) и увеличит затраты операторов мобильных сетей на электроэнергию с 3% до 11% от выручки. Ситуация усугубляется необходимостью развертывания MEC-хостов, в том числе непосредственно на площадках размещения базовых станций, то есть как элемента сайта 5G RAN.

Как показано в Разделе 2.3., рост пикового энергопотребления 5G RAN в расчете на базовую станцию (сайт), особенно в конфигурации сайта с MEC, может трансформироваться и в рост удельного энергопотребления в расчете единицу переданных данных. Причина в том, что введение сетевых слоев при статическом выделении ресурсов слоям ухудшает возможности мультиплексирования трафика в периферийных узлах, какими являются сайты базовых станций, при этом фактически неиспользуемая емкость не может быть отключена ввиду требований SLA. Аналогичная картина наблюдается и для MEC-хостов – в отсутствие сложных алгоритмов балансировки нагрузки между MEC-хостами и корневыми дата-центрами средняя загрузка CPU в MEC-хостах будет примерно в 10 раз ниже чем в корневых дата-центрах.

Таким образом, задача оптимизации энергопотребления RAN является комплексной и требует использования всех возможностей, предоставляемых новыми принципами построения RAN и концепцией автономных сетей.

**Рис. 57. Оптимизация энергопотребления RAN как комплексная задача требующая использования технологий автономных сетей**



