

Виртуализация ЦОД



Василий ПАШКОВ,
программист-разработчик
Центра прикладных исследований
компьютерных сетей (ЦПИ КС),
аспирант МГУ им. М.В. Ломоносова



Александр ШАЛИМОВ,
старший программист-разработчик
Центра прикладных исследований
компьютерных сетей (ЦПИ КС),
к. ф.-м. н.

Возрастание количества и разнородности контента в глобальной сети, развитие сервисов и увеличение их масштабов привели к изменению парадигмы организации вычислений: на место клиент-серверной организации вычислений пришли центры обработки данных (ЦОД) и облачные вычисления. Мировой рынок центров обработки данных начиная с 2008 г. ежегодно растет в среднем на четверть, и, по данным Emerson Network Power, количество ЦОД уже превысило полмиллиона. Российский рынок ЦОД демонстрирует еще более высокие темпы роста: по оценкам аналитиков, в 2011 г. площадь коммерческих ЦОД увеличилась на 60%.

Одним из основных подходов, применяемых в ЦОД для увеличения эффективности использования инфраструктуры, снижения энергопотребления, обеспечения высокого уровня доступности ресурсов, повышения безопасности сервисов,

является виртуализация. Ведущую роль в виртуализированных ЦОД играют сети, которые связывают между собой ресурсы ЦОД.

В статье описывается подход программно-конфигурируемых сетей (ПКС), который позволяет повысить эффективность управления сетевой инфраструктурой и ресурсами ЦОД, снизить затраты на их поддержку, а также обеспечивает возможности для виртуализации сетей.

Сети центров обработки данных

Современные центры обработки данных могут объединять десятки тысяч физических серверов и сотни тысяч виртуальных машин, которые используются для решения самого широкого круга задач. Это создает определенные проблемы при построении сетей ЦОД.

Для большинства пользователей ЦОД необходима связность

арендуемых ими машин на канальном уровне стека TCP/IP, однако при построении локальных сетей требуемого размера возникает ряд трудноразрешимых проблем. Например, в масштабах крупных ЦОД протоколы канального уровня не в состоянии обеспечить изоляцию между машинами различных пользователей. Кроме того, протокол Ethernet не допускает образования циклов, поэтому построенная поверх него сеть ЦОД всегда будет использовать неэффективную древовидную топологию. В то же время сети IP могут иметь практически неограниченный размер.

Еще одной серьезной проблемой является использование в ЦОД сетевого оборудования разных производителей, которое зачастую испытывает проблему несовместимости, связанную с использованием различных проприетарных фирменных протоколов, и безусловно требует большого количества высококвалифицированных специалистов для обслуживания и управления сетевой инфраструктурой.

При построении сетевой инфраструктуры нередко приходится искать компромиссы. Так, стоечные коммутаторы ToR (top-of-rack switch) обладают следующими преимуществами: низкая стоимость, малое количество кабельных соединений, хорошее охлаждение, более гибкая архитектура, все соединения оптические. Однако применение этой схемы предполагает наличие большого количества управляемых устройств. При использовании коммутаторов EoR (end-of-row switch) к целому ряду стоек значительно упрощаются управление, резервирование и обслуживание, но увеличивается количество кабельных соединений.

К сетям современных ЦОД предъявляются следующие основные требования.

Масштабируемость. Самое актуальное требование, общее для всех больших центров обработки данных, которое заключается в возможности соединения сотен тысяч серверов и миллионов виртуальных машин.

Независимость расположения. Динамическое выделение ресурсов в центрах обработки данных намного более эффективно, если ресурсы могут быть назначены независимо от их расположения в сети, и виртуальные машины могут мигрировать свободно без перерывов в обслуживании.

Качество сервиса (QoS). В отличие от глобальных сетей сети центров обработки данных должны обеспечивать высокий уровень производительности, что подразумевает надежность и устойчивость к сбоям в сети, изоляцию сетей арендаторов друг от друга (для multi-tenant

серверов сетевых устройств и систем охлаждения приводит к потреблению огромного количества энергии. Один из основных путей снизить энергопотребление ЦОД заключается в динамическом включении/отключении неиспользуемого оборудования.

