

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,
К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),
Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,

р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 16.02.2018 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

по каталогу «Роспечати» — 70772;

по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;

по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2018. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,

143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.

Зак. 18-02-00177.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:

8-800-333-79-32

Вот оно, наконец-то свершилось, и мир телекома не просто вышел в область ИТ, наступив туда одной "ногой", но только что перенёс на сторону ИТ и вторую "ногу", завершив процесс собственной коренной (и, разумеется, цифровой) трансформации. Связано это с реализацией концепции SD-WAN (Software-Defined Wide Area Network — программно-определяемая глобальная обширная сеть). Одни говорят, что история уже известных читателям журнала программно-определяемых сетей (SDN — Software Defined Networks) захватывающая, но короткая. Другие ведут отсчёт концепции SDN к более "древних" времён.

Действительно, с одной стороны, концепция SDN впервые была выдвинута лишь в 2005 г. профессором Стэнфордского университета (США) Ником Маккенноном. Её суть сводилась к разделению уровня управления сетью с непосредственно сетевыми устройствами, занимающимися организацией передачи трафика. В большинстве используемых доселе сетевых устройств данные функции разделялись лишь формально и выполнялись одним и тем же устройством, а это неизбежно вело к потерям производительности. В новой концепции функции управления было предложено взять на себя отдельному контроллеру, и это был важный шаг к централизации сетей в условиях стремительно развивающихся децентрализованных пакетных интернет-технологий. А в целом предлагалось провести черту между алгоритмами выработки решений о том, куда и какие пакеты переслать (control plane), и алгоритмами реализации этих решений (data/forwarding plane) для приложений верхнего уровня предоставляются интерфейсы прикладного программирования API (Application Programming Interface). Таким образом, ввод новых услуг в сети ускоряется и облегчается. При подобной логике достаточно один раз установить правила обслуживания трафика или алгоритм работы сети для того или иного приложения, и тогда можно будет одним кликом мышки активировать настройки на всех сетевых узлах, не особо обращая внимание на количество сетевых объектов — все необходимые изменения во всех узлах произойдут автоматически. Помимо всего прочего, это позволяет существенно снизить и вероятность возникновения ошибок, вызванных человеческим фактором.

С другой стороны, как справедливо указывают специалисты, в концепции централизованного управления сетью нет ничего нового. Пятнадцать лет назад похожего трансформацию пережили сети телефонной связи, когда управление от отдельных АТС было передано программным коммутаторам (SoftSwitch). Учитывая тогдашнюю стремительную цифровизацию телефонных сетей, нетрудно увидеть в концепции SoftSwitch (позднее перешедшей к своей второй, мультисервисной, стадии IMS — IP Multimedia Platform) предпосылки создания будущих SDN. Выгоды такого централизованного управления были быстро оценены телефонистами: меньшая стоимость оборудования и ПО в расчёте на узел сети; более простое управление; возможность лёгкого запуска дополнительных сервисов одновременно на всей сети. Ну, что же, это несколько не умаляет заслуг Н. Маккеннона в умении выделить нужный тренд и развить его в глобальном масштабе и позволит взглянуть совсем по-иному на весь мир телекома.

Чтобы проверить жизнеспособность концепции, Н. Маккенон и его единомышленники из Университета Беркли разработали прототипы контроллера и коммутатора и, основав в 2006 г. стартап Nicira, перевели на архитектуру SDN кампус Стэнфордского университета. Компания VMware, лидер рынка виртуализации серверов, увидела в SDN подходящее средство виртуализации корпоративных сетей и приобрела Nicira за 1,26 млрд долл. США, что лишь в пять раз дешевле, чем стоил мобильный бизнес Nokia при его покупке компанией Microsoft.