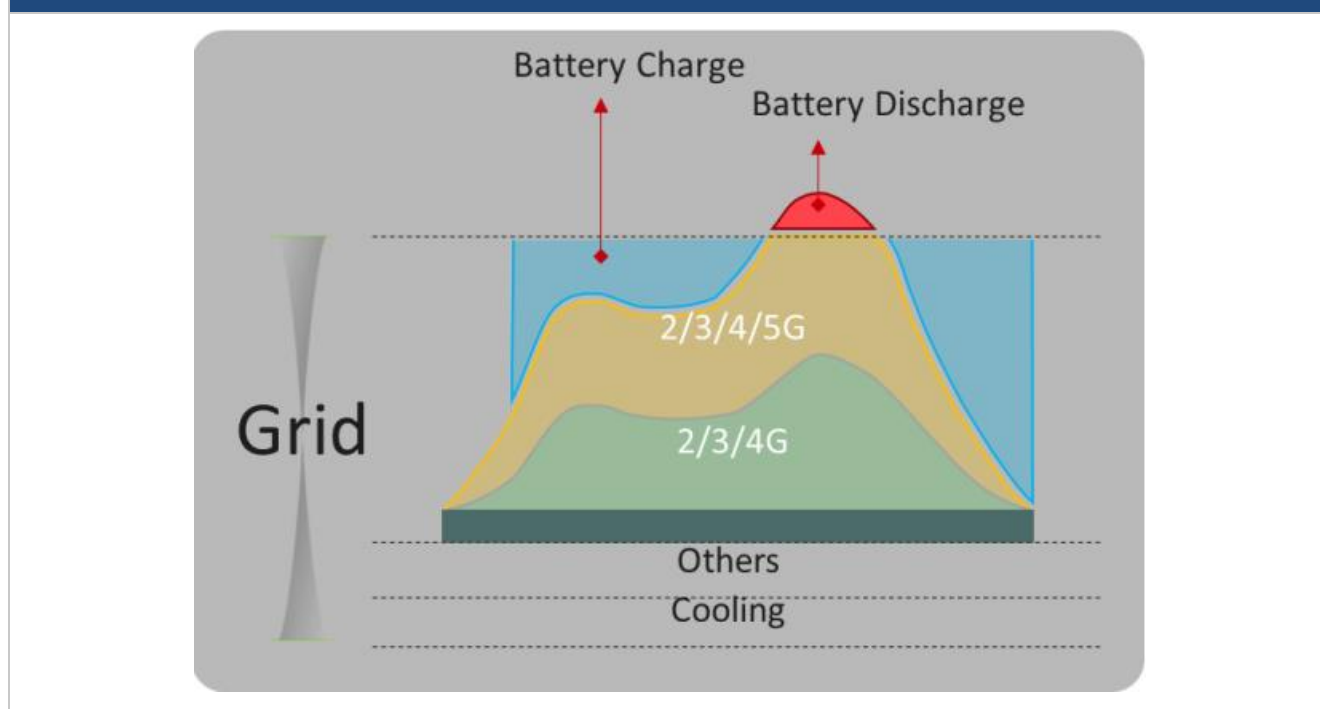
Источник: Huawei

Первая возможность связана с конструктивной особенностью 5G RAN – ориентацией на высокие скорости передачи данных. Это означает необходимость замены размещаемых на сайтах БС радиорелейных линий, в настоящее время используемых в качестве основной технологии развертывания транспортной сети, на оптоволоконные линии. В виду на порядок меньшего энергопотребления оптического оборудования относительно РРЛ такая замена дает снижение энергопотребления сайта БС порядка 3-5%.

Остальные возможности связаны с концепцией автономных сетей, то есть тотальной автоматизации всех элементов сетевой и инженерной инфраструктуры на всех уровнях с использованием технологий ИИ (Рис. 57).

Первое – это введение программной оркестрации RAN и обеспечивающих инженерных систем (уровни 1-3 на Рис. 57), что дает возможность не просто удаленно включать/выключать радиооборудование в зависимости от нагрузки на сеть, но и динамически координировать настройки базовых станций на основе понимания динамики нагрузки в каждом из слоев RAN на территории обслуживаемой соответствующими группами базовых станций, а также координировать работу полезной нагрузки и систем электропитания, например, планируя циклы заряда-разряда аккумуляторов (Рис. 58).

**Рис. 58. Координация пиков нагрузки на RAN и графика циклов заряда-разряда аккумуляторов базовой станции**



Источник: Huawei

Это позволяет оптимизировать энергопотребление в расчете на сайт. Такую оптимизацию можно осуществлять как на уровне медленно изменяющихся макропараметров управления RAN, так и на уровне быстроменяющихся параметров работы конкретной базовой станции с использованием таких технологий как coordinated multi-point (CoMP), multi-connectivity, carrier aggregation (CA), supplementary uplink, а также uplink power control, link adaptation, scheduling и других<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/enhancing-ran-performance-with-ai>

Второе – это **виртуализация отдельных функций RAN**, которая по оценкам исследователей<sup>24</sup> **дает до 38% экономии энергопотребления оборудования RAN** при условии оптимального размещения виртуальных инстансов функций RAN, что обеспечивается возможностями автономных сетей, включая динамическую балансировку нагрузки между вычислительными узлами сети (уровень 4 на Рис. 57). То есть речь идет о кросс-доменной оркестрации нагрузки в RAN, MEC, транспортных и магистральных сетях и корневых дата-центрах для динамического формирования наиболее оптимальной конфигурации слоев, соответствующего текущей и прогнозной нагрузки на них, что позволяет поддерживать высокий уровень загрузки периферийных ресурсов, и, соответственно, обеспечить низкие удельные показатели стоимости передачи единицы трафика с требуемым QoS.

Далее в подразделах приведены описания кейсов, реализующих некоторые из перечисленных выше возможностей.

---

<sup>24</sup> <https://core.ac.uk/download/pdf/199224562.pdf>

### 5.2.1.1. Кейс MTN и другие кейсы внедрения решения PowerStar

MTN – оператор сети мобильной связи в Южной Африке, внедривший решение PowerStar для оптимизации энергопотребления RAN<sup>25</sup>.

Внедренный в MTN функционал решения Huawei PowerStar – включение/выключение отдельных диапазонов, например, имеющих высокое энергопотребление высоких диапазонов, и/или более тонкое изменение настроек элементов оборудования базовой станции в зависимости от текущей и прогнозируемой нагрузки на конкретный сайт. Используя технологии AI, решение PowerStar осуществляет пространственно-временное прогнозирование нагрузки на RAN с детализацией до сайта и определяет наиболее оптимальную конфигурацию элементов RAN. Есть визуализация анализируемых и управляемых параметров. Реализован функционал координации внутри элементов сайта и координации между сайтами. Рекомендации по настройкам выдаются индивидуально для каждого сайта с учетом возможностей кросс-сайтовой оптимизации. Решение автоматизирует около 90% операций необходимых для анализа и выбора настроек сайтов. Полный функционал решения PowerStar показан в Таблице 4 ниже.

