

[Миссия Института](#)[Направления
деятельности](#)[Руководство](#)[Публикации ИТМиВТ](#)[Популярные
материалы
и комментарии](#)[Научные статьи](#)[История ИТМиВТ](#)[Документы](#)[Контактная
информация](#)

УДК 681 224 621 391:006.354

ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ СЕТИ И ИХ РАЗВИТИЕ

Ермолаева А.Б.,

канд. техн. наук, доцент

Ромашова Н.В.

*Институт Точной механики и Вычислительной техники имени С.А. Лебедева Российской
академии наук, Москва*

**Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства
образования и науки Российской Федерации.**

**В статье рассмотрены вопросы концепции развития
Программно-конфигурируемых Сетей на современном этапе.
Описаны проблемы стоящие перед разработчиками.
Приведены данные по start-up проектам 2012 года.**

Качественный скачок процессорной производительности, вычислительных объемов памяти и высокоскоростных технологий передачи данных последнего десятилетия дали толчок к реальному развитию технологий облачных вычислений и ГРИД-системам, которые только обсуждались в предыдущие годы. Однако существование данных технологий немыслимо без сетевых инфраструктур. В настоящее время сетевые инфраструктуры оказались «бутылочным горлышком» для массовых пользователей услуг мобильной связи, интернета, центров обработки данных (ЦОД) и Сети хранения данных (СХД).

Одновременно пользователи используют устройства, которые позволяют им массово получить сервисы ранее доступные ограниченному кругу потребителей. Это приводит к выделению управления сетью в отдельный сервис услуг. Ключевые сетевые протоколы были разработаны на заре Интернета и Ethernet, когда невозможно было даже представить современные скорости и объемы передаваемых данных. Если бы сегодня существовала возможность разработать их с чистого листа и с учетом всего накопленного опыта, скорее всего, они оказались бы абсолютно иными. Можно сказать, мы присутствуем при революции сетевой индустрии: от аппаратных решений сети переходят к программным платформам, которые позволят быстро изменить статичность существующих сетей и перейти к динамической оптимизации сетевых ресурсов.

Эти изменения стали возможны благодаря доступности микросхем с сетевыми функциями, коммерциализации программных сетевых ядер и созданию стандартов открытых протоколов, таких

как OpenFlow, для управления маршрутизацией и коммутацией в Сети.

Программно-конфигурируемые Сети (ПКС или Software Defined Networks или SDN) – развивающаяся архитектура сети, где функция управления сетью разделена с функцией передачи данных и полностью программируема [1]. Основная идея ПКС состоит в том, что бы не изменяя существующего сетевого оборудования отделить (перехватить) управление этим оборудованием (маршрутизаторами и коммутаторами) за счет создания специального программного обеспечения, которое может работать на обычном отдельном компьютере и которое находится под контролем администратора Сети. С помощью протокола OpenFlow специалисты тратят меньше времени на начальные настройки сети и передают ее в эксплуатацию в практически автоматическом режиме для поддержки заданного QoS. Все маршрутизаторы и коммутаторы объединяются под управлением Сетевой Операционной Системы (СОС), которая обеспечивает приложениям доступ к управлению сетью и которая постоянно отслеживает конфигурацию средств Сети. Поток данных flow таблиц OpenFlow (OpenFlow pipeline) содержит множество flow таблиц, которые можно объединить в древовидные структуры, что позволяет более эффективно использовать ассоциативную память TCAM и реализовать практически любые сценарии обработки и продвижения данных. Процесс продвижения таблиц всегда начинается с первой таблицы с номером «0», а заканчивается, если нет указания на следующую flow таблицу с большим номером. Древовидная структура (1) строиться с помощью указания исполнения номеров следующих таблиц и исполнения функций этих таблиц:

$$fT_{n+1}=(fT_{n-1}, \dots)+fT_n; \quad (1)$$

Протокол OpenFlow решает также проблему зависимости от сетевого оборудования какого-либо конкретного поставщика, поскольку ПКС (SDN) использует общие абстракции для пересылки пакетов, которые сетевая операционная система использует для управления сетевыми коммутаторами. Можно сказать, что OpenFlow – это протокол нижнего уровня для программирования коммутаторов.

Теоретически SDN дает возможность абсолютной гибкости в управлении трафиком, теоретически — легкая балансировка трафика без задействования отдельной «железки». На практике, у SDN есть три большие проблемы, которые решают все разработчики: 1) Транспорт от контроллера до коммутаторов, 2) Стыковка с традиционной сетью, 3) Безопасность сети.