Что же касается телекома, то, как рассказывал Н. Маккенон во время своего визита в Москву, сначала его проект был встречен производителями телекоммуникационного оборудования в штыки. К примеру, в штаб-квартире Cisco ему долго доказывали, что предложенная им архитектура принципиально неработоспособна, поэтому заниматься ею бессмысленно. А вот в крупных ИТ-компаниях, вроде Microsoft, его поддержали. Впрочем, новые идеи заставили производителей телекоммуникационного оборудования по-иному взглянуть на себя самих. К примеру, жизненный цикл разработки такого оборудования

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Internet Service Provider

Сайт: <http://www.rinet.net>

SD-WAN — ведущая партия в программно-определяемом "оркестре"

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Программный конь идёт на смену железной лошадке".

(Неильф, Непетров "Цифровой телёнок")

составляет около трёх лет, а срок разработки какого-либо усовершенствования в ПО — один месяц. Отделив аппаратную и программную части продукта друг от друга, можно не только его быстрее разрабатывать, но и оперативно получать обратную связь от потребителей и опять же быстро на неё реагировать. В итоге получается качественно новый уровень управления ИКТ-инфраструктурой на программном уровне, причём срок исполнения вновь возникающих задач может реализовываться минимальными силами за минимальное время. К примеру, современные маршрутизаторы обладают богатой функциональностью (которая, кстати, во многом определяет их немалую стоимость). Вот только использовать большинство функций, как правило, не удаётся. Чем масштабнее сеть, чем больше различных узлов, тем сложнее конфигурация сетевого оборудования и обеспечение её согласованности. Отсюда естественным образом следуют два эмпирических факта — чем больше узлов, тем проще настройки и чем сложнее настройки, тем реже они меняются. В то же время гибкая адаптация сети, необходимая для поддержки разнообразных сервисов, требует как сложных настроек, так и быстрого их изменения.

Новая парадигма отдельной работы "железа" с программной частью решения оказалась достаточно удобной и эффективной для open-source разработчиков, и к 2009 г. технологией SDN уже интересовались не только учёные, но и бизнес. Сверхуспешная продажа Nicira, сделавшая её основателей мультимиллионерами, изрядно повысила интерес к технологии SDN и стала катализатором серии покупок крупными компаниями-поставщиками, вроде Cisco и Juniper, стартапов, занимающихся SDN. Вскоре к ним присоединились Ericsson, Huawei, Nokia и др., включая крупнейших операторов связи, вроде AT&T, заинтересованных в появлении универсальных абонентских устройств, работающих с SDN.

В целом появление и развитие концепции SDN называют завершающей фазой длительного периода усилий, направленных на то, чтобы сделать сети программируемыми или окончательно

превратить телекоммуникационные сети в компьютерные. Начало этому процессу положила модернизация сетей связи с помощью технологии пакетной коммутации. В целом же SDN — это архитектурный каркас для создания сетей внутри сети с заранее определёнными параметрами и конфигурацией. Теперь наступило время конкретных решений для участников рынка, и SDN уже довольно широко используется в облачных решениях в рамках виртуализации сетей и даже целой ИКТ-инфраструктуры.

Одальной частью концепции SDN является концепция виртуализации сетевых функций (NFV — Network Function Virtualization), о которой также упоминалось на страницах журнала, когда вместо физических сетевых устройств можно разместить на серверах ЦОДа (центра обработки данных) их виртуальные (программные) реализации (SoftSwitch, IMS, коммутаторы, маршрутизаторы и т. п.), что гораздо дешевле реального "железа", которое ещё надо где-то размещать, обеспечивать электропитание и пр. Собственно, что представляет из себя современное (цифровое) сетевое оборудование связи? Это компьютер со специализированным ПО, выполняющим некие функции над проходящим через него трафиком. Идея NFV была предложена Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) в 2012 г. Вполне логично, что занимающаяся развитием SDN международная организация Open Networking Foundation (куда входят многие участники ИКТ-рынка) пересмотрела модель SDN, заменив физический контроллер на виртуальный узел. По всему получается, что SDN — один из первых прообразов "цифрового" предприятия в области телекоммуникаций со всеми вытекающими из него преимуществами цифровой трансформации.

