

Сети распределенных вычислений



Александр ГЕРАСИМОВ,
директор по анализу процессов цифровой трансформации, J'son & Partners Consulting

Трафик гибридных систем

До недавнего времени большая часть всего служебного трафика между дата-центрами генерировалась трафиком гиперскейл дата-центров и передавалась преимущественно по подводным кабельным системам цифровых сервис-провайдеров.

Уже сейчас глобальные сети связи (Wide Area Networks – WAN) наполняют два вида трафика, ассоциированного с дата-центрами (ЦОД), распределенного примерно в равной пропорции: трафик между пользователями и дата-центрами, о чем, наверное, многие знают, и служебный трафик между дата-центрами, о чем широкой публике известно существенно меньше. Вместе эти два вида трафика формируют до 95% общего объема трафика в глобальных сетях, и лишь 5% трафика приходится на неассоциированный с дата-центрами трафик между абонентскими устройствами.

Новостью последних лет стал быстрый рост трафика гибридных облачных систем, состоящих из частного (корпоративного) и публичного облаков (см. таблицу). В таких системах есть возможность осуществлять «холодное» и «горячее» резервирование и балансировать нагрузку не только между серверами и стойками серверов внутри локальных сетей дата-центров, но и между публичными и корпоративными дата-центрами. Это позволяет поддерживать высокий уровень утилизации вычислительных ресурсов, образующих гибридные системы дата-центров, и, как следствие, добиваться низкой удельной стоимости вычислений, что критично для обеспечения приемлемой стоимости широкой номенклатуры цифровых сервисов.

ОТ/ИТ-приложения

Особую роль среди цифровых сервисов играют так называемые ОТ/ИТ-приложения, осуществляющие мониторинг и управление дорогостоящими производственными активами. Ввиду наличия цифровых двойников в составе таких приложений и использования имитационного моделирования, включенного непосредственно в замкнутый контур оптимизационного управления, эти приложения являются беспрецедентно вычислительно емкими, требующими высоких показателей по доступности вычислительной и сетевой инфраструктур.

По оценкам J'son&Partners Consulting, цифровая трансформация реального сектора экономики, основанная на использовании таких приложений, требует увеличения объема обрабатываемых и хранимых данных примерно на два порядка, причем при соблюдении жестких требований по доступности и безопасности вычислений. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость снижения удельной стоимости вычислений, что достигается, в частности, повышением среднего уровня утилизации вычислительных мощностей.

Таблица. Объем и структура глобального ассоциированного с дата-центрами трафика, ЭБ в год

	2016 г.	2021 г.	CAGR 2016–2021 гг.
Между пользователями и дата-центрами	998	3064	25,2%
Между дата-центрами	679	2796	32,7%
Между стойками внутри дата-центров (локальный трафик)	5143	14 695	23,4%
Общий объем трафика, ассоциированного с дата-центрами	6819	20 555	24,7%

Источник: Cisco Global Cloud Index Whitepaper



Устройство
(десктоп, ноутбук, планшет, смартфон,
промышленный компьютер)

Утилизация CPU – **менее 1%**
Стоимость вычислений
максимальна



Корпоративный дата-центр

Утилизация CPU – **6%**
Стоимость вычислений
средняя



Облачный гипер дата-центр
(Google, AWS, MS Azure, IBM и пр.)

Утилизация CPU – **40-60%**
Стоимость вычислений
минимальна

80% данных хранится и обрабатывается здесь!

Рис. 1. Средняя загрузка «краевых» и «корневых» вычислительных мощностей

Вычисления «на краю»

Для гиперскейл дата-центров эта задача уже решена – загрузка CPU находится на уровне 50–60% (рис. 1). Сегодня стоит задача добиться высокого уровня средней загрузки вычислительных мощностей, находящихся «на краю», – относительно небольших корпоративных дата-центров и серверных комнат, а в перспективе – операторских МЕС-хостов. Причем сейчас и в обозримом будущем большая часть данных находится и будет находиться отнюдь не в гиперскейл дата-центрах, а «на краю» – в относительно небольших корпоративных ЦОД, серверных комнатах и на пользовательских устройствах. Потому именно от эффективности вычислений «на краю» будет в определенной степени зависеть эффективность системы распределенных вычислений в целом.

