



реальная виртуальность для сетей связи

Виртуализация сетевых функций (NFV) — подарок мира ИТ миру телекоммуникаций. Уже сейчас используется в мобильной связи и будет незаменима в эпоху 5G.

Революционная идея NFV, которая меняет подход к построению телекоммуникационных сетей. В новой архитектуре специализированные устройства заменяются виртуальными, работающими на стандартных серверах, которые могут размещаться в дата-центрах. Цель всего этого — сделать сеть более гибкой и масштабируемой при одновременном сокращении расходов. И хотя программные функции не смогут во всех случаях заменить аппаратные решения, спектр их использования весьма широк: от систем информационной безопасности до пакетного ядра сети (Evolved Packet Core).

«Сиб» решил разобраться, что собой представляет NFV, какие возможности даст этот подход и где сейчас уже используется виртуализация.

Как работает NFV

По определению Европейского института телекоммуникационных стандартов (ETSI), который и предложил эту концепцию в 2012 году, задача NFV состоит в том, чтобы трансформировать подход операторов к построению сетевой архитектуры путем развития стандарта технологии ИТ-виртуализации, которая позволит реализовать различные типы сетевого оборудования на стандартных высокопроизводительных серверах, коммутаторах и устройствах хранения, размещаемых в дата-центре, в самой сети или на территории конечного пользователя. NFV замещает традиционное специализированное сетевое оборудование («черные ящики»), которые пока преобладают на действующих телекоммуникационных сетях.

Одним из стимулов NFV является экономия средств: реализация сетевых функций на стандартных серверах обходится дешевле, чем специализированное оборудование. До недавнего времени задача усложнялась тем, что требовалось обеспечить такую же высокую производительность, какую имеет специализированное оборудование, однако с современными процессорами это уже не проблема. При этом на одном сервере работают несколько сетевых функций, что также снижает расходы на оборудование. Еще одно преимущество NFV состоит в том, что поскольку та или иная функция может быть выполнена в любой точке сети, высокопроизводительные устройства больше не нужны — вычислительные мощности распределены по сети, что обеспечивает нужную масштабируемость при резком увеличении генерируемого трафика, например, во время спортивных мероприятий.

Понятно, что поскольку NFV заменяет сетевое оборудование, к таким решениям выдвигаются особые требования по надежности (пресловутые «пять девяток»), быстродействию и масштабируемости. Также важным условием является возможность интеграции с традиционными сетевыми архитектурами и системами биллинга.

Архитектура NFV, согласно ETSI, состоит из трех слоев. Первый — это инфраструктура функций сетевой виртуализации (NFVI), то есть программно-аппаратная платформа, на которой эти функции работают. Аппаратная часть — это стандартные x86-серверы, а программная — решения для виртуализации, такие как OpenStack и VMware. Второй уровень — собственно виртуальные сетевые функции (VNF), то есть приложения, которые играют роль конкретных устройств. Согласно первоначальной концепции, NFV работали на серверах, расположенных в ЦОД, позже появилась идея распределенной NFV (D-NFV) — то есть оператор может размещать инфраструктуру там, где ему выгодно: например, на границе сети.

Третьим элементом, который играет ключевую роль, является система управления, автоматизации и сетевой оркестровки (MANO). Она принимает и анализирует информацию от сетевых устройств, запускает виртуальные машины с требуемыми функциями и направляет в них трафик, добавляет дополнительные ресурсы в случае возрастания нагрузки, а также ликвидирует сетевые функции, которые больше не нужны. Кроме того, MANO анализирует в реальном времени состояние запущенных функций и реагирует в случае аномалий.

Важно учитывать, что виртуальные версии аппаратных решений, которые есть у многих производителей, не всегда можно назвать VNF: необходимым условием является возможность взаимодействия с другими виртуализированными функциями.

Кто ведает стандартами

Стандартизацией NFV занимается **ETSI**, где с 2012 года работает специализированная группа — ISG NFV. В группу входят крупнейшие мировые телеком-операторы и производители как телекоммуникационных, так и ИТ-решений. На данный момент выпущено более сотни документов, и сейчас идет работа над третьим поколением серии спецификаций (Release 3).

Еще одна структура, которая занимается NFV, — **ONAP** («Открытая платформа автоматизации сети»), возникшая в прошлом году в результате слияния двух проектов: **ECOMP** («Усовершенствованный контроль, оркестровка, управление и политики»), который продвигала **AT&T**, и **Open-O** (Open Orchestrator), где первые скрипки играли китайские компании. Участниками объединенного проекта под эгидой **Linux Foundation** также стали ведущие операторы и производители. Цель ONAP — создание платформы для взаимодействия виртуализированных функций на основе открытого кода. ONAP стремится принести в сферу телекоммуникаций лучшие практики разработки программного кода, такие как DevOps и Agile.

