




ЭТОТ СЕТЕВОЙ МИР

Кафедра АСВК

Зав. кафедрой,
Чл.-корр. РАН, профессор

Руслан Леонидович Смелянский

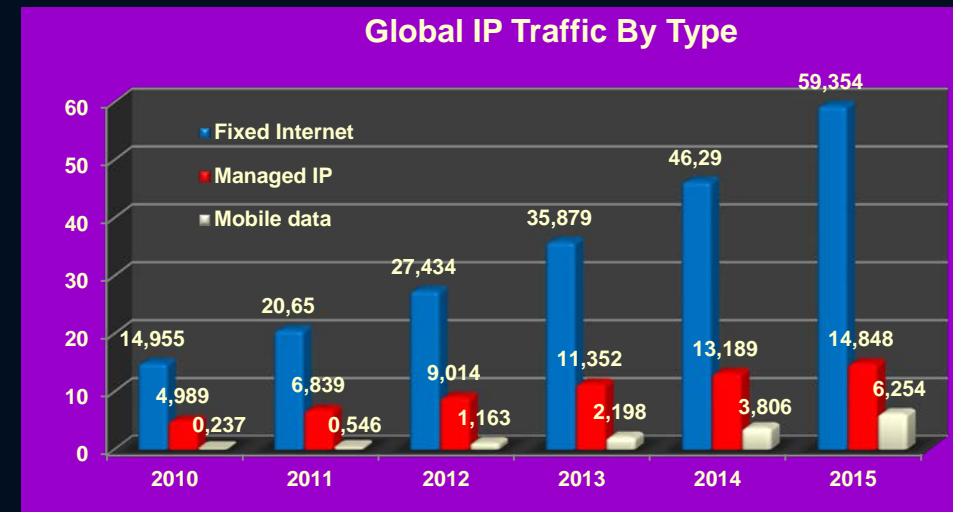


*Не надо быть поэтом
или историком, чтобы
понять, что мы стали
свидетелями такого,
чего ранее никогда не
случалось за прошедшие
10 000 лет.*

*Fortune Magazine
Окт. 2000*

Тенденции

- Изменение модели вычислений (outsourcing & robosourcing);
- Быстрый рост траффика
- Изменение структуры траффика - более 80 % видеотрафик;
- Взрывной рост мобильности;



Эрик Шмит, Google

К 2003 г. в Интернет было сгенерировано 5 экзбайт. Сегодня такой объем – за 2-3 дня

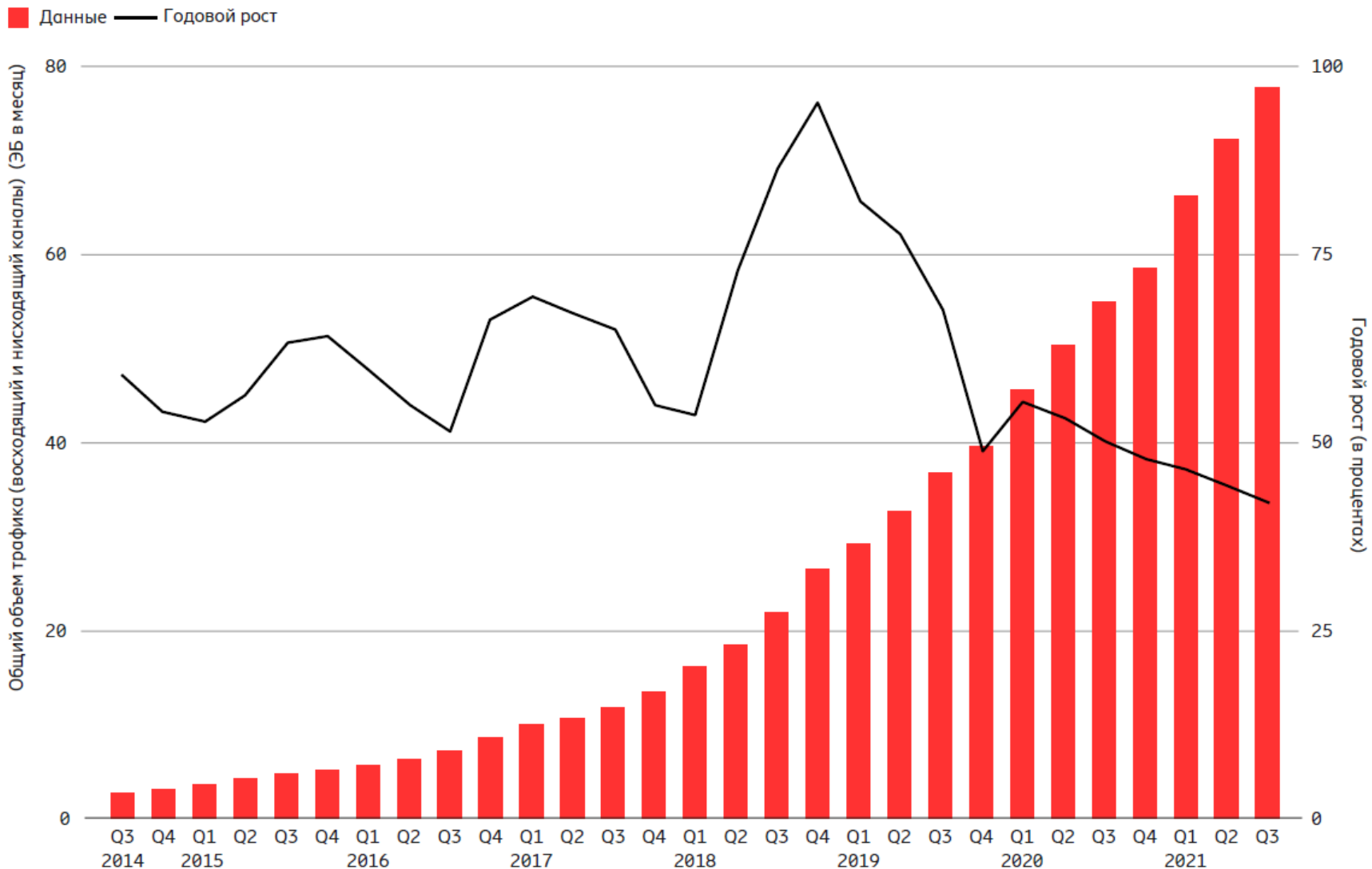
Ос

Осн

- Гло
- Об
- ста
- Тра
- об
- За
- М
- ОК
- ве

Source: blogs.cisco.com

Мировой трафик данных в мобильных сетях: годовой рост (ЭБ в месяц)



Примечание: В мировом мобильном трафике данных учтен трафик услуг фиксировано-беспроводного доступа (FWA).