Особую проблему, формирующую критическую потребность в балансировке нагрузки именно для гибридных систем с малыми дата-центрами, представляют резкие пики трафика и соответственно вычислительной нагрузки, свойственные всем без исключения цифровым приложениям (рис. 2). Емкость сети и краевого ЦОД ограничена, а трафик имеет резкие, более чем 100-кратные пики.

Как в этой ситуации обеспечить требуемую доступность вычислений и одновременно приемлемую их стоимость, удерживая высокий уровень утилизации вычислительных и сетевых мощностей? Решение этой задачи возможно только в системе «краевой – корневой ЦОД» с динамической балансировкой нагрузки между ними.

Балансировка между «краем» и «центром»

Необходимо учитывать также, что вычислительная нагрузка имеет мультипликатор к пользовательскому трафику, т. е. для вычислительной нагрузки пикикратно больше, чем для трафика между пользователями и дата-центрами. Обработка столь резких пиков нагрузки требует не только локальной балансировки вычислительной нагрузки между краевыми и корневыми дата-центрами одного региона, но и задействования для балансировки пиков нагрузки дата-центров других регионов – это так называемая long-distance load balancing.

Появление задачи балансировки нагрузки между «краем» и «центром», т. е. между большим количеством малых дата-центров и ограниченным количеством гипер-дата-центров, создает новый сегмент телекоммуникационного

рынка – программно-управляемых сетей, способных взаимодействовать с программными системами управления дата-центров разного размера.

Такие сервисы можно разделить на управляемые сети доступа и управляемые транспортные и магистральные сети.

Управляемые магистральные и транспортные сети нужны для организации обмена данными между дата-центрами с требуемыми приложениями сетевыми характеристиками: по пропускной способности, задержке, джиттеру, проценту потери пакетов, уровню безопасности и др.

Управляемые сети доступа, например 5G, необходимы для реализации той же задачи, но применительно к трафику между пользовательскими и IoT-устройствами и дата-центрами.

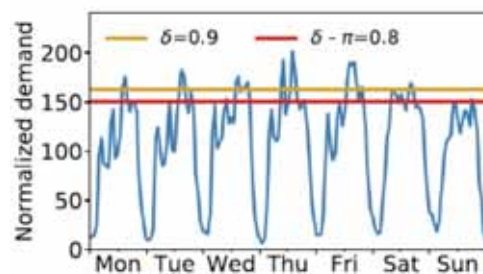
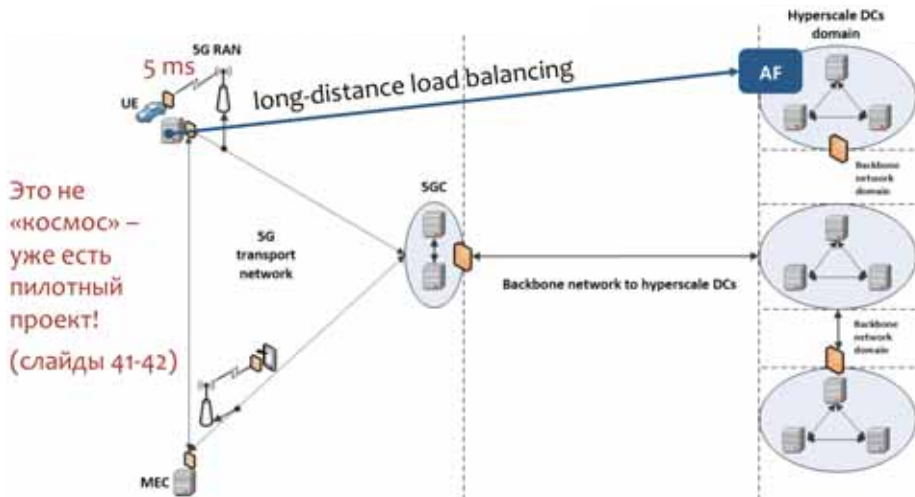


Рис. 2. Пики нагрузки группы приложений со схожими требованиями к сети на периферийных узлах сети доступа

Источник: Resource Sharing Efficiency in Network Slicing



Это не «космос» – уже есть пилотный проект! (слайды 41-42)

Рис. 3. Балансировка нагрузки в кросс-доменном сетевом слое

Подчеркнем, что оба вида трафика должны передаваться по управляемым сетям, иначе теряется сама возможность сквозного управления сетевой и вычислительной инфраструктурой, что необходимо для обеспечения доступности серверной части приложений, расположенных в дата-центрах, для клиентской части приложений, расположенной на пользовательских и IoT-устройствах.