Надо сказать, что в 3-м релизе ETSI NFV ISG также рассматриваются вопросы DevOps и непрерывной разработки. Кроме того, под эгидой с ETSI действуют проекты, работающие с открытым кодом, в том числе Open Source MANO (**OSM**) и Open Platform for NFV Project (**OPNFV**).

Примеры виртуализации

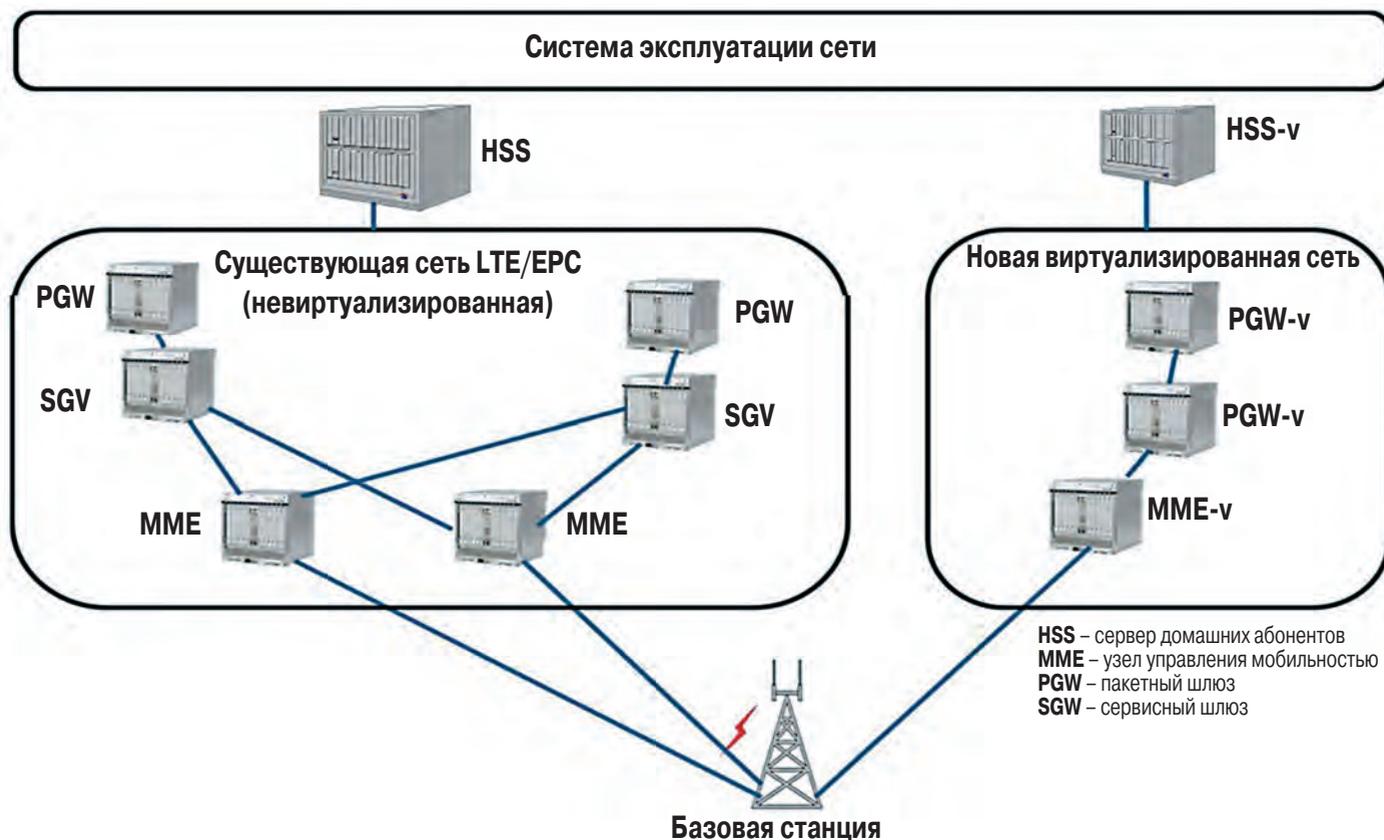
NFV имеет широкую сферу применения — теоретически виртуализировать можно все, от ядра сети до системы мониторинга. Основные примеры использования NFV описаны в документе ETSI GR NFV 001. Ниже рассмотрим два из них, которые касаются мобильной связи: это виртуализация ядра пакетной сети (Evolved Packet Core, EPC) и базовой станции.