<https://www.iksmedia.ru/news/5864447-Za-10-let-mobilnyj-trafik-vyros-v.html>

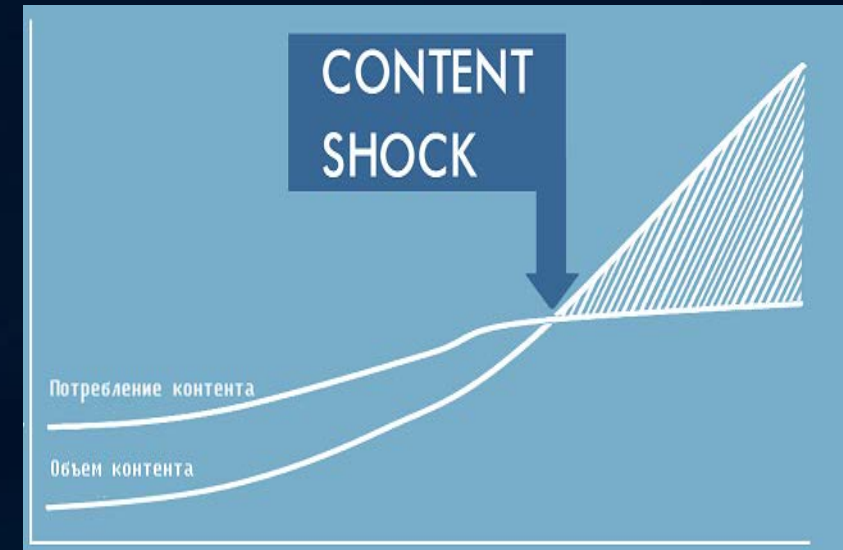
ТЯХ



Основные тренды роста трафика в сетях

Особенности роста игрового и видеотрафика:

- В 2021 году для просмотра всего видеоконтента, который прошел через глобальные IP сети в месяц, потребовалось бы более 5 миллионов лет.
- Трафик виртуальной реальности рос с 2015 года со среднегодовым темпом роста в 127%.
- За последний три года объем трафика видеонаблюдения практически вырос десятикратно.
- Игровой интернет-трафик с 2015 г. вырос в 7 раз.
- Трафик IPTV в 2021 превысит на 86% домашний интернет-трафик.
- Число домашних точек доступа Wi-Fi в мире за период 2016 - 2021 выросло с 85 до 526,2 млн.



JAN
2021

DAILY TIME SPENT ON MEDIA

THE AVERAGE DAILY TIME* THAT INTERNET USERS AGED 16 TO 64 SPEND ON DIFFERENT KINDS OF MEDIA AND DEVICES



THE RUSSIAN FEDERATION

TIME SPENT USING THE
INTERNET (ALL DEVICES)



7H 52M



TIME SPENT WATCHING TELEVISION
(BROADCAST AND STREAMING)



3H 13M



TIME SPENT USING
SOCIAL MEDIA



2H 28M

GWI.

TIME SPENT READING PRESS MEDIA
(ONLINE AND PHYSICAL PRINT)



0H 55M

TIME SPENT LISTENING TO
MUSIC STREAMING SERVICES



0H 47M

GWI.

TIME SPENT LISTENING
TO BROADCAST RADIO



0H 41M

we
are
social

TIME SPENT LISTENING
TO PODCASTS



0H 21M



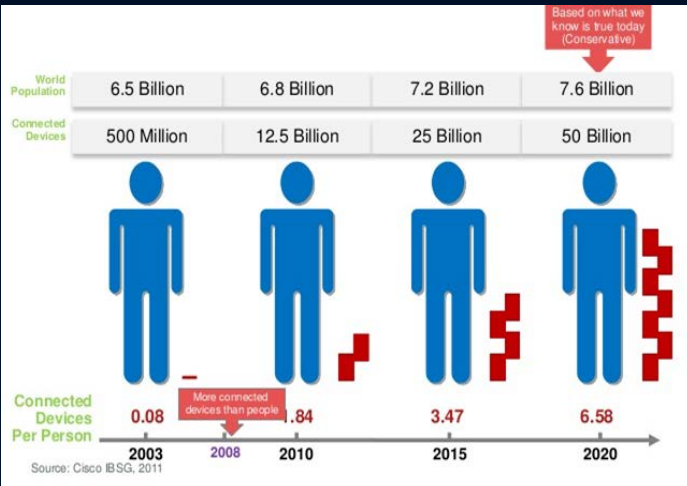
TIME SPENT PLAYING VIDEO
GAMES ON A GAMES CONSOLE



0H 33M

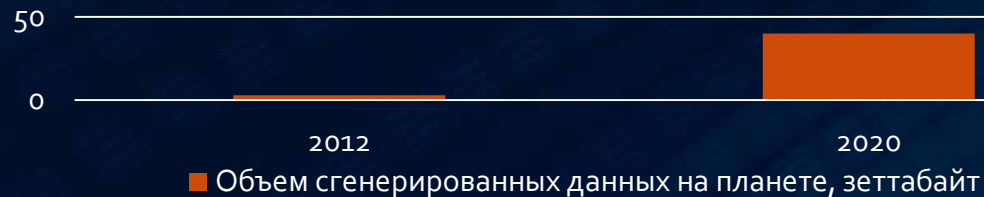
Тенденции развития информационных технологий