**Таблица 4. Функциональные возможности решения PowerStar для оптимизации энергопотребления RAN**

Автоматизируемая функция	Краткое описание функции
Динамическое выключение сот в сетях GSM	Функция применима к сотам, обеспечивающим покрытие одной и той же территории двумя диапазонами частот – 900 и 1800 МГц. В периоды низкого трафика передатчики верхнего диапазона (1800 МГц) выключаются.
Выключение усилителей трансиверов	Функция применима для сайтов, оборудованных двумя и более усилителями. В периоды низкого трафика некоторые несущие могут быть выключены. Если все обслуживаемые усилителем несущие не передающие служебные данные (сигнализацию BCCH) выключены, усилитель также может быть отключен.
Регулирование напряжения на усилителях	Диапазон мощности усилителя прямо пропорционален напряжению. В периоды низкой нагрузки на усилитель входное напряжение на нем может быть понижено без ущерба качеству связи.
Управление блоком питания	Эффективность блока питания (конверсия) тем выше чем выше выходная мощность, однако, как правило, энергопотребление базовой станции существенно ниже максимальной мощности блока питания, что приводит к низкой конверсии – около 70%. Чтобы повысить уровень конверсии реализована функция динамического отключения отдельных блоков питания в зависимости от нагрузки на базовую станцию, позволяющая поддерживать высокий уровень энергопотребления блоков питания, и, следовательно, высокую конверсию. Актуатором данной функции выступает контроллер блоков питания.
Оптимизация энергопотребления при передаче сигнального трафика BCCH	Для сетей стандарта GSM сигнальный трафик должен передаваться с использованием полной мощности трансиверов вне зависимости используются или нет все слоты отведенные для BCCH. Функция оптимизации позволяет снизить мощность потребляемую радиомодулями для передачи сигнального трафика BCCH за счет отключения пустых временных слотов.
Отключение несущих в зависимости от загрузки трафиком	Функция позволяет динамически отключать соты с низкой загрузкой трафиком в конкретной области покрытия, например, офисных и торговых центров в ночное время.
Перевод RRU в спящий режим	Функция применима для сайтов использующих множественные несущие в диапазоне высоких частот и должна использоваться вместе с функцией отключения несущих.
Повышение энергоэффективности	Усилители трансиверов – основной вид энергопотребителя базовой станции, энергоэффективность которых зависит от выходной мощности и энергопотребления усилителя. Данная функция позволяет обеспечить работу усилителей в наиболее оптимальном диапазоне этих соотношений.

<sup>25</sup> <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/powerstar-and-mtn-south-africa-energy-saving-case-study/>

Автоматизируемая функция	Краткое описание функции
Экономия электроэнергии с использованием технологии VAM	Функция экономии электроэнергии с использованием технологии Virtual Antenna Mapping позволяет отключать передатчики и питающие их усилители в периоды низкого трафика обеспечивая более высокую нагрузку на неотключенные передатчики и усилители.
Отключение несущих обеспечивающих одну и ту же зону покрытия	В сетях LTE несущие являются эквивалентом сот в сетях GSM. Таким образом, функция отключения несущих работающих на одну и ту же зону покрытия сети LTE – это функция аналогичная функции динамического выключения сот в сетях GSM. В двухдиапазонных сетях LTE два диапазона частот используются для покрытия одной и той же территории. В периоды низкого трафика весь его объем может быть передан с использованием только нижнего частотного диапазона, что позволяет выключать передатчики и усилители верхнего диапазона.
Выключение радиочастотных каналов	Данная функция применима к сетям LTE с множественными каналами внутри несущих. Когда количество активных пользовательских устройств мало половина каналов может быть отключена. Поскольку такое отключение влияет на скорость передачи данных и покрытие, ее использование требует постоянного анализа динамики нагрузки на базовую станцию для своевременного включения каналов.
Экономия электроэнергии на уровне передачи символов	Функция применима к LTE сетям и заключается в отключении передачи пустых символов. Данная функция не оказывает негативного влияния на показатели работы сети и может использоваться постоянно.

Источник: Huawei

В ходе испытаний на сети MTN решение PowerStar обеспечило экономию 6.43 кВт на сайт в течение суток, в дальнейшем при масштабировании этого решения данный уровень экономии был подтвержден. При подключении 5000 сайтов обеспечивается экономия в размере 1,6 млн. долл. в год. Аналогичные показатели – на уровне 10% экономии, были достигнуты в результате внедрения решения PowerStar в China Mobile и China Telecom. Кроме того, в China Mobile за счет оптимизации настроек под текущий и прогнозный объем трафика повышена на 6% средняя загрузка MIMO RF ресурсов сети 5G и увеличен объем трафика в расчете на сайт с MIMO на 14%.