В первом случае консолидация сетевых ресурсов снижает совокупную стоимость владения, позволяет значительно увеличить эффективность эксплуатации сети, надежность

и доступность — благодаря гибкому распределению ресурсов, а также удовлетворять всплески потребностей в тех или иных сервисах (например, голосовой телефонии) в экстренных случаях. Каждой сетевой функции динамически выделяются вычислительные мощности в зависимости от нагрузки, возможно и реконфигурирование топологии сети для оптимизации производительности и быстрого внедрения новых сервисов. При этом предусматриваются взаимодействие с существующим аппаратным ядром сети, а также виртуализация только отдельных компонентов.

Сценарий виртуализации базовой станции обусловлен тем, что на устройства сети радиодоступа (RAN) приходится значительная доля совокупной стоимости владения всей инфраструктуры мобильного оператора. Кроме того, такие устройства имеют длинный цикл разработки, внедрения и эксплуатации. Виртуализация узлов радиосети должна обеспечить экономию места, занимаемого оборудованием, снижение потребления электроэнергии и упрощение управления. Согласно подсчетам компании Mavenir Systems, которая специализируется на программных решениях для трансформации сетей мобильных операторов, виртуализация позволит вдвое сократить капитальные расходы на RAN. Сейчас создано сразу несколько рабочих групп и альянсов, занятых решением этой задачи.

Кроме того, ресурсы аппаратной базовой станции чаще всего не используются на полную мощность, поскольку она рассчитана на пиковую нагрузку, а не на среднюю. Благодаря виртуализации создается пул ресурсов разных базовых станций, что позволяет динамически перераспределять вычислительные мощности. В LTE Advanced



Взаимодействие виртуализированного и аппаратного EPC

виртуализация повышает эффективность функций координации ресурсов, таких как агрегация несущих и координированный прием в восходящем канале (Coordinated Uplink Multi-Point, CoMP). При этом в рамках самого узла радиосети все же может оставаться определенная специализированная аппаратная часть.

Как и в случае EPC, здесь также предусмотрена неполная миграция на NFV. ETSI рассматривает два варианта: во-первых, сосуществование традиционных и виртуализированных базовых станций (eNodeB), которые взаимодействуют через стандартный интерфейс. Во втором сценарии традиционные eNodeB взаимодействуют с пулом виртуализированных блоков обработки сигналов (Baseband Unit, BBU).

Виртуализация BBU на стандартных процессорах может осуществляться на базе программно-определяемой радиосистемы (Software Defined Radio, SDR), позволяющей задавать нужные радиочастотные параметры и поддерживать разные технологии связи. При этом внутри пула BBU должна обеспечиваться функция коммутации с высокой скоростью передачи данных и низкой задержкой — только тогда возможна эффективная балансировка нагрузки между вычислительными мощностями.

Отдельный случай — «Интернет вещей»; здесь кандидатами на виртуализацию являются такие функции, как обеспечение связности (подключение IoT-устройств к сети), аутентификация подключенных устройств и пользователей), хранение информации (например, записей видеонаблюдения или данных с автомобильных трекеров) и т. д. Комбинации используемых сетевых функций могут различаться в зависимости от сценария IoT, будь то «умный город», «умный дом» или управление автопарком.

Среди других примеров использования NFV, не имеющих отношения к мобильной связи, можно назвать виртуализацию оборудования в помещении пользователя, сети доставки телевизионного контента (CDN), оборудования фиксированного интернет-доступа и системы шифрования трафика (Crypto as a Service, CaaS).

Еще одним важным применением NFV является «нарезка сети» (Network Slicing), позволяющая создавать несколько виртуальных сетей на базе одной физической инфраструктуры в рамках концепции «Сеть как услуга» (NaaS). Благодаря этому возможна поддержка нескольких логических сетей радиодоступа на одной платформе, что будет важно в мобильных сетях 5G.