GSMA

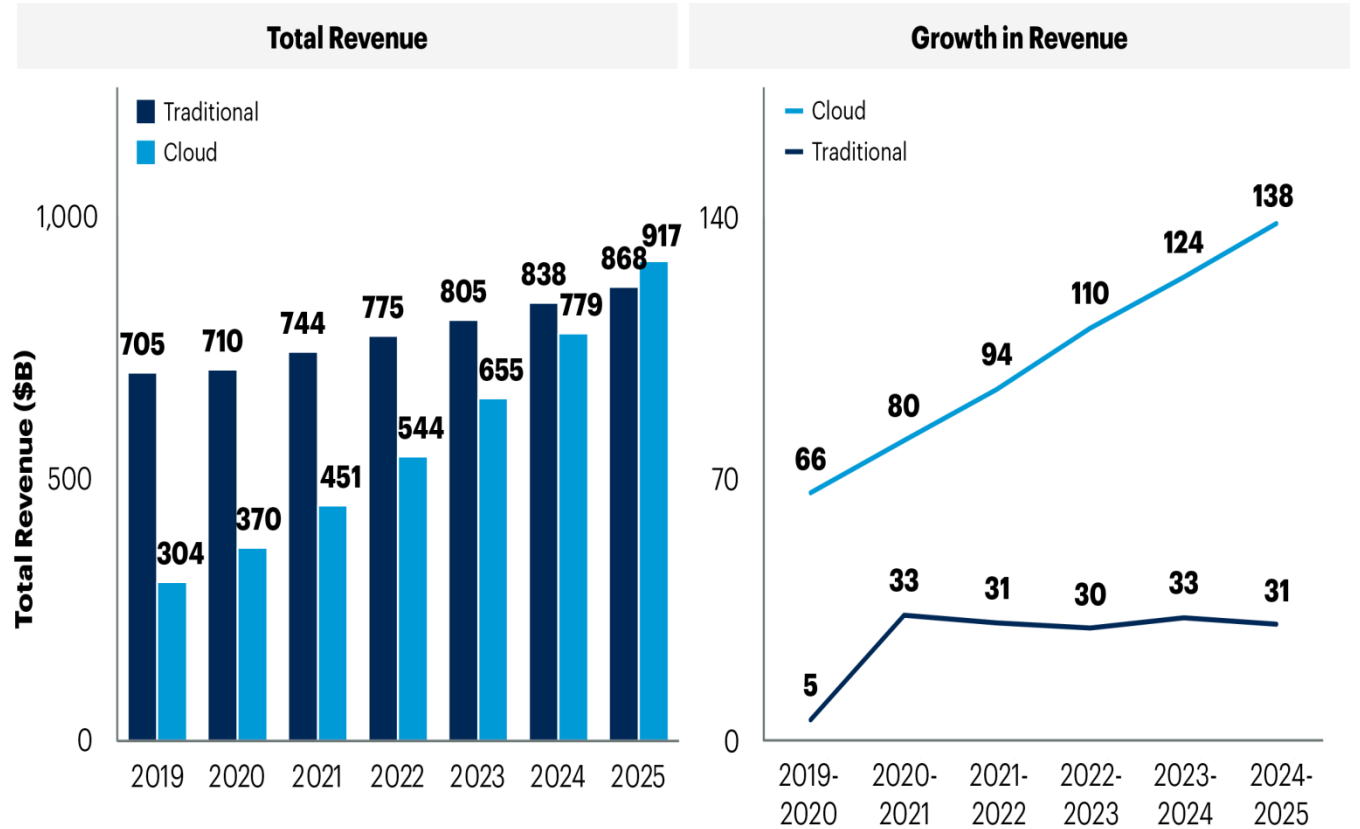


Big Data

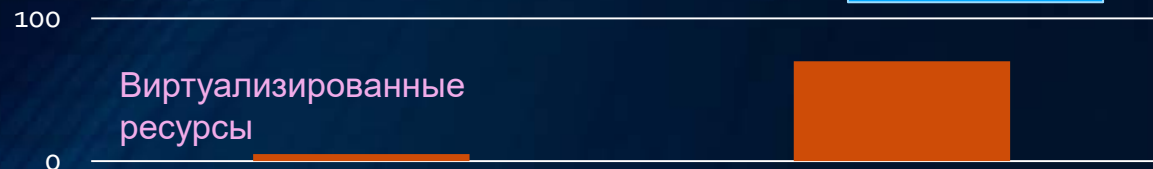
Объем сгенерированных данных на планете, зеттабайт