Сквозные сетевые слои

В совокупности управляемые сети доступа, транспортные

и магистральные сети, краевые и корневые дата-центры формируют перечень доменов, необходимых для создания так называемых сквозных сетевых слоев с детерминированными (задаваемыми и управляемыми) end-to-end характеристиками (рис. 3).

Особенностями сквозного слоя, опирающегося на программно-управляемые домены, являются наличие большого количества конфигураций, позволяющих выдержать требуемые приложением сквозные параметры, и возможность динамически менять конфигурацию слоя. То есть

возможности по оптимизационному управлению в таких слоях намного шире, чем если бы все домены были независимыми (локальная оптимизация), и такие возможности могут быть реализованы полностью программно.

Например, задержка в 5G RAN управляема в весьма широком диапазоне – от единиц до сотен миллисекунд. Выбрав QoS-профиль обслуживания в RAN с детерминированной задержкой не более 5 мс, мы получаем возможность перенести серверную часть приложения очень далеко – даже на другой континент, не рискуя потерять его доступность. Это может быть востребовано, учитывая резкие пики нагрузки на вычислительные ресурсы в дневное время. Перенос вычислительной нагрузки в регионы с 7–9-часовой разницей во времени позволит в случае динамического ценообразования использовать достаточно дешевые вычислительные ресурсы недогруженных ночью дата-центров. Скидка здесь может достигать 90%.

Наличие MEC в составе слоя также расширяет количество возможных конфигураций. Например, при перегрузе радиосети приоритетным трафиком можно отказаться от приоритизации в радиосети