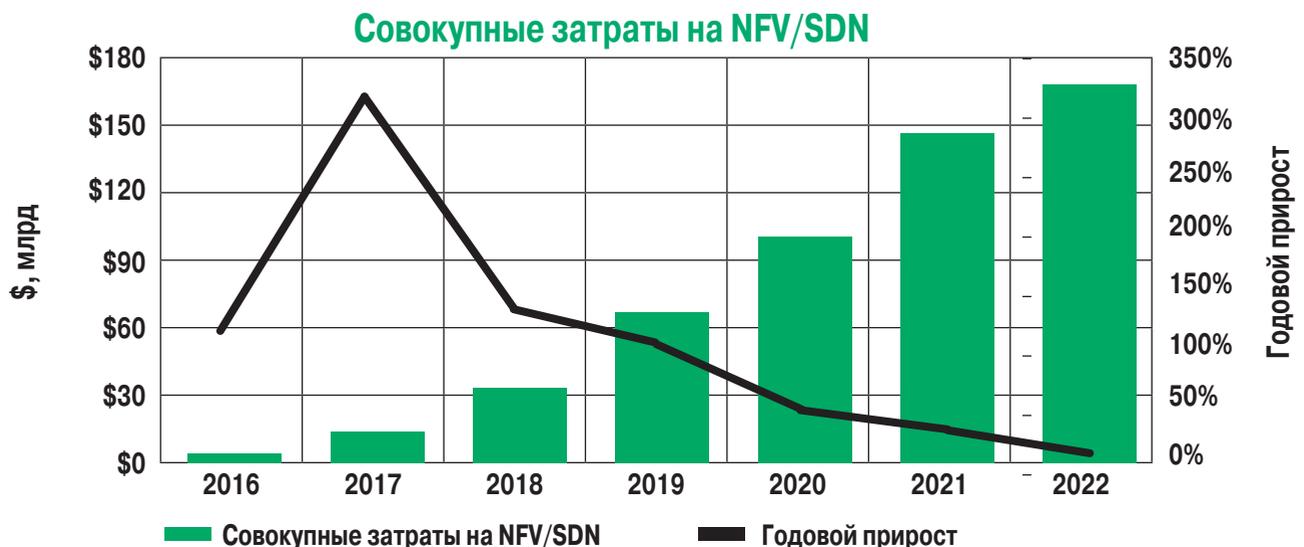
Рынок и решения

Согласно прогнозу аналитической компании Technology Business Research, опубликованному год назад, инвестиции в NFV и программно-определяемые сети SDN к 2022 году вырастут в совокупности на 94,3% и достигнут \$168 млрд. TBR отмечает, что если раньше основными потребителями технологии были 20–25 мировых провайдеров первого уровня (Tier I), то в будущем к этому тренду массово присоединятся более мелкие операторы. При этом в целом отрасль телекоммуникаций начнет ощущать заметную экономию от данных решений в 2021 году.

Ericsson приводит данные январского отчета Heavy Reading, согласно которому мировой рынок NFV в 2021 году достигнет \$16 млрд, причем не по причине увеличения капиталовложений, а за счет перераспределения инвестиций от традиционных физических сетевых устройств к виртуальным функциям. По данным **IHS Markit**, которые также приводит Ericsson, вложения операторов связи в NFV к 2021 году составят \$37 млрд при годовом росте 30%.

Летом появился отчет компании **Market Research Future**, посвященный конкретно рынку NFV. Согласно пресс-релизу, этот рынок к 2022 году достигнет \$19 млрд при годовом приросте 31%, а наиболее активно NFV будет внедряться в Северной Америке. Движущими факторами названы распространение приложений, генерирующих большие объемы данных, и развитие IoT. Основной проблемой определено обеспечение взаимодействия между TMA-продуктами.

В свежем отчете компании **Dell'Oro**, посвященном решениям для пакетных ядер беспроводных сетей, говорится, что в первом квартале 2018 года сегмент виртуализированных



Прогноз рынка NFV и SDN (по данным Technology Business Research)

ЕРС в деньгах вырастет на 142% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Ведущими производителями названы **Ericsson, Huawei, Nokia, Cisco** и **ZTE**.

У Huawei NFV является частью концепции сетевой архитектуры SoftCOM, которая была представлена еще в 2013 году. В основе концепции лежит облачная операционная система FusionSphere на базе OpenStack. Важным примером реализации NFV является решение для виртуализации компонентов на границе сети — CloudEdge, которое состоит из аппаратной платформы, операционной системы, сетевых приложений и MANO. С помощью CloudEdge можно виртуализировать такие компоненты, как ЕРС, CDN или маршрутизаторы ШПД (BRAS).