В составе решения разработана экономическая модель, позволяющая рассчитать экономический эффект от использования решения конкретным оператором. В среднем экономический эффект составляет 50 долл. в год на сайт (базовую станцию).

Huawei предлагает две модели развертывания и оплаты решения PowerStar:

- развертывание в облаке Huawei и оплата по модели Pay As You Save (PAYS), фактически по модели распределения достигаемого экономического эффекта (outcome-based),
- развертывание на серверах оператора, с передачей ответственности за эксплуатацию решения персоналу оператора и оплатой решения по модели покупки вечных лицензий в собственность оператора.

При модели PAYS распределение достигаемого экономического эффекта происходит в пропорции 50/50 между Huawei и мобильным оператором. Ограничением облачной модели является отсутствие API для интеграции с NMS оператора. Проблема решается путем предоставления доступа оператору сервиса PowerStar на стороне Huawei к NMS оператора для получения данных о состоянии RAN и загрузки их в модель PowerStar. Рекомендации по изменению настроек RAN передаются системным администраторам оператора и оператор несет ответственность за их исполнение. Для on-premise развертывания весь цикл управления локализован внутри оператора, а вендор лишь осуществляет техническую поддержку решения.



Несмотря на то, что LTE 5G – это более совершенные с точки зрения энергоэффективности стандарты, достигаемый на практике удельный эффект оптимизации энергопотребления практически не зависит от поколения к которому относится оборудование RAN и может быть значительным как для сетей поколений 2G/3G, так и для современных сетей LTE и 5G – см. Таблицу 5 ниже.

**Таблица 5. Пример результатов пилотного внедрения решения PowerStar для оптимизации энергопотребления RAN различных операторов**

Показатель / оператор	Экономия в день на сайт, кВт и %				Масштаб пилота, сайтов	Экономия, \$ на сайт в год
	Средняя	GSM	UMTS	LTE		
Y	12%, 1,3 кВт	Н/д	Н/д	Н/д	2 500	Н/д
H	12%	Н/д	Н/д	Н/д	14 000	Н/д
K	4%	0,3%	10%	1%	100	Н/д
B	11%	15%	3%	15%	150	\$43
K	8%, 3,8 кВт	3%	8%	9%	100	\$45
S	6%	Н/д	Н/д	Н/д	500	\$20
A	10%	Н/д	Н/д	Н/д	1 400	\$77
U	5%	6%	6%	4%	20	\$57
M1	5%	7%	3%	Н/д	82	\$24
M2	7%	6%	7%	6%	177	\$31
G	7%, 3,9 кВт	2%	3%	12%	59	\$95

Источник: Huawei

## 5.2.2. Оптимизация технической поддержки и управления проводными сетями

### 5.2.2.1. Кейс China Mobile

Кейс по автоматизации отдельных процессов управления сетями China Mobile в провинции Хенань реализован оператором совместно с Huawei в рамках более общего проекта China Mobile - ADN Joint Innovation Project<sup>26</sup>, целью которого является последовательная реализация концепции автономных сетей.

**Рис. 59. Результаты пилотного внедрения решения Huawei ADN на сети China Mobile в провинции Хенань**



Источник: Huawei

Предпосылкой для реализации кейса было большое – более 600 тыс. в сутки, количество событий на пакетной транспортной сети оператора, качественная обработка которых в ручном режиме была практически невозможна. Использование основанного на технологиях искусственного интеллекта и цифровых двойников элементов сети и интегрированной модели сети решения Huawei ADN позволило автоматически выявлять в потоке событий значимые события требующие