В конце марта 2011 года компании Deutsche Telecom, Facebook, Google, Microsoft, Verizon и Yahoo, операторы и владельцы ряда крупнейших мировых сетей и центров обработки данных, объявили о создании Open Networking Foundation (ONF), некоммерческой организации, целями которой являются продвижение и стандартизация принципиально нового подхода к передаче данных — программируемой сетевой инфраструктуры, или SDN. Спустя три месяца организация объединяла уже 42 участника, а Программно-конфигурируемые сети и протокол OpenFlow стали

постоянной темой новостей и блогов разработчиков и производителей сетевого оборудования.

Основные требования к SDN, предложенные консорциумом ONF [1]:

1. Централизованное управление для мультивендорного оборудования.
2. Снижение сложности настройки и конфигурирования сети за счет автоматизации настройки и конфигурирования.
3. Высокий уровень изменяемости в реальном времени для поддержки новых коммерческих требований.
4. Усиление безопасности и стабильности работы сети.
5. Детальный контроль сети для служб поддержки сервисов.
6. Сбор, обработка статистики сети и управление.

Самым используемым протоколом для поддержания обмена между контроллерами и свечами SDN является протокол OpenFlow, который выбран постфактум стандартным протоколом для SDN.

ONF предложила трехуровневую архитектуру SDN, представленную на рисунке (1):

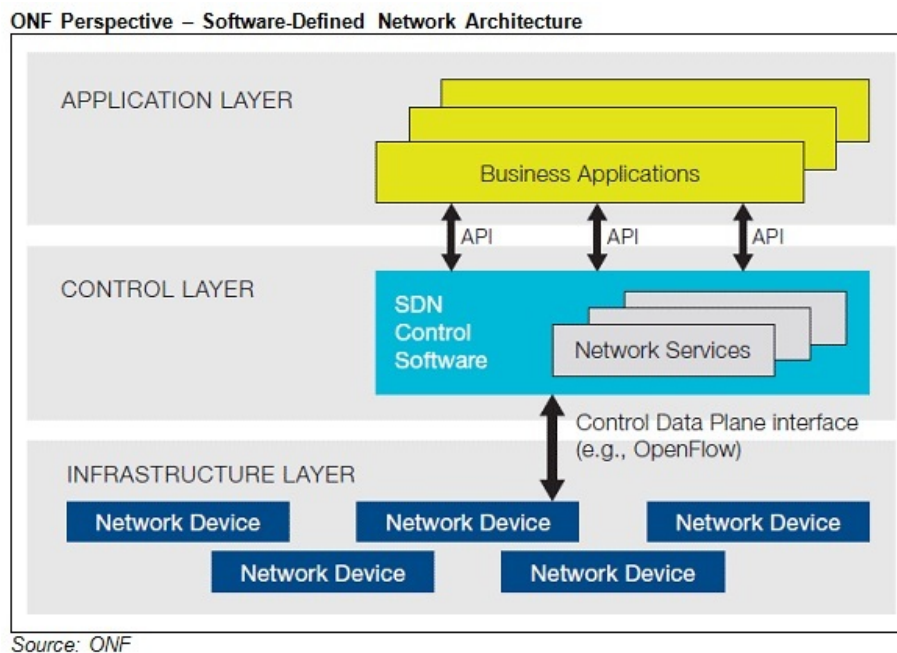


Рисунок 1 Архитектура SDN

Нельзя сказать, что предложенная ONF технология это прорыв в архитектурах сетей. Подобные предложения уже делались отдельными коммерческими организациями в основном для управления глобальными сетями и большими мобильными платформами на базе мониторинговых систем фирмами Alcatel, Ericsson, Cisco и т.п. Основной проблемой для внедрения таких систем являлось наличие большого количества проприетарных протоколов производителей разного оборудования, а цена внедрения и эксплуатации подобной системы была больше стоимости контролируемого оборудования в 2000 -2008гг.

Новые технологии изменили и усложнили природу сетей — облака, ГРИД и крупные ЦОД предъявляют к сетям повышенные требования, выполнять которые оказывается все сложнее. Операторам требуются более «умные» сети, а также усовершенствования в инструментах сетевого мониторинга/управления и снижение затрат на эти сервисы. Этим требованиям отвечают программно-конфигурируемые сети, работающие на основе протокола OpenFlow. Поэтому идея SDN является на сегодня самой горячо обсуждаемой в мире компьютерных сетей нового поколения.