В июле 2015 года Huawei сообщила о запуске первого в мире сервиса VoLTE на базе NFV. Сервис был развернут на сети **Vodafone** в Италии. Huawei предоставила виртуализованное решение IMS, с которым интегрировала аппаратную часть НР и ОС VMware. Проект фактически играл роль демонстратора возможностей NFV для всей группы Vodafone. В декабре 2017 года Vodafone и Huawei заключили партнерское соглашение, согласно которому производитель предоставит свою платформу FusionSphere для глобального внедрения NFV и SDN на сетях оператора.

На счету Ericsson числится проект, реализованный для швейцарского оператора **Swisscom**, которому, кроме инфраструктуры дата-центра, были поставлены виртуализованные пакетное ядро и IMS, также производитель выступил в роли системного интегратора. В результате оператор получил готовую 5G сеть с возможностью масштабирования по мере распространения IoT. Среди других заказчиков — **Telefonica**, где требовалась гармонизированная платформа для всех стран, в которых работает оператор, и японская **NTT DoCoMo**, которая (среди прочего) хотела использовать облако для гарантирования работы сети в случае природной катастрофы.

NFV-портфель **Nokia** включает в себя, среди прочего, такие продукты, как CloudBand (MANO), облачное (Cloud-native) ядро сети AirGile, виртуализованные пограничный маршрутизатор VSR и систему управления NetAct. Известно, что виртуализованные решения Nokia были использованы для модернизации ядра сети **Vodafone Qatar**.

Решение **Cisco** Network Services Orchestrator (NSO) интересно тем, что в 2017 году стало первым, показавшим стопроцентную интероперабельность на проводимом ETSI конкурсе NFV Interoperability Plugtest. В ходе двухнедельного тестирования с участием 15 виртуальных функций, 11 NVF-платформ и 9 MANO, проверялось 160 сочетаний этих компонентов.

Трудности переходного периода

У Ericsson есть интересные документы, в которых компания делится опытом, вынесенным из ранних проектов внедрения NFV. Среди прочего отмечается, что технология пока еще недостаточно зрелая и еще не доказала свою необходимость, к тому же для достижения реальной

выгоды от NFV нужны структурные перемены в организации. Экономическое обоснование NFV довольно трудно просчитать, и если провайдеры Tier I имеют достаточно глубокие карманы, чтобы не думать о рисках, то большинство телеком-операторов это не устроит.

Сдерживающим фактором остается то, что в телекоммуникационных компаниях не привыкли к Agile, микротранзакциям и другим инновациям, призванным ускорить разработку и внедрение новых сервисов — их инженеры остаются верны принципу «Работает — не трогай». Принцип интероперабельности, теоретически обеспечивающий возможность выбора индивидуальных компонентов под потребности организации, на практике не работал: операторы Tier I были вынуждены тратить массу времени и денег, чтобы заставить эти компоненты взаимодействовать, а интеграция решений на основе программного кода также требовала немалых усилий. Процессы эксплуатации и управления физической и виртуальной инфраструктурой отличаются, то есть специализированные навыки персонала не могут пригодиться и его необходимо переобучать. Модель непрерывной интеграции и доставки ПО в облачной среде (CI/CD) крайне усложняет выявление сбоев и неполадок на сети оператора. Наконец, гибридная инфраструктура, которая неизбежно возникает в ходе миграции, усложняет эксплуатацию и создает такую дополнительную нагрузку на персонал, что ему будет просто некогда продолжать развертывание виртуализованных сервисов, и оператор рискует застрять в переходном состоянии.

Для преодоления этих препятствий Ericsson предлагает ряд шагов, в том числе использование стандартизированной MANO и пре-интегрированных решений, инструментов оптимизации VNF, составление подробного плана миграции.

Так или иначе, мобильным операторам без всего этого не обойтись при внедрении 5G. Кроме упомянутой выше «нарезки сети», NFV обеспечит поддержку облачных (Cloud-native) сетевых функций, то есть разработанных при помощи облачных инструментов, в отличие от портированных на виртуальные машины аппаратных решений, и поддержку периферийных вычислений, то есть обработку данных как можно ближе к пользователю для обеспечения работы сервисов, требующих минимальной задержки.

В Украине оператор lifecell в партнерстве с системным интегратором Odine Solutions развернул на своей сети решение компании Affirmed Networks — виртуализованное пакетное ядро vEPC. lifecell также сможет пользоваться расширенными возможностями решений от Affirmed Networks, такими как нарезка сети и виртуальное зондирование (virtual probes), то есть тестирование сетевых функций. Внедрение NFV должно ускорить запуск новых услуг, а также обеспечить миграцию на 5G в будущем.

5G не за горами, так что интересных примеров виртуализации будет еще много.

Василий ТКАЧЕНКО, Сиб