Основной особенностью архитектуры NFV для оператора связи является возможность так называемой оркестрации услуг или, иначе, выделения виртуальных ресурсов тем или иным услугам по запросу. При этом достигается наиболее оптимальное использование ресурсов оборудования: серверов, узлов хранения и сети. Для этого в архитекту-

ре NFV предусмотрен так называемый компонент администрирования и оркестрации MANO (Management and Orchestration), который является важнейшей частью концепции NFV. Процесс оркестрации услуг в чём-то похож на монтажёра кинофильма, склеивающего плёнку (или цифровые файлы) отснятых сцен, формируя эпизоды и фильм в целом. Сцены могут быть сняты в произвольном порядке, нередко окончание снимается раньше, чем начало, так же и набор виртуальных сетевых функций NFV может быть произвольным. Оркестратор NFV генерирует, обслуживает и прекращает работу сетевых сервисов (функций) VNF (Virtual Network Function), а также инициирует создание законченной услуги из многих VNF.

Одной из конечных реализаций SDN является решение SD-WAN для территориально распределённых сетей. Оно предназначено для операторов связи и корпоративных заказчиков с большим количеством филиалов (ритейл, банки, транспортные и логистические компании). Конкретно для операторов — это возможность эффективно (полностью на программном уровне) расширить перечень предоставляемых услуг и сервисов. Для бизнеса — возможность эффективно управлять филиальной корпоративной сетью. Собственно, SD-WAN — это частный подход, реализующий внедрение публичного Интернета (включая и мобильный Интернет через сети 4G/LTE) поверх существующих WAN-сетей. Кстати, SD-WAN ещё называют гибридным WAN, что более точно отражает суть построения такой сети.

SD-WAN позволяет максимально автоматизировать формирование виртуальной корпоративной VPN-сети с необходимым уровнем шифрования информации и передачей трафика по любым типам подключённых каналов связи. В основе SD-WAN (как и предусмотрено концепцией SDN) находится виртуальный контроллер (оркестратор), который самостоятельно и автоматически управляет всеми устройствами доступа, расположенными в узлах WAN-сети (в филиалах или удалённых офисах). Он позволяет централизованно изменять настройки сетевого оборудования в филиальной сети за счёт использования шаблонов конфигураций, отслеживать состояние сети, загрузку и качество работы каналов, а также оперативно обнаруживать неполадки, которые возникают в каналах связи, и реагировать на них. На контроллере задаются правила и политики для различных классов трафика, параметры безопасности, качества обслуживания и другие характеристики. С помощью контроллера можно осуществлять мониторинг за состоянием сети в реальном времени и в автоматическом режиме изменять топологию сети в зависимости от текущей загрузки каналов связи, а также использовать полученные данные для анализа.

Управление трафиком в сети SD-WAN осуществляется на уровне приложений. Под каждое приложение выделяется, как он будет направляться, балансироваться и обрабатываться в каналах связи. В этом заключается принци-



альное отличие технологии SD-WAN от методов управления в традиционных сетях.

Главным преимуществом технологии SD-WAN является оптимизация используемых каналов связи, что также сокращает затраты на их аренду. Благодаря использованию алгоритмов распределения трафика приложений и интеллектуального распределения потоков данных, можно использовать несколько проводных интернет-каналов, а в качестве резервного — 3G или 4G/LTE, при этом полностью отказавшись от дорогих бизнес-приложений, работающих по специально выделенным для них каналам с целью поддержки высокого качества. Система SD-WAN сама анализирует качество связи, и если происходит её деградация и она перестаёт удовлетворять требованиям, предъявляемым бизнес-приложением, принимается решение о перенаправлении трафика данного сервиса в другой доступный канал. В концепцию SD-WAN изначально была заложена поддержка каналов L3VPN, Интернет, LTE и др. Во-первых, это удобно с точки зрения мониторинга, и администратор сети видит на панели управления контроллера актуальное состояние всех каналов вне зависимости от их типа. Но и это не самое большое преимущество. Стоимость интернет-каналов постоянно снижается, а доступная полоса пропускания увеличивается. Сейчас за ту же цену можно арендовать канал с пропускной способностью в 10 раз больше, чем 10 лет назад, и зачастую по качеству он не будет уступать выделенному L3VPN, для которого оператор предоставляет гарантированный уровень обслуживания. Поэтому с появлением SD-WAN стали возможны отказ от аренды дорогих каналов L3VPN и использование интернет-каналов от разных провайдеров с сохранением необходимого качества обслуживания.