Всего с начала 2010 г. объем хранимых данных вырос в 50 раз



Виртуализация дата-центров, %

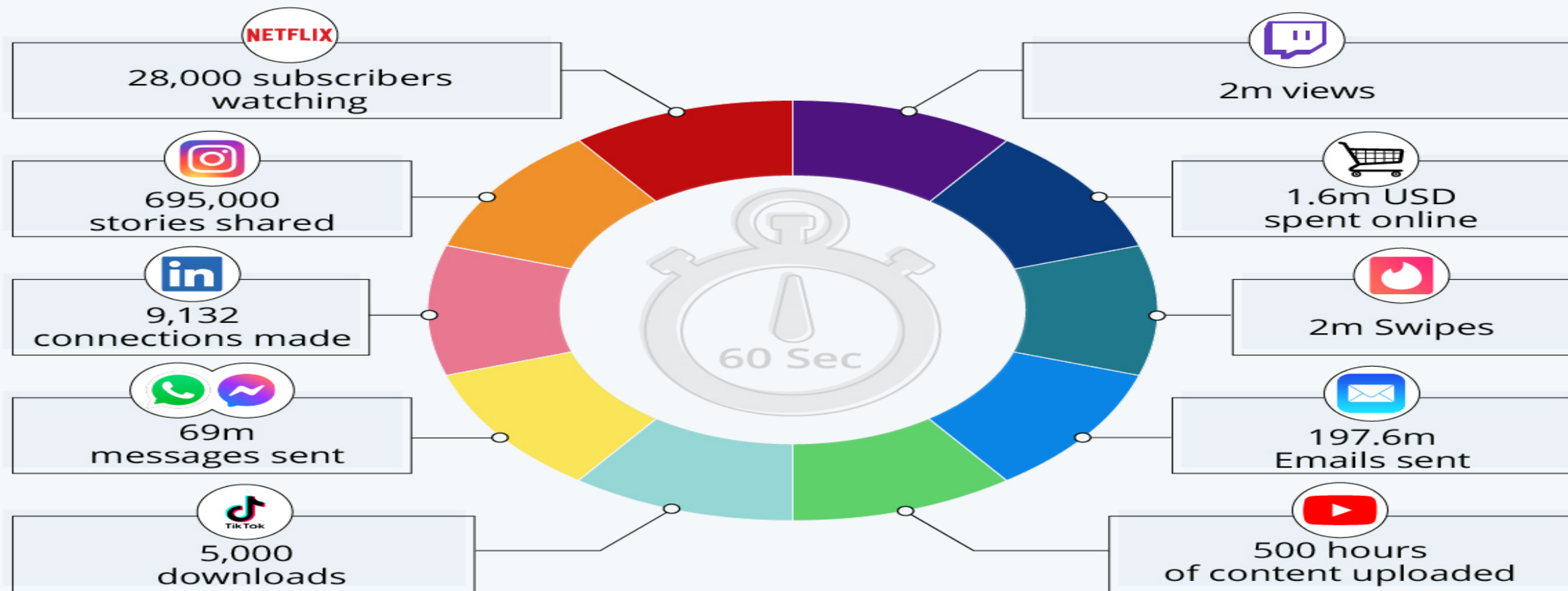


Gartner

Gartner

A Minute on the Internet in 2021

Estimated amount of data created on the internet in one minute

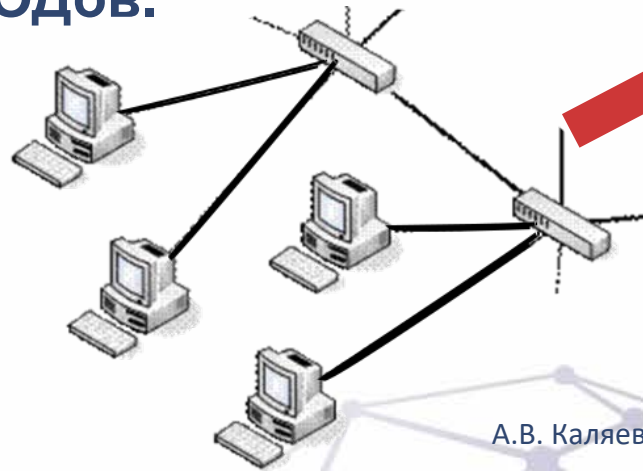


Source: Lori Lewis via AllAccess

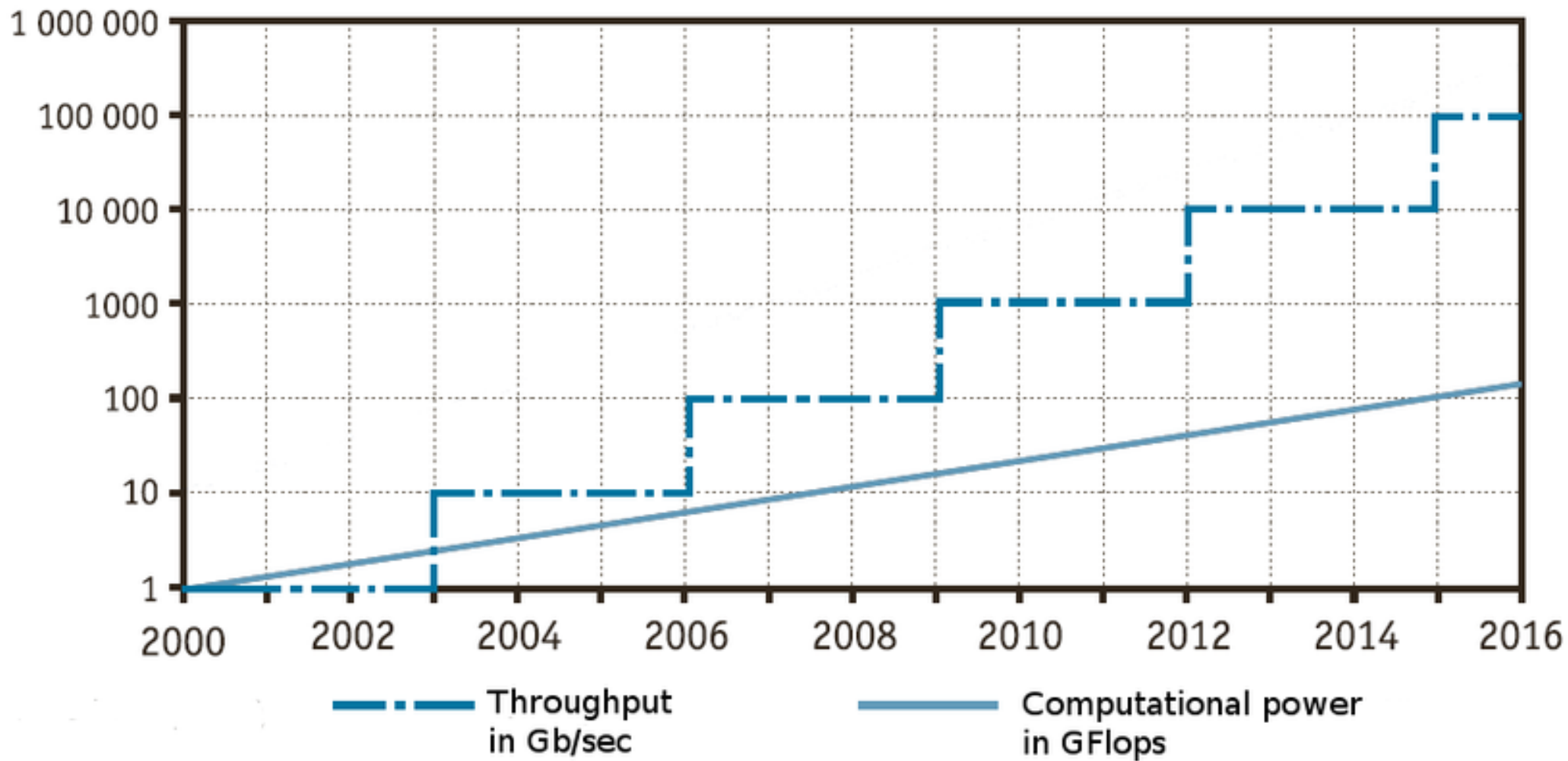


Эволюция организации вычислительной инфраструктуры

- конец 60-х - Вычислитель с пакетной организацией вычислений;
- 70-е - Вычислительный центр с mainframe и терминальной сетью;
- 80-е - Клиент-серверная инфраструктура с сетевым доступом;
- 90-е – Серверные фермы с Frontend сервером и локальной сетью доступа;
- 2000-е - ЦОД с высокоскоростной сетью;
- н/в - Сеть мини-ЦОДов.



ure



Потребности современного приложения:



- **Распределенность** – приложение – совокупность взаимодействующих функций/сервисов, которые работают параллельно на нескольких вычислителях, интегрируя и агрегируя распределенные данные;
- **Serverless** – программист/пользователь не обременен проблемами размещения, начальной загрузки и конфигурирования ресурсов и компонентов приложения;
- **Эластичность** – производительность приложения можно изменять без прерывания его работы;
- **Реальное время** – чувствительность к задержкам и времени отклика;
- **Кросс - платформенность** – приложение не зависит от программного и аппаратного окружения;
- **Взаимодействие и Синхронизация** — объединение результатов разных этапов вычислений вне зависимости от места их проведения, агрегация цепочек сервисов;
- **Обновления** – обновление приложения/сервисов не должно затрагивать пользователей;
- **Доступность ресурсов** – все виды ресурсов доступны всегда, включая данные и код, при любых отказах физической инфраструктуры
- **Ресурсы терминала пользователя не используются** - вся обработка данных производится на удаленном оборудовании.

Основной движущей силой развития архитектуры вычислителя, операционной системы, средств программирования являются потребности приложений!

Компьютер – инфраструктура для приложения



Требования к инфраструктуре

- **Детерминированность\предсказуемость поведения** – предсказуемость и предопределенность;
- **Безопасность** – не создает неприемлемых рисков для конфиденциальности, целостности и доступности приложения и его данных;
- **Живучесть** – сервисы инфраструктуры должны быть достаточно надежными, чтобы противостоять авариям и атакам;
- **Поддержка** – оборудование и услуги не должны быть сложными или чрезмерно дорогими;
- **Эффективность и справедливость** – выполнение приложения, доставку и обработку его данных эффективно, надежно, не ущемляя другие приложения;
- **Виртуализация** - виртуализация всех видов ресурсов (вычислительных, сетевых, хранения);
- **Устойчивость** – реагировать в режиме реального времени на любые изменения в соответствии с SLA приложения;
- **Доступность, надежность и отказоустойчивость** - высокий уровень доступности и работоспособности ее сервисов в случае сбоев, с восстановлением потерянных данных;
- **Масштабируемость** – эффективная масштабируемость производительности приложения вне зависимости от размещения данных, сервисов и интенсивности потоков данных, без остановки работы приложения;
- **Бессерверность** – автоматическое размещение компонентов приложения и его данных, гарантируя их коммуникацию в соответствии SLA приложения.

Сеть — это компьютер



Полностью контролируемая программируемая виртуализованная инфраструктура

- управление;
- интеллектуальное управление;
- кооперативное управление;
- централизованным и децентрализованным управлением;
- активное использование методов прогнозирования на основе ML.