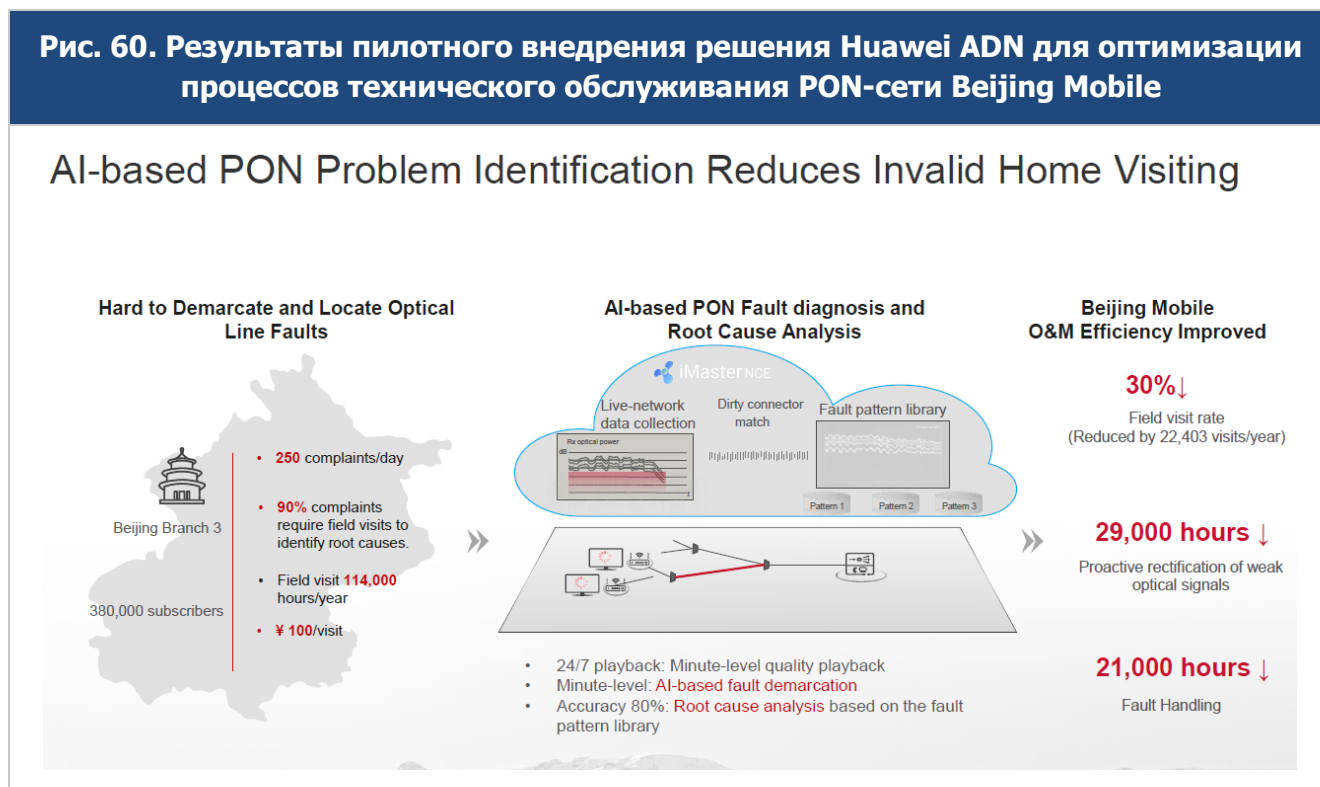
<sup>26</sup> <https://inform.tmforum.org/casestudy/joint-innovation-drives-chinas-big-three-toward-autonomous-networking/>

реакции персонала, что позволило снизить количество обрабатываемых персоналом событий на 99% до 600 инцидентов в сутки (Рис. 59).

Также данное решение было применено и для решения задачи удаленной диагностики оптической сети широкополосного доступа, что позволило снизить количество выездов технических бригад на 20% и повысить эффективность процесса поиска неисправностей и их устранения на 25%.

### 5.2.2.2. Кейс Beijing Mobile

Схожий с кейсом China Mobile кейс автоматизации обработки событий на оптической сети широкополосного доступа был реализован оператором Beijing Mobile с использованием решения Huawei ADN. В результате количество выездов ремонтных бригад на 30%, а точность автоматического определения причин неисправностей с использованием цифровой модели сети и технологий искусственного интеллекта уже на начальном этапе проекта составила 80% (Рис. 60).



Источник: Huawei

### **5.2.3. Предоставление NaaS (E2E-слайсы) в проводных (оптических) сетях с использованием NMS/OSS-компонентов концепции Huawei ADN**

По мере того, как развертывание сетей 5G в мире набирает обороты, фиксированная сеть также открывает эру фиксированной сети пятого поколения (F5G). В результате универсальными требованиями стали высококачественные, надежные и гибкие соединения с малой задержкой.