Программно-конфигурируемые сети

Программно-конфигурируемая сеть – это новый подход к построению архитектуры компьютерных сетей, при котором уровень управления сетью и уровень передачи данных разделяются за счет переноса функций управления сетью (маршрутизаторов, коммутаторов) в программные приложения, которые работают на отдельном сервере, называемом контроллером. Основная идея ПКС-подхода была сформули-

загружать их в сетевое оборудование. Основные идеи, которые закладывались в ПКС, заключаются в следующем:

- разделение уровня передачи и уровня управления данными;
- единый, унифицированный, не зависящий от поставщика интерфейс между уровнем управления и уровнем передачи данных (протокол OpenFlow);
- логически централизованное управление данными осуществляется с помощью контроллера с установленной сетевой операционной системой (СОС) и набором сетевых приложений, реализованных поверх нее;
- виртуализация физических ресурсов сети.

Программно-конфигурируемая сеть состоит из коммутаторов, осуществляющих передачу данных (forwarding), и контроллера, который решает задачи, связанные с вычислением маршрутов и управлением передачей данных. Контроллер управляет множеством коммутаторов через защищенные каналы.

Согласно спецификации OpenFlow каждый коммутатор содержит одну или более таблиц потоков (flow tables). Каждая таблица потоков в коммутаторе содержит набор правил по управлению потоками в сети. Каждое правило состоит из признаков для сравнения (match fields), счетчиков (counters) и действий (actions). Механизм работы OpenFlow-коммутатора достаточно прост. У каждого пришедшего пакета анализируется заголовок (битовая строка определенной длины). Для этой битовой строки в таблицах потоков происходит поиск правила, у которого поле признаков ближе всего соответствует заголовку пакета. При совпадении над пакетом и его заголовком выполняются преобразования, определяемые набором действий, указанных в найденном правиле. Действия, ассоциированные с каждой записью таблицы, связаны с пересылкой пакета, модификацией заголовка пакета, пересылкой пакета на определенный порт коммутатора. Действия также определяют правила модификации счетчиков, которые могут быть использованы для сбора статистики использования сети. Если соответствующее правило для пакета

Один из основных путей снизить энергопотребление ЦОД заключается в динамическом включении/отключении неиспользуемого оборудования.

ЦОД), балансировку нагрузки для предотвращения перегрузок в сети.

Концепция программно-конфигурируемых сетей способна решить многие из существующих проблем проектирования ЦОД и обеспечить реализацию требований к сетям ЦОД благодаря способности осуществлять быструю коммутацию пакетов по нестандартным правилам. Концепция ПКС фактически снимает ограничения на размер сегментов второго уровня, позволяя абстрагироваться от реальной структуры сети.

Помимо повышения гибкости управления сетевой инфраструктурой ЦОД появляется возможность решения ранее недостижимых задач. Например, особенно остро стоит проблема энергопотребления в масштабах крупных ЦОД, где непрерывное функционирование

рвана специалистами Стэнфорда и Беркли в 2006 г. Инициированные ими исследования не только нашли поддержку в академических кругах и университетах по всему миру, но и были активно восприняты более чем 40 ведущими производителями сетевого оборудования и крупными ИТ-компаниями, образовавшими в марте 2011 г. Open Networking Foundation.

Заинтересованность ведущих ИТ-компаний вызвана тем, что, как показала практическая апробация, ПКС-подход позволяет повысить эффективность сетевого оборудования в ЦОД на 25–30%, снизить затраты на эксплуатацию сетей более чем на 30%, увеличить гибкость управления сетевой инфраструктурой ЦОД, существенно повысить безопасность, программно создавать новые сервисы и оперативно

мнение специалиста



Сергей АНДРОНОВ,
руководитель департамента
проектирования, внедрения
и сопровождения Центра сетевых
решений компании «Инфосистемы Джет»

Существующие тенденции переноса элементов ИТ-инфраструктуры в облака и стремление к повышению PUE ЦОД меняют подход к их построению. Сам факт физического расположения ЦОД

перестает быть критичным для их владельцев: дата-центры не воспринимаются как географически ограниченное пространство, становясь территориально распределенными. Это делает актуальной задачу организации регулярной полноценной миграции больших потоков информации, связанную с автоматической адаптацией сетей под такие миграции. Таким образом, ведущие производители сетевого оборудования и платформ виртуализации (Cisco, VMware и пр.) в части виртуализации сетевого сегмента ЦОД работают в трех направлениях:

- разработка высокопроизводительного сетевого оборудования, позволяющего передавать значительные массивы данных на достаточно высокой скорости вне зависимости от удаленности друг от друга элементов распределенного ЦОД;
- создание рычагов для автоматической переконфигурации сети в зависимости от размещения данных, обрабатываемых дата-центром. Это необходимо для обеспечения высокого уровня их доступности в любой момент;
- выстраивание сложной сетевой инфраструктуры вокруг виртуальных серверов. При этом основная цель – автоматизированная подстройка сети для повышения доступности и надежности виртуальных серверов.