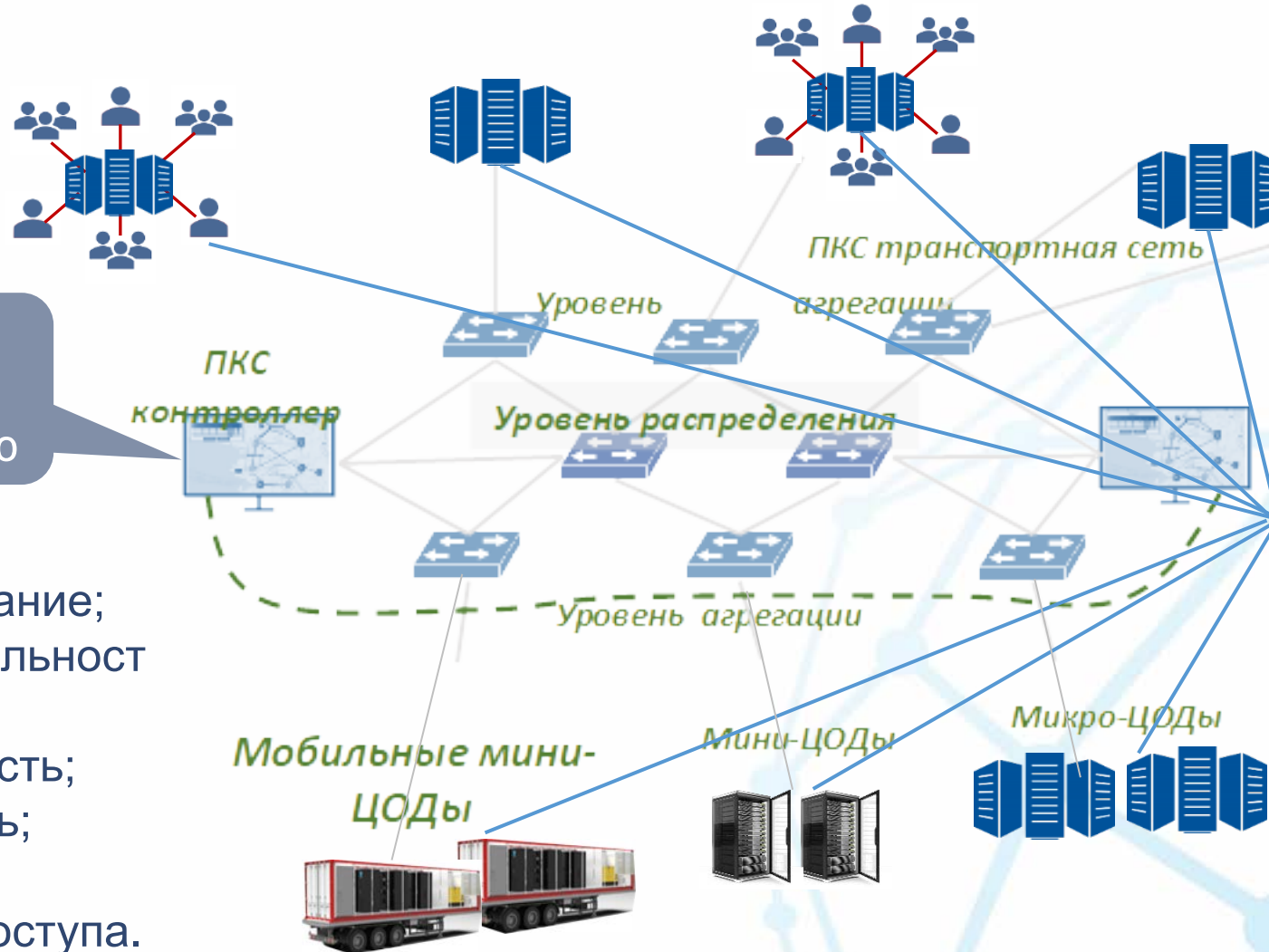
Программно-управляемая сеть



Потребители и источники данных

Пропускная способность по требованию

- Масштабирование;
- Интероперабельность;
- Интегрируемость;
- Оперативность;
- Управление политиками доступа.

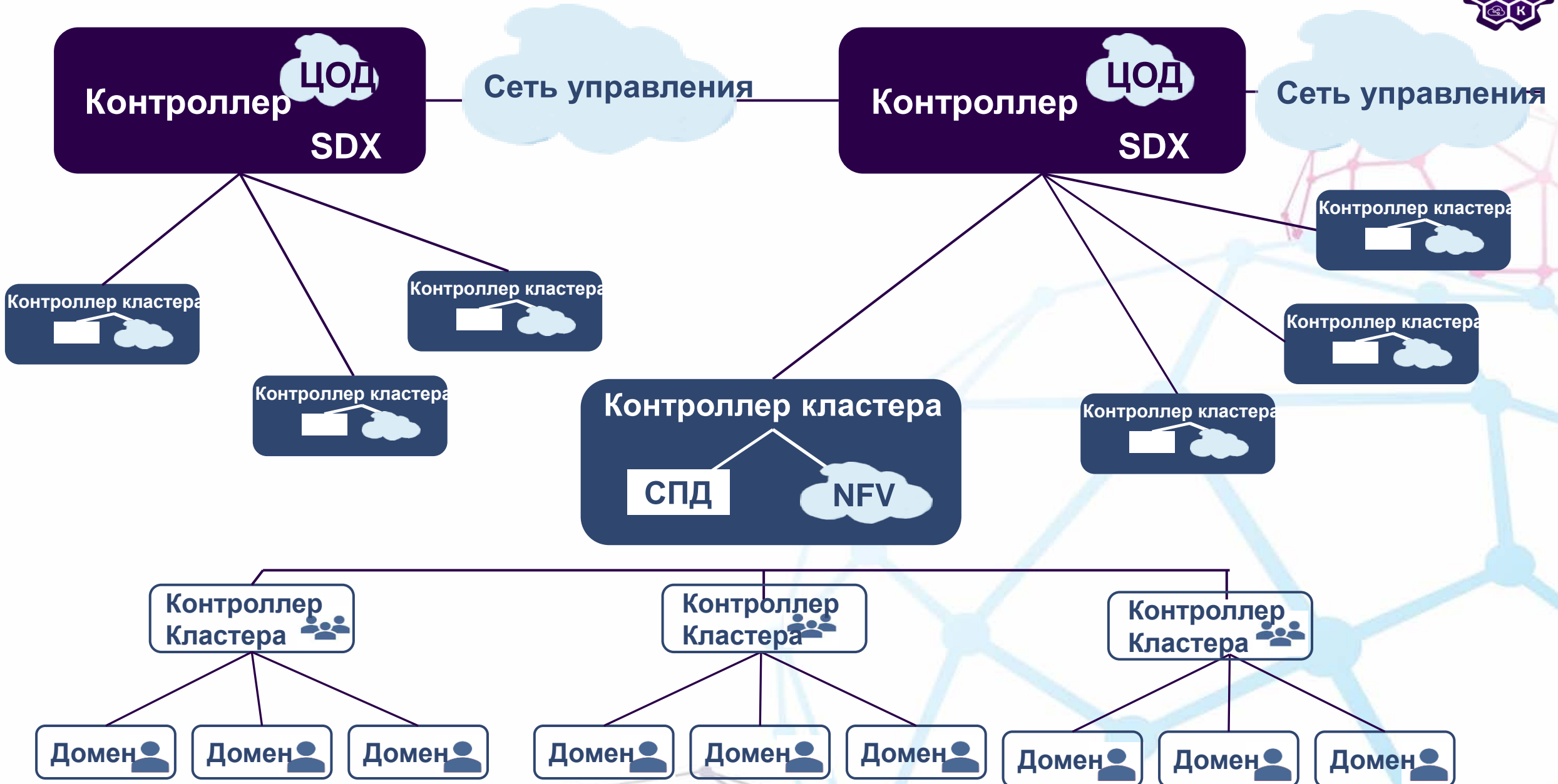


- Централизованное планирование ресурсов физ. инфраструктуры;
- Оперативное управление размещением сервисов на ресурсах физ. инфраструктуры;

Объекты

- Управление жизненным циклом сервиса;
- Независимость логики сервиса от среды выполнения.