Ответом на этот запрос рынка стали упрощенные полностью оптические сети, объединяющие сети доступа и агрегации. Эти сети построены по следующим принципам:

- Использование адаптированных конвергентных решений для оптического доступа, чтобы упростить сетевые уровни и улучшить взаимодействие с пользователем;
- Стремление к максимально возможной загрузке (утилизации) сетевых ресурсов при условии выдерживания требуемого SLA с помощью усовершенствованного управления сетью.

Оптический путь PON характеризуется большой протяженностью и сложными сценариями построения. Неисправности, связанные с ухудшением характеристик, особенно трудно обнаружить, и их необходимо проверять сегмент за сегментом на месте. Это приводит к трудоемкому устранению неполадок и низкой удовлетворенности пользователей.

iMaster NCE непрерывно собирает в режиме реального времени рабочее состояние и KPI OLT, автоматически определяет типичные типы неисправностей и места неисправностей PON на основе возможности автоматического восстановления топологий оптических трактов PON и интеллектуально определяет причины и расположение слабых оптических сигналов. Таким образом, упреждающее исправление слабых оптических сигналов может выполняться целенаправленно, повышая эффективность передачи.

Клиенты предъявляют высокие требования к качеству выделенной линии, включая высокую надежность, низкую задержку, быстрое выделение ресурсов, самообслуживание и жесткую изоляцию каналов. iMaster NCE предоставляет приложения, такие как карта задержки, быстрое выделение ресурсов, запланированная корректировка полосы пропускания (BOD) и обеспечение SLA для выделенных линий, помогая операторам связи эффективно предоставлять дифференцированные услуги до, во время и после продажи.

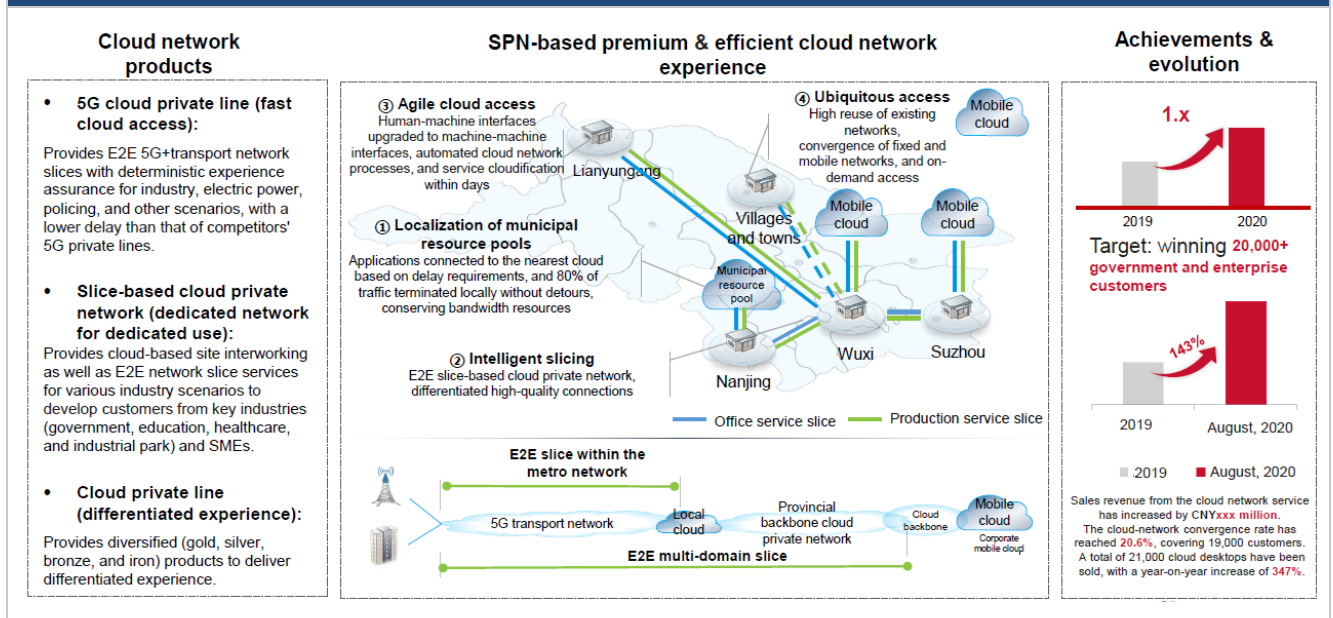
iMaster NCE обеспечивает точную визуализацию задержки и фиксированную задержку услуг выделенной линии. Специалисты по маркетингу могут использовать приложение Latency Map для оценки того, соответствуют ли межсайтовые задержки, пропускная способность и доступность требованиям клиентов в режиме реального времени, реализуя быстрое сопоставление сетевых ресурсов и монетизируя дифференцированные возможности.