В целом для реализации SD-WAN можно применять существующие широко известные технологии и протоколы, такие как DMVPN (Dynamic Multipoint VPN — виртуальная частная сеть с возможностью динамического создания туннелей между узлами), Pfr (Performance Routing — интеллектуальное управление трафиком), BGP (Border Gateway Protocol — протокол граничных роутеров), EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol — усовершенствованный внутренний шлюзовой протокол маршрутизации), NBAR (Network-Based Application Recognition — технология, позволяющая классифицировать TCP/UDP-трафик по используемым портам), WAAS (Wide Area Application Services — устранение ограничений по производительности, вызванных ограничениями пропускной способности).

Технология SD-WAN имеет много новых функций, крайне интересных для компаний-операторов связи, использование которых в сценарии сетей WAN может сильно сократить операционные расходы (капитальные расходы за счёт виртуальности также превратились в операционные) и повысить эффективность. Гибкость, масштабируемость и простота внедрения дают весомые преимущества перед традиционными вы-

деленными глобальными сетями или другими технологиями VPN.

Не секрет, что традиционные WAN-сети могут обладать многими преимуществами по скорости передачи, надёжности и устойчивости, но всё это за счёт высокой стоимости организации (прокладка кабеля — от 150 до 500 руб. за метр) и относительно больших сроков реализации (от недели до нескольких месяцев). Более экономичный вариант — виртуальная частная сеть (VPN) точка-точка между двумя объектами через сеть Интернет — становится крайне неудобным при попытке связать и как-то управляться с большим количеством удалённых филиалов.

В свою очередь, SD-WAN может работать поверх любых каналов связи и фактически абстрагирует технологии маршрутизации, безопасности и физические устройства, создавая логическое подключение, в котором можно как угодно управлять трафиком, гарантировать доставку пакетов, балансировать нагрузку и оптимизировать загрузку каналов связи. Для использования SD-WAN нет необходимости наполнять стойку дорогостоящим сетевым оборудованием, как правило, необходимы лишь небольшие SD-WAN-устройства, коммутаторы доступа или беспроводные точки доступа. Сеть на базе SD-WAN не только легко развернуть, но ею также легко управлять, осуществлять поиск и устранение неисправностей за счёт наличия контроллера, который берёт эти задачи на себя. За счёт агрегации нескольких каналов достигается высокая отказоустойчивость, неисправность можно устранять в рабочем порядке без падения производительности или отключения каких-либо сервисов. Ещё одно преимущество SD-WAN — применение виртуализованных WAN, которые позволяют легко сегментировать пользователей внутри этой сети. Раньше это было невозможно сделать без использования DMVPN поверх существующей WAN-сети. Теперь же SD-WAN позволяет предоставить такую услугу клиентам, которые хотят изолировать трафик от ЦОДа до подключённых к WAN филиалов.

Разумеется, у SD-WAN есть и минусы. Прежде всего, это использование Интернета для передачи данных. Ни одна агрегация нескольких интернет-соединений не сможет обеспечить такой же уровень надёжности и безопасности, как выделенная линия. К тому же оборудование SD-WAN принимает только Ethernet-соединения, исключая некоторые схемы подключения. Ещё одним, самым существенным недостатком было то, что решения разных поставщиков SD-WAN были несовместимы, что существенно ограничивало их использование и замену. Впрочем, последний недостаток, похоже, преодолен, и участники программы создания SD-WAN уже договорились о создании решений с открытым кодом, что наконец-то открывает на рынке связи новый сегмент. Инициаторами данного процесса стали, разумеется, операторы связи, а одним из застрельщиков выступила компания AT&T, ведущий телеком-оператор США.