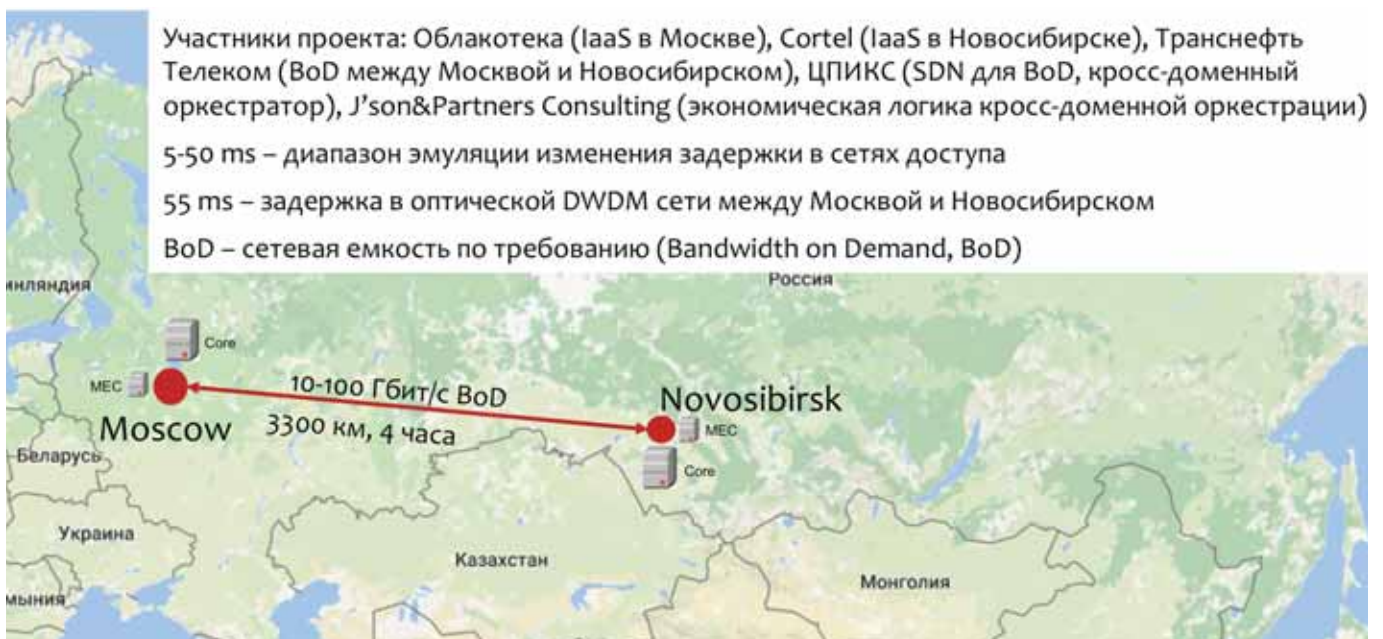


Рис. 4. Кросс-доменная SDN-оркестрация между дата-центрами и магистральной сетью между ними

Выгоднее с балансировкой несмотря на большие затраты на сетевую емкость

Если нет балансировки, то уходят
затраты на сети между дата-
центрами...



Источник:
J'son&Partners Consulting

Рис. 5. Результаты расчета экономии при использовании сетевых слоев с балансировкой нагрузки между MEC и корневыми дата-центрами и кросс-доменной оркестрацией, Россия, млн долл., в 2030 г. Источник: J'son & Partners Consulting

трафика части пользователей, переместив серверную часть используемых ими приложений в ближайшие к ним MEC-хосты.

Такую ценозависимую кросс-доменную оркестрацию мы называем Slicenomics.

Сложность этой красивой схемы состоит в том, чтобы научить понимать REST-запросы друг друга гипервизоры как минимум двух различных дата-центров, находящихся под управлением различных провайдеров, и SDN-оркестратор сети между ними. Либо несколько оркестраторов, если трафик проходит по сети двух и более операторов.

Кроме того, поскольку речь идет о взаимодействии трех и более независимых друг от друга хозяйствующих субъектов, то кросс-доменная оркестрация должна учитывать такие параметры экономических отношений, как объем потребления, QoS и цена, которые в данном случае определяют динамически на основе автоматически исполняемых алгоритмов.

Пилотный проект

Для решения этой задачи запущен пилотный проект с участием

J'son&Partners Consulting (экономический аспект кросс-доменной оркестрации), ЦПИКС (разработка SDN-оркестратора и технические аспекты кросс-доменной оркестрации), Облакотеха и Cortel – облачные провайдеры в Москве и Новосибирске.

Идея заключается в том, чтобы попробовать организовать long-distance load balancing между дата-центрами в Москве и Новосибирске (рис. 4), представив, что задержка в сетях доступа может управляемо меняться в диапазоне 5–50 мс, т. е. эмулируя работу радиосети 5G в качестве сети доступа.

Результаты такого тестирования очень важны для понимания практической возможности создания выделенных сквозных сетей с детерминированными диапазонами значений QoS, что необходимо для критичных промышленных приложений.

Кроме того, были произведены расчеты эффекта от динамической балансировки нагрузки между распределенными дата-центрами с использованием управляемых сетей между ними. Результаты представлены на рис. 5.

Кросс-доменная оркестрация

Экономия от использования кросс-доменной оркестрации в системе распределенных вычислений, использующей домену программно управляемой сети доступа, транспортной и магистральной сетей, а также вычислительные домены MEC и корневых дата-центров, в 2030 г. может превысить 1,8 млрд долл. – относительно варианта без применения кросс-доменной оркестрации, т. е. при отсутствии балансировки вычислительной нагрузки между краевыми и корневыми дата-центрами, скоординированной с управлением сетевым QoS.

Российский рынок сквозных слоев с кросс-доменной оркестрацией в 2030 г. может составить свыше 2,3 млрд долл., из них на управляемый сетевой компонент придется 1,6 млрд долл., что сделает рынок кросс-доменных сетевых слоев одним из наиболее крупных сегментов российского телекоммуникационного рынка. ■