Распределенный контур управления



Сервис ориентированная сеть

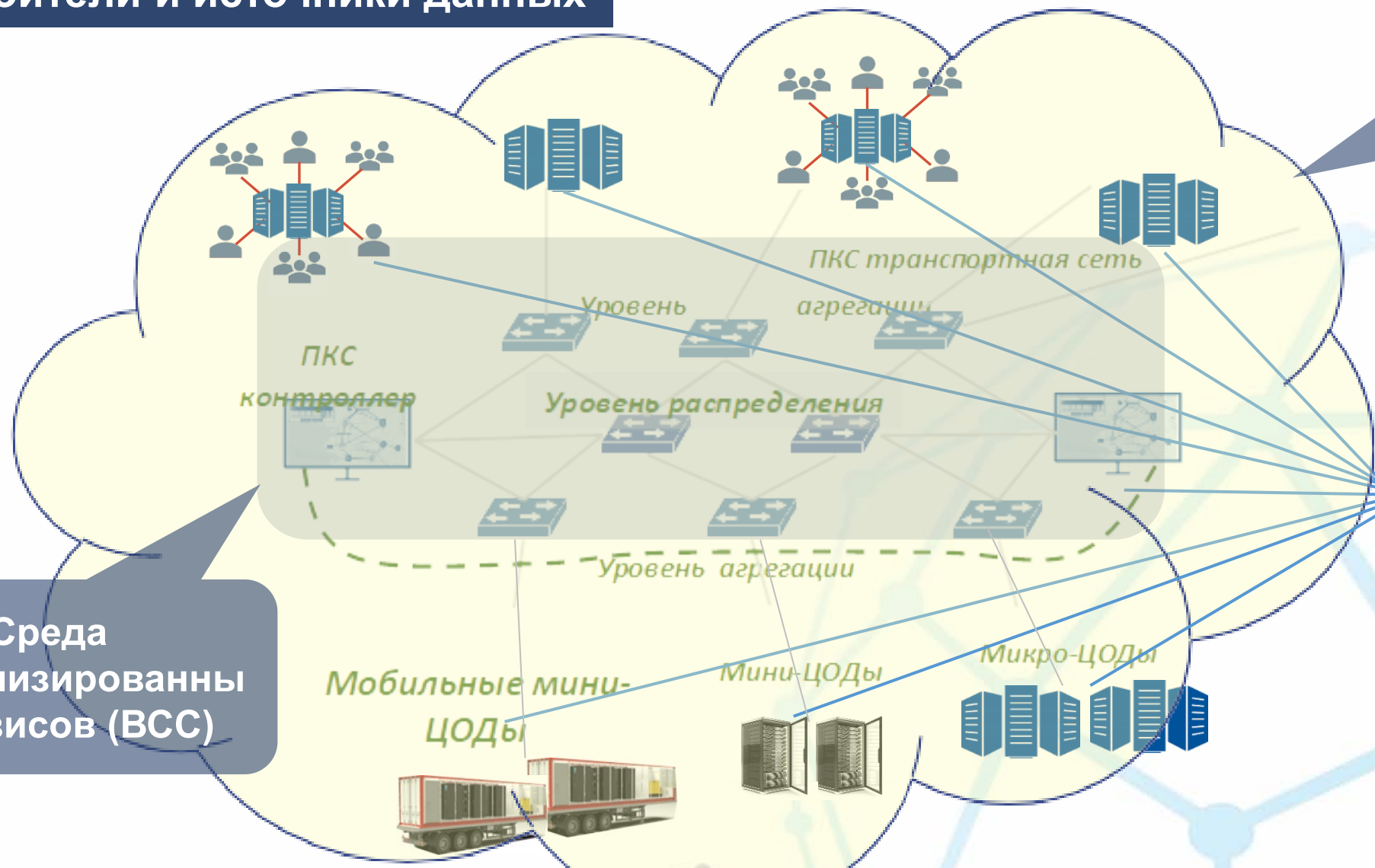


Потребители и источники данных

Служба распределения данных (СРД)

Среда виртуализированных сервисов (ВСС)

Объекты

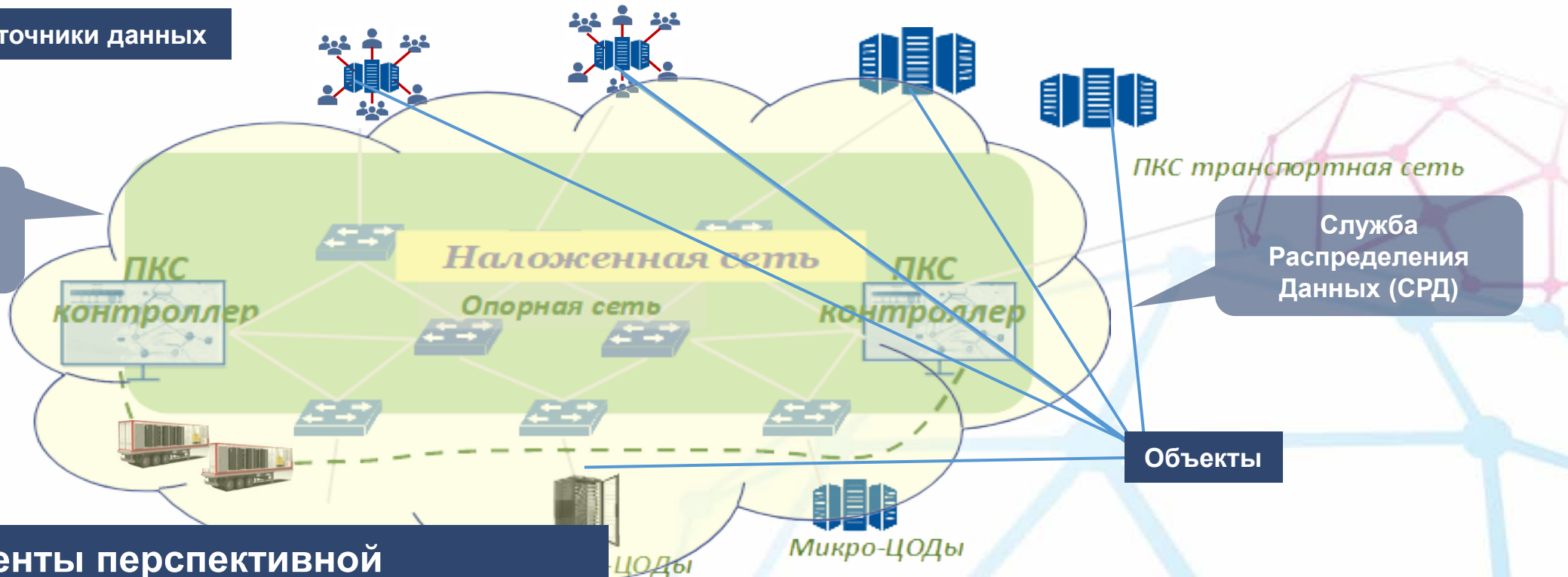


Сервис ориентированная сеть



Потребители и источники данных

Среда виртуализированных сервисов (VCS)