Быстрое предоставление услуг является одним из ключевых факторов обеспечения конкурентоспособности операторов связи - например, см. Рис. 61. iMaster NCE предоставляет возможности Plug and Play (PnP) и быстрое подключение CPE, сокращая время установки и ввода в эксплуатацию CPE с 4–6 часов до 30 минут. Кроме того, iMaster NCE интегрируется с BSS/OSS операторов связи, что позволяет предоставлять услуги в течение нескольких минут.

Помимо визуализированного управления SLA для услуг частных линий в реальном времени, iMaster NCE также обеспечивает прогнозирование работоспособности оптических сетей для упреждающего анализа состояния каждого волокна и канала, прогнозирования рисков сбоев и

предоставления предупреждений, заранее предотвращая сетевые риски и прерывание обслуживания, а также избежание штрафов за нарушение SLA.

**Fig. 61. Пример использования China Mobile Jiangsu интеллектуального разделения на сегменты для предоставления облачных сетевых услуг для промышленности**



Источник: Huawei

## 6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Экономические выгоды от внедрения тотальной автоматизации NMS/OSS/BSS-процессов чрезвычайно высоки.

Так, при переходе с уровней автономности L0/L1 на L2/L3 прямые операционные затраты на управление инфраструктурой и предоставление сервисов снижаются более чем в два раза, что в масштабе существующего глобального рынка телеком-услуг потенциально дает экономию в размере **144 млрд. долл. ежегодно, то есть при прочих равных увеличивает маржу операторов на 144 млрд. долл.**

Вторым, тесно связанным с первым, элементом экономической выгоды является возможность вывода на рынок новых телеком-услуг, предоставляемых по облачной модели с гарантированным SLA, и, одновременно, поддержание высокого уровня загрузки ресурсов свойственного best effort услугам, что обеспечивает приемлемые ценовые характеристики для таких услуг. Это потенциально позволит сформировать **рынок новых телеком-услуг размером 900 млрд. долл. в год**, обеспечив высокий уровень маржинальности новых услуг с SLA – 50-60%, что в абсолютном выражении составляет **585 млрд. долл. дополнительной маржи телекомов ежегодно.**

**Конец 2020 – начало 2021 годов ознаменовалось настоящим прорывом в коммерциализации новых услуг, использующих преимущества автономных сетей. Несмотря на то, что первые телеком-сервисы нового поколения, в частности, VoD, были запущены отдельными операторами еще пять лет назад, только в последний год крупнейшие глобальные облачные провайдеры определились со своими требованиями к телекомам и стали включать телеком-сервисы нового поколения, ориентированные на передачу трафика в гибридных облачных системах, в состав своего продуктового портфеля гибридных облачных сервисов, что резко ускорило продвижение новых телеком-сервисов на рынок.**

Коммерциализация новых услуг идет параллельно с процессами их стандартизации. Так, одним из результатов активно ведущейся стандартизирующими организациями работы по стандартизации сетей новой архитектуры – программно-управляемых сетей распределенных вычислений, стала стандартизация новых бизнес-ролей: провайдеров приложений, операторов сквозных слоев для приложений и операторов сетевых и вычислительных доменов, предоставляющих ресурсы для операторов слоев на принципах облачного сервиса. Подходы к автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов имеют существенные различия в зависимости от выбранной оператором бизнес-роли.