Ограниченное количество протоколов технологии Ethernet на начальном этапе дает хороший толчок для развития OpenFlow и SDN. Поэтому изначально сообщество рассматривало приложения уровня L2-L3 - управление сетью и контроль доступа в сетях Ethernet (стек IP), построение VLAN, VOIP-клиенты в Wi-Fi сетях, как наиболее трудоемкие для администрирования.

Одновременно рассматривался вопрос о возможности использования предложенного механизма SDN для сетей, не использующих стек протоколов IP и имеющих пакеты, отличающиеся от описанных в протоколе OpenFlow. Такие решения были предложены. Для этого применялись новые искусственные MAC-адреса, другой тип Ethernet, IP-уровень. Наиболее инновационным было предложение создать специальный FPGA-бридж [2].

Предложенная концепцией SDN разделение сети на 3 уровня было реализовано в полной мере такими компаниями как HP и IBM-NEC. Однако эта реализация еще раз подтвердила, что достижение максимальной производительности и QoS можно ожидать только в рамках единой стратегии одной компании производителя. Так объединение компаний IBM-NEC представило в январе 2012г. локальную сеть компании Geneses Hosting, построенную под управлением программируемого контроллера IBM-NEC с разнородным коммутационным оборудованием сети заказчика и поддержанием трехуровневого решения по технологии SDN. Решение IBM-NEC позволило сократить еженедельное администрирование сетью на 100 часов, сократить на 60% количество IP-адресов, и обеспечило качество поддержки сети 99,9% [6]. Компании Geneses «воодушевленная» полученными результатами планирует полностью перейти на продукты IBM-NEC (маршрутизаторы с портами 1Гб и 10Гб) при расширении своего бизнеса.

Самая большая проблема для парадигмы SDN это создание приложений в рамках ее концепции. Как показала практика в настоящее время приложения, используемые в созданных сетях, в основном отражают автоматизацию процесса администрирования. Чтобы как-то расширить горизонты бизнеса, для SDN было проведено обсуждение его тематики с целью разработать новые «kill application».

И такие приложения появились. Например «Эластичное дерево» для снижения энергозатрат ЦОД. Идея состоит в том, чтобы выключать часть маршрутизаторов или снижать их энергопотребление за счет перераспределения или балансировки

нагрузки на порты. На рисунке приведен пример возможной балансировки для 16 узлов (маршрутизаторов), рисунок (2).