Базовые компоненты перспективной инфраструктуры:

- сетевому сервису;
- Системы управления опорной сетью на базе технологии PKS;
- Система управления наложенной сетью;
- Система оптимального распределения ресурсов опорной сети;
- Системы согласованного управления PKS доменами транспортной сети на базе технологий PKS/VCS, включая

- Системы управления жизненным циклом сервисов в распределённых ЦОД на базе технологии VCS;
- Система мониторинга и управления функционированием сервиса;
- Система оптимального размещения и миграции сервисов.
- Система планирования и распределения вычислительных заданий

Эффективность и Детерминированность поведения



- Прогнозирование времени выполнения вычислений; – максимально эффективно использовать имеющуюся пропускную способность (массовое избыточное использование ресурсов запрещено, например, как flooding);
- Возможность формировать вычислитель под приложение; – недопустимы непредсказуемые задержки передачи, вызванные СПД, например, задержка пакетов из-за нарушения порядка их следования, BEC (переход на FEC), обратной связи по перегрузке.
- Для детерминированности потока пакетов необходимы:
 - управляемость диапазонами сквозной задержки в сети и джиттера;
 - устойчивость вероятности потери пакетов в сети на заданном SLA уровне.

Диапазон масштабирования сетевого сервиса огромен и работает в реальном времени, что предъявляет высокие требования к временной сложности алгоритмов оптимизации.

Эффективность и Детерминированность поведения



- Операционная среда должна удовлетворять требованиям приложений;
- Разнообразные методы ML для распределения, балансировки, shaping, filtering и других способов TE на каждом hop в СПД;
- Надежная изоляция контура управления и контура передачи данных от ошибок в коммутационном оборудовании, равно как изоляция разных потоков данных в этих контурах;
- Multi-Agent методы в TE и распределении заданий.



В современных условиях доступны лишь суб-оптимальные решения методами на основе алгоритмов с машинным обучением

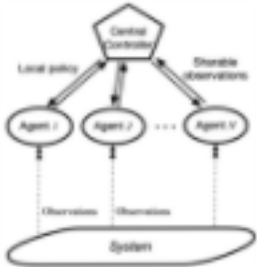
Мультиагентная оптимизация управления трафиком



Эффективность → Распределенное управление
Точность → Централизованное управление

Планирование вычислительных задач → Динамически настраиваемое планирование ВУ

Централизованный подход



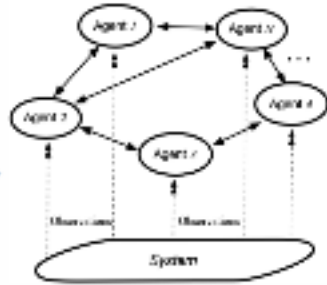
Каждый агент знает свое локальное состояние.

Центр управления собирает статус каждого агента.

Центр управления принимает решение на основе политики оптимизации.

Каждому агенту формируют управляющее воздействие.

Распределенный: сеть агентов



Каждый агент знает свое локальное состояние.

Обмен информацией ограничен только соседними агентами.

На основе локальной и собранной от соседей информации, каждый агент сам принимает решение об оптимальной стратегии.

Множество независимых агентов



Каждый агент знает свое локальное состояние.

Каждый агент судит о стратегии управления и действиях других агентов на основе своего опыта.

Агент реализует управляющие решения в соответствии со своей локальной стратегией оптимизации и на основе своих наблюдений.

Распределение ВУ: каждый ВУ сам принимает решение взять задачу или определяет куда передать – кооперативное распределение задач между ВУ.

Распределенный и независимый ТЕ: каждый сетевой узел самостоятельно принимает решение о распределении потоков по доступным каналам.

Планирование сервисных цепочек → Динамическая загрузка сервисов цепочки в ВУ

Распределение сервисов цепочки:

Учет временных ограничений и логики взаимодействия. Максимальная загрузка ВУ (вычислительных & хранения).

Распределенный и независимый ТЕ: каждый сетевой узел самостоятельно принимает решение о распределении потоков по доступным каналам.

Проблемы МА управления

Плохое масштабирование;

Нет математических моделей, гарантирующих сходимость к оптимальному решению;

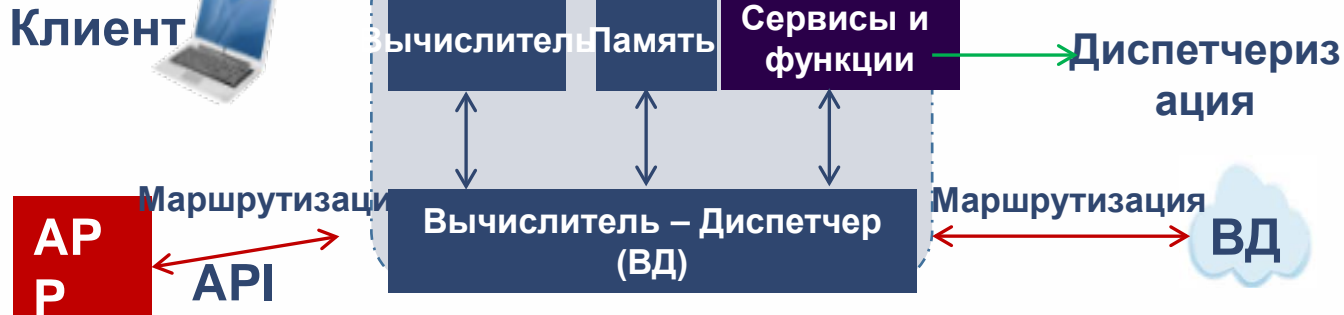
Формирование функционала оптимизации;

Величина отклонения от оптимального решения не гарантирована.

Управление сервисной и вычислительной сетью



сеть



Необходимые решения:

- Временные и ресурсные ограничения.
- Максимальная утилизация вычислительных ресурсов, ресурсов хранения, пропускной способности сети передачи данных.

Проблема: Обеспечить стабильное и детерминированное поведение сети при максимальной утилизации ресурсов

Управление потоками данных: каждый сетевой узел самостоятельно принимает решение о маршрутизации потока данных.

Управление потоками заданий: кооперативное поведение ВУ при распределении работ (локализация централизованного управления)

$\{C_i\}, i=1,m$ - гетерогенная сеть высокопроизводительных вычислителей $B=(b_{ij})_{i=1,j=1}^{m,m}$, где b_{ij} – пропускная способность между C_i и C_j , $b_{ii} = 0, i=1,m$.

$\{E_i\}, i=1,k$ - “граничные” узлы, задания P из заданного множества $\{P_i\}, i=1,n$.

Для каждого P известно: количество ресурсов, необходимое для выполнения (ресурсы ЦП, ОЗУ, ВЗУ, количество процессов и потоков); $\forall C_i \in \{C_i\}, i=1,m: \exists M_{CP}$ $m \times n$ оценок времени выполнения заданий P на каждом вычислителе из множества $\{C_i\}, i=1,m$.