В частности, на недавнем очередном совещании Open Networking Summit наибольшее внимание участников привлек отчёт AT&T о развитии собственной SD-WAN-сети. Согласно планам компании, к началу 2018 г. 55 % всех сетевых услуг будут предоставляться средствами SDN, а год назад на её долю приходилось 30 %, а два года назад доля SDN — лишь 2 %. Развитие SDN в AT&T во многом объясняется потребностью адекватно реагировать на колоссальный рост мобильного сетевого трафика, который за минувшие 10 лет вырос в 2500 раз. Опора на чисто аппаратные решения уже не позволяет добиться нужной оптимизации, и выход следует искать в программных решениях. Необходимы новая архитектура и программная платформа. Поскольку на рынке не было подходящих предложений, пришлось создавать собственное решение.

В результате в AT&T была создана система ECOMP (Enhanced Control, Orchestration, Management & Policy), позволяющая реализовать около 100 различных виртуализованных функций, связанных с поддержкой нескольких десятков миллионов клиентов компании. В начале 2017 г. оператор сделал этот проект открытым (Open Source) и предоставил другим телеком-компаниям возможность использовать его для разработки собственных программных реализаций и создания открытой платформы сетевой автоматизации ONAP (Open Network Automation Platform). Использование открытой модели для оборудования имеет сейчас первостепенное значение, и потому в AT&T расширяется использование так называемых White-box коммутаторов и серверов, предусматривающих установку процессоров от различных компаний-поставщиков: Broadcom, Intel и Barefoot Networks. Выпуск сетевых устройств такого типа уже запущен в Foxconn и ряде других производственных компаний.

Концепция коммутаторов White-box имеет прямую связь с SDN. В ней реализована модель разделения оборудования на "железную" часть и программную надстройку. Первая часть позволяет использовать оборудование на основе схемотехники не только Broadcom, но и других производителей чипсетов. Вторая часть касается применения сетевой операционной системы (ОС), которая может как предустанавливаться при выпуске устройства, так и устанавливаться заказчиком самостоятельно. Суть концепции White-box — предоставление недорогого оборудования (коммутаторов, серверов), которые не имеют тесной интеграции чипсета и сетевых приложений, но при этом позволяют администраторам этих систем модифицировать ОС под свои нужды, используя огромное количество бесплатных приложений.

Сегодня любой контроллер SD-WAN пока ещё может управлять устройствами только того же производителя. Однако внедрение и развитие SDN-систем несёт с собой и ещё один эффект — постепенно и неуклонно размывается сложившаяся экосистема сетевого обо-

рудования, связанная с преимущественным использованием устройств традиционных производителей — Cisco, Ericsson, Huawei и Nokia, которые ориентированы на применение собственных аппаратных и программных решений, но будут вынуждены подстраиваться под создание систем SDN с открытым кодом. В целях придания гибкости заказчикам, разумеется. Ведь необходимые изменения конфигурации сети, на разработку и применение которых раньше уходили месяцы, при использовании SD-WAN делаются за часы или даже минуты.

Вот так продолжающийся динамичный переход рынка связи на чисто программные решения придаёт ему дополнительную гибкость, позволяя оперативно следовать за возникшими потребностями или трендами, не давая при этом расслабляться всем его участникам. Там ведь как — лишь только притормозил или чего-то не заметил, и уже настоящая жизнь пролетела мимо, радостно трубя и сверкая лаковыми крыльями.

По материалам ict-online.ru,
shalaginov.com, vasexperts.ru,
cnews.ru, itweek.ru, pcweek.ru,
blog.ipSPACE.net, osp.ru, iksmedia.ru

Вышла в свет новая книга

Витязев С. В. Цифровые процессоры обработки сигналов. Курс лекций. — М.: Горячая линия — Телеком, 2017. — 100 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0648-8

Рассмотрены основы построения архитектур и оптимизации программного обеспечения цифровых сигнальных процессоров. Сформулированы основные задачи цифровой



обработки сигналов на сигнальных процессорах. Представлено описание инструментальных и программных средств работы с цифровыми сигнальными процессорами.

Адрес издательства в Интернете:
WWW.TECHBOOK.RU
Справки по тел.: (495) 737-39-27