Сегодня в построении таких условно облачных дата-центров заинтересованы преимущественно крупные ИТ-ориентированные компании, составляющие менее 10% российского рынка. Их число ежегодно увеличивается за счет менее крупных игроков рынка. Это позволяет уже через 2–3 года ожидать появления массового спроса на распределенные ЦОД, построенные с использованием технологий виртуализации.

не было найдено в таблице, пакет отправляется контроллеру, который принимает решение об установлении нового потока и размещении соответствующих правил в таблицах коммутаторов.

Контроллер представляет собой физический сервер, на котором установлены сетевая операционная система и набор приложений. Контроллер является центральным звеном программно-конфигурируемых сетей, в котором сосредоточена базовая функциональность для управления ПКС-сетью.

Сетевая операционная система обеспечивает приложениям доступ к управлению сетью и постоянно отслеживает конфигурацию средств сети. В отличие от традиционного толкования термина «СОС» как операционной системы, интегрированной со стеком сетевых протоколов, в данном случае под СОС понимается программная система, обеспечивающая мониторинг, доступ, управление ресурсами всей сети, а

не конкретного узла. В настоящее время известно около двух десятков реализаций сетевых ОС для программно-конфигурируемых сетей: NOX, POX, Beacon, Maestro, Trema, BigSwitch, FloodLight и др.

Подобно традиционной операционной системе, сетевая операционная система обеспечивает программный интерфейс (API) для приложений управления сетью. СОС реализует механизмы управления таблицами коммутаторов: добавление, удаление, модификация правил и сбор разнообразной статистики. Таким образом, решение задач управления сетью выполняется фактически с помощью приложений, реализованных на основе API сетевой операционной системы. API сетевой операционной системы предоставляет возможность создавать приложения в терминах высокоуровневых абстракций (например, имя пользователя и имя хоста), а не низкоуровневых параметров конфигурации (в частности, IP и MAC-

адресов). Это позволяет выполнять управляющие команды вне зависимости от базовой топологии сети, но требует, чтобы сетевая операционная система поддерживала отображения между высокоуровневыми абстракциями и низкоуровневыми конфигурациями.

Виртуализация сетей

Одна из идей, которая активно развивается в рамках концепций ПКС сетей, – виртуализация сетей, которая может активно применяться для эффективного использования сетевых ресурсов ЦОД. Под виртуализацией сети понимается изоляция сетевого трафика, т. е. группирование (мультиплексирование) нескольких потоков данных с различными характеристиками в рамках одной логической сети, которая может разделять единую физическую сеть с другими логическими сетями или сетевыми срезами (network slices). Каждый срез может использовать свою адресацию, свои алгоритмы маршрутизации, управления качеством сервисов и т. д. Таким образом, каждый пользователь виртуализированного multi-tenancy-ЦОД имеет не только набор виртуальных машин, но и свою виртуальную сеть, которой он может управлять (см. рисунок).

Виртуализация сети ЦОД позволяет:

- повысить эффективность распределения сетевых ресурсов и сбалансировать нагрузку между ними;
- изолировать друг от друга потоки разных виртуальных сетей и приложений в рамках одной и той же физической сети;
- использовать администраторам разных виртуальных сетей свои политики маршрутизации и правила управления потоками данных;
- проводить эксперименты в сети с помощью реальной, общедоступной физической сетевой инфраструктуры;
- использовать в каждом срезе только те сервисы, которые необходимы приложениям этого среза (имеются в виду приложения – источники потоков данных).

Ведущие производители сетевого оборудования активно внедряют

поддержку OpenFlow/ПКС в свои коммутаторы, таким образом способствуя продвижению подхода ПКС в ЦОД. IBM, NEC, Cisco, HP анонсировали свои решения – коммутаторы с поддержкой OpenFlow и контроллеры.