Наиболее зрелыми в части реализации автономности и интеллектуальности являются глобальные провайдеры IaaS, PaaS и SaaS, развивающие гибридные вычислительно-сетевые облачные сервисы, инфраструктуру дата-центров и магистральных сетей связи между ними, то есть в терминах новых бизнес-моделей выполняющих роли операторов доменов корневых дата-центров и магистральных сетей между ними, а также провайдеров приложений. Также к наиболее развитым следует отнести телеком-провайдеров совершенно нового вида, таких как Akamai, Zscaler и других, ориентированных на предоставление телеком-сервисов с высокой добавленной стоимостью по облачной модели, например, SD-WANaaS, SECaaS, CDNaaS. Они намного успешнее в реализации принципов автономных сетей чем традиционные и представляют из себя кандидатов №1 на роль операторов сквозных сетевых слоев.

Операторы доменов краевых вычислений, сетей доступа и транспортных/региональных сетей – традиционные операторы, пока в наименьшей степени используют технологии автоматизации и интеллектуализации NMS/OSS/BSS-процессов. Такое отставание имеет объективные причины и связано в том числе с тем, что наряду с внедрением новых технологий традиционным операторам требуется кардинально перестроить свой продуктовый портфель и бизнес-модель в целом, включая организационную структуру и корпоративную культуру. При численности персонала в 50-100 тыс. человек и более это крайне сложная задача, требующая разработки и реализации полноценной стратегии, охватывающей все подразделения оператора. Тем не менее, как было сказано выше, **запуск традиционными операторами принципиально новых услуг, ориентированных передачу данных гибридных облачных систем** – не только VoD на магистральных сетях, но и управляемые слои на сетях доступа, и их включение глобальными облачными провайдерами в состав своего интегрированного продуктового предложения **означает наступление переломного момента в процессах трансформации традиционных облачных операторов в доменных провайдеров NaaS**. Отметим, что **возможность запуска новых услуг возникает уже на уровне автономности L2**.

Географически прорыв в успешном выводе на рынок базирующихся на автономных NMS/OSS/BSS-процессах услуг класса NaaS произошел в Северной Америке, на которую приходится до 60% глобального потребления публичных и гибридных IaaS/PaaS/SaaS. В регионах со слабо развитыми рынками облачных сервисов, к которым относится и Россия, для операторов все еще характерно крайне осторожное отношение к новациям в области внедрения автономных NMS/OSS/BSS-процессов и новых сервисов. **Если не переломить эту ситуацию, то снижающаяся за счет «схлопывания» рынка голосовых услуг общая выручка телеком-операторов и падающая маржа по услугам передачи данных сделают инвестиционно непривлекательной дальнейшую модернизацию и расширение сетевой инфраструктуры, что на фоне быстрого роста объемов трафика и требований к QoS приведет к деградации качества и доступности услуг передачи данных**.

На фоне начавшейся с Северной Америки и переходящей сейчас на Западную Европу, Китай, Южную Корею и Японию коренной трансформации бизнеса традиционных телеком-операторов метод точечных улучшений существующего стека NMS/OSS/BSS-процессов, в основном в части оптимизации эксплуатации физической инфраструктуры, может рассматриваться как тактический способ показать реализуемость внедрения технологий автономности и интеллектуальности NMS/OSS/BSS-процессов и возможность получения измеримого экономического эффекта превосходящий затраты. Но стратегически речь может идти только о полной замене всего стека процессов на автономные и интеллектуальные. В противном случае эффект экономии операционных затрат ограничивается уровнем десятых долей процента от выручки, а эффекты реализации новых услуг при условии обеспечения высокого уровня загрузки ресурсов не достигаются.

Отметим, что **все новые бизнес-роли положительно взаимозависимы друг от друга**, то есть повышение эффективности NMS/OSS/BSS-процессов одного оператора положительно сказывается на эффективности других операторов с которыми он взаимодействует, и наоборот. Это означает, что глобальные провайдеры облачных сервисов и операторы нового поколения заинтересованы в росте эффективности традиционных операторов и появлении у них услуг класса NaaS в доменах сетей доступа и транспортных/региональных сетей, а также в более активном развитии ими инфраструктуры краевых вычислений. В практическом плане это проявляется в разработке наиболее крупными облачными провайдерами, такими как, например, Google, стратегии интенсификации инноваций у традиционных операторов и совместного

предоставления сложных услуг нового поколения, таких как сервисы распределенного виртуального частного облака, а успешные стратегии традиционных операторов синхронизируются со стратегиями облачных провайдеров.