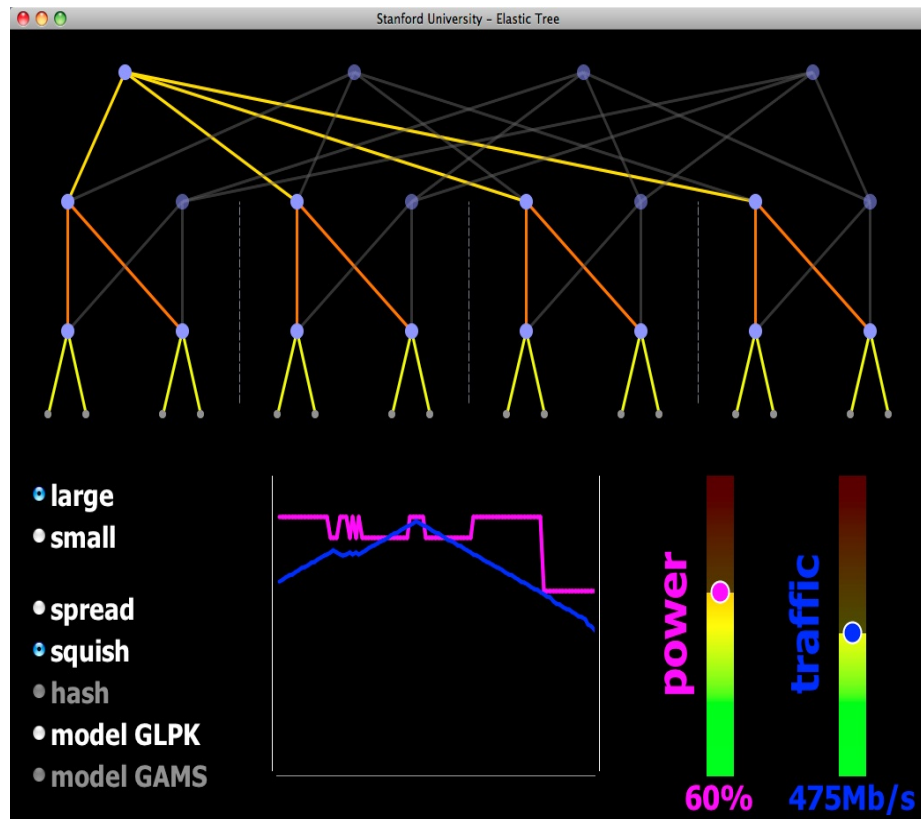


Рисунок 2 «Эластичное дерево» для ЦОД

Можем ли мы говорить о готовности к массовому внедрению SDN технологий? После выступления членов правления альянса ONF, одного из основателей компании Nicira - Ника МакКеон (Nick MacKeown), профессора Университета Стэнфорда и Скотта Шенкер (Scott Shenker), профессора Университета Беркли в рамках Научно-практической Школы ПКС-технологий 18-20 сентября 2012г. стало понятно, что о массовом применении речь пока не идет. Все разработки и оборудование находятся в основном стадии Beta-тестирования для локальных сетей. Глобальные сети - вопрос будущего, т.к. любые изменения существующих протоколов влияют на все интернет сообщество. Вопросы безопасности сетей пока никак не рассмотрены в концепции SDN. Видимо каждый разработчик и поставщик будет предлагать свои проприетарные решения.

Скотт Шенкер утверждает, что: «Через 15 лет все перейдут на SDN, это неизбежно. Вопрос в том, кто будет первым?»

В мировых глобальных сетях Google был первым, и в этом сейчас его конкурентное преимущество». Однако Google не спешит поделиться, какие именно приложения они используют для глобальных сетей. Предложения же других компаний не выходят за рамки локальных сетей.

Открытый стандарт протокола OpenFlow и концепция SDN повторяет развитие любых открытых систем и стандартов.

Так, например, Cisco уже заявила, что не ограничится предложенным стандартом и разработала стратегию SDN, включающую VXLAN для L2 с использованием технологий самой Cisco, VMware (VXLAN является ядром стратегии [VMware's Software Defined Data Center](#)), Red Hat. [5] Nicira, разработчик технологии Open vSwitch, уже встроил в ядро [Linux 3.3 release](#) виртуальный маршрутизатор SDN. При этом Allwyn Sequeira вице-президент VMware (заказчик Nicira) говорит, что SDN - естественное расширение продуктовой линейки VMware.[5] Проект Big Switch тестирует открытые коды OpenFlow контроллера Floodlight.

Компания IDC оценила инвестиции в разработки SDN в размере \$2 миллиардов к 2016г. В списке наиболее успешных start-up 2012г. проектов SDN можно увидеть следующие компании [3]:

- [Nicira](#) (\$1.2 миллиарда инвестиций от VMware);
- ADARA Networks; Big Switch Networks;
- ConteXtream; Embrane; Insieme (\$100 миллионов инвестиций и для завершения работ \$750 миллионов от Cisco);
- LineRate Systems; Midokura(\$6 миллионов инвестиций);
- Plexxi (\$50 миллионов инвестиций);
- PlumGrid (\$13 миллионов инвестиций);
- vArmour Networks.

Россия приняла участие в start-up 2012г на базе резидента Фонда «Сколково» Центра прикладных исследований компьютерных сетей (ЦПИ КС), который занимается проверкой всех заявленных характеристик OpenFlow. Ожидается, что в ближайшие два года появится от 2-х до 6-ти проектов по реализации SDN. Так «Ростелеком» уже заключил контракт на сумму 21,6 млн. рублей с ЦПИ КС на проектирование и создание опытного сегмента облачной платформы для дата-центров на основе программно-конфигурируемых сетей.[7]

Таким образом, создание ПКС позволит разделить уровень управления сетевым оборудованием от уровня управления передачи данных, создать программно-управляемый интерфейс между сетевыми приложениями и транспортной средой и перейти от управления отдельным оборудованием к управлению сетью в целом.

Литература

1. Software-defined networking: the new norm for Networks (ONF White Paper April 13, 2012).
2. OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks Stanford University; Tom Anderson University of Washington; Hari Balakrishnan, MIT;Guru Parulkar Stanford University; Larry Peterson Princeton University; Jennifer Rexford Princeton University; Scott Shenker University of California,Berkeley;

Jonathan Turner Washington University in St. Louis (March 14, 2008).

3. 10 Next-Gen Networking Startups Ripe For The Plucking By [Chad Berndtson](#), CRN 11, 2012.
4. WHITE PAPER Designing and Building a Datacenter Network: An Alternative Approach with OpenFlow Sponsored by: NEC Corporation. Rohit Mehra, January 2012.
5. <http://www.enterprisenetworkingplanet.com/> Cisco Reveals Software Defined Networking Strategy.
6. <http://www.bigswitch.com/>.
7. <http://arccn.ru/>.