IBM разработало RackSwitch G8264 и RackSwitch G8264T коммутаторы с 10 и 40 Gb Ethernet-портами, которые были специально созданы для ЦОД. Коммутаторы обеспечивают неблокируемую передачу данных на уровне L2 со скоростью до 1,28 Тб/с и очень низкую задержку в 880 нс.

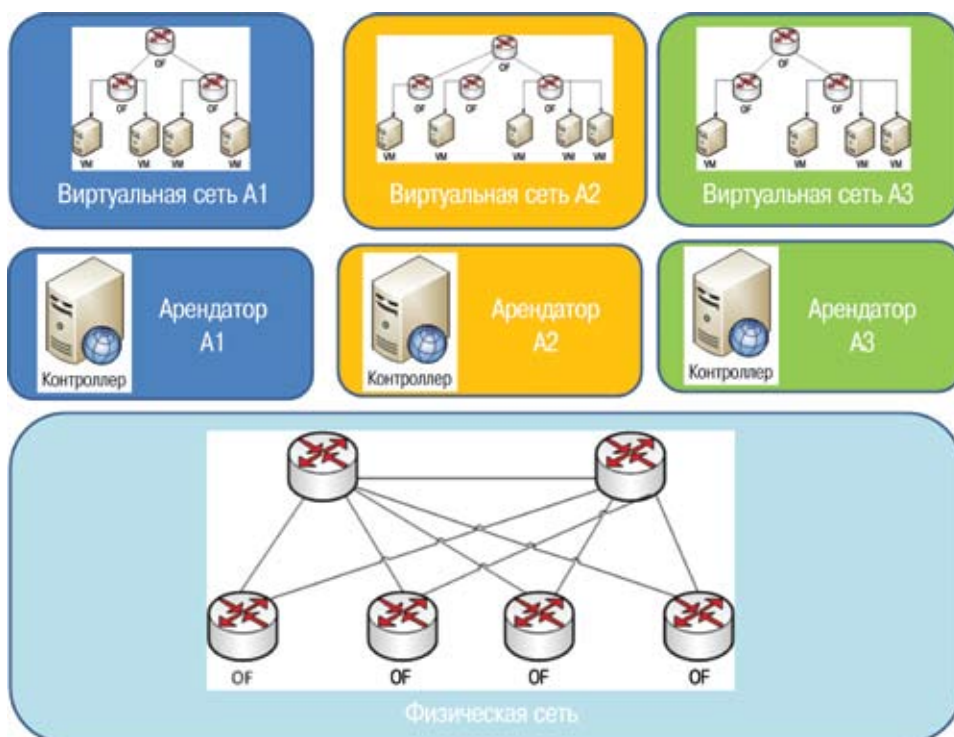
Линейка коммутаторов HP серии 8200 zl (HP 8200 zl Switch Series) поддерживает OpenFlow и позволяет обрабатывать данные со скоростью до 1,12 Тб/с.

Компания NEC разработала коммутаторы PF5240 1/10 Gigabit Ethernet Switch и NEC PF5820 10/40 Gigabit Ethernet Switch с поддержкой OpenFlow.

Pisa8 предлагает набор коммутаторов Pisa8 3290, 3295, 3780, 3920.

Серии коммутаторов Brocade MLX, Brocade NetIron CER 2000 и Brocade NetIron 2000, разработанные компанией Brocade, также поддерживают OpenFlow-протокол и предназначены для использования в ЦОД.

Компании активно разрабатывают и свои контроллеры: Big Network Controller предлагается компанией Big Switch Networks, в



апреле 2012 г. NEC представила NEC ProgrammableFlow Controller 2.0, Nicira/VMWare разрабатывает платформу Nicira Network Virtualization platform (NVP).

* * *

Применение ПКС-подхода к виртуализации сетей в ЦОД открывает большие возможности и перспективы для гибкого управления сетевой инфраструктурой ЦОД, позволяя значительно повысить их

экономическую эффективность за счет снижения затрат на обслуживание. Компания Google заявила об успешном применении OpenFlow для обмена данными между двумя ЦОД. В России подходом ПКС для ЦОД уже заинтересовалась компания «Ростелеком» и проводит технические испытания. Однако для раскрытия полного потенциала ПКС в ЦОД необходимы дополнительные исследования. ■

Виртуализация
сети в ЦОД
на основе
подхода ПКС