Необходимо предложить такой алгоритм распределения заданий P_i из множества $\{P_i\}, i=1,n$ по вычислителям ГСВВ, чтобы минимизировался следующий функционал:

$$\min \sum_i^m \left(\alpha \frac{c_i^d}{c_i} + \beta \frac{r_i^d}{r_i} \right) + \gamma \left[\left(\frac{c_i^d}{c_i} - \Gamma \right)^2 + \left(\frac{r_i^d}{r_i} - \Delta \right)^2 \right]$$



Оценка времени выполнения задания

Каждой задаче нужен свой вычислитель !

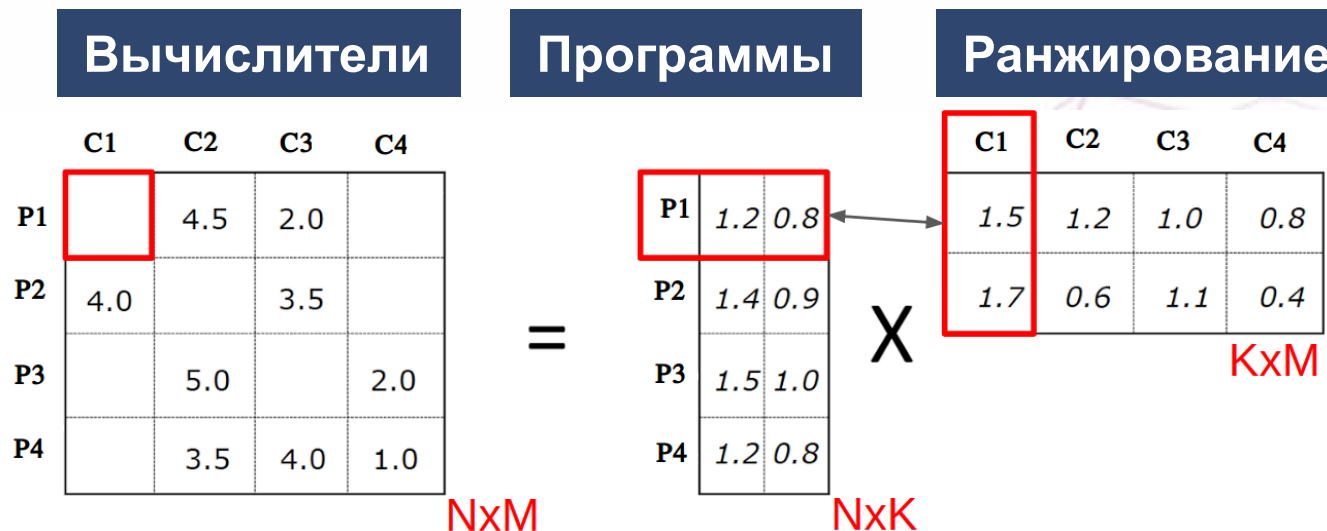
HPCG Benchmark June 2020

Rank	Site	Computer	Cores	HPL Rmax (Pflop/s)	TOP500 Rank	HPGC (Pflop/s)	Fraction of Peak
1	RIKEN Center for Computational Science Japan	Fugaku, Fujitsu A64FX, Tofu	7,299,072	415.53	1	13.4	2.5%
2	DOE/SC/ORNL USA	Summit, AC922, IBM POWER9 22C 3.7GHz, Dual-rail Mellanox FDR, NVIDIA Volta V100, IBM	2,414,592	143.50	2	2.926	1.5%
3	DOE/NNSA/LLNL USA	Sierra, S922LC, IBM POWER9 20C 3.1 GHz, Mellanox EDR, NVIDIA Volta V100, IBM	1,572,480	94.64	3	1.796	1.4%
4	Eni S.p.A. Italy	HPC5, PowerEdge, C4140, Xeon Gold 6252 24C 2.1 GHz, Mellanox HDR, NVIDIA Volta V100	669,760	35.45	6	0.860	2.4%
5	DOE/NNSA/LANL/SNL USA	Trinity, Cray XC40, Intel Xeon E5-2698 v3 16C 2.3GHz, Aries, Cray	979,072	20.16	11	0.546	1.3%
6	NVIDIA USA	Selene, DGX SuperPOD, AMD EPYC 7742 64C 2.25 GHz, Mellanox HDR, NVIDIA Ampere A100	277,760	27.58	7	0.5093	1.8%
7	Natl. Inst. Adv. Industrial Sci. and Tech. (AIST) Japan	ABCI, PRIMERGY CX2570M4, Intel Xeon Gold 6148 20C 2.4GHz, Infiniband EDR, NVIDIA Tesla V100, Fujitsu	391,680	16.86	12	0.5089	1.7%
8	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	Piz Daint, Cray XC50, Intel Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Cray Aries, NVIDIA Tesla P100 16GB, Cray	387,872	19.88	10	0.497	1.8%
9	National Supercomputing Center in Wuxi China	Sunway TaihuLight, Sunway MPP, SW26010 260C 1.45GHz, Sunway, NRCPC	10,649,600	93.01	4	0.481	0.4%
10	Korea Institute of Science and Technology Information Republic of Korea	Nurion, CS500, Intel Xeon Phi 7250 68C 563584C 1.4GHz, Intel Omni-Path, Intel Xeon Phi 7250, Cray	570,020	13.93	18	0.391	1.5%

Оценка времени выполнения задания (пример)

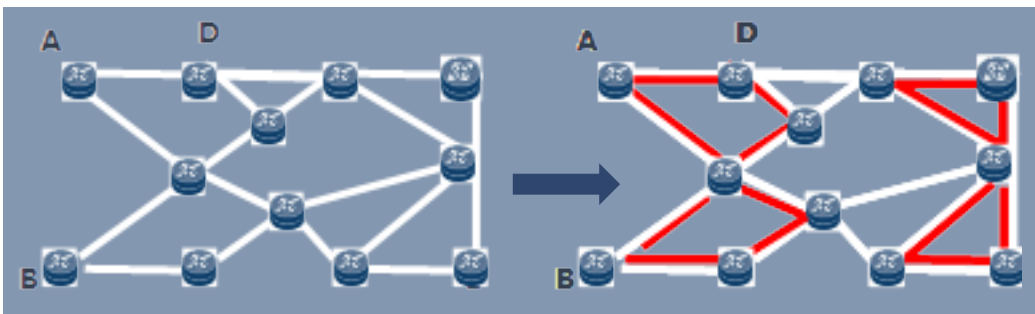


P/C	C1	C2	C3	C4
P1, Arg ₁	?	?	90	?
P1, Arg ₂	?	?	45	?
...
P1, Arg _{A1}	5	10	15	20
P2, Arg1	10	12	?	40
P2, Arg2	?	?	?	30
...
P2, Arg _{A2}	?	5	?	10
...
Pi, Arg ₁	25	35	?	56
Pi, Arg ₂	45	?	67	100
...
Pi, Arg _{Ai}	60	75	96	?
...
P _N , Arg ₁	?	34	67	?
P _N , Arg ₂	?	23	36	200
...
P _N , Arg _{AN}	100	146	245	300



Наименование	Число вычислителей	Число программ	Тип бенчмарка
MPIL2007	163	12	MPI
MPIM2007	396	13	MPI
ACCEL_OM P	25	15	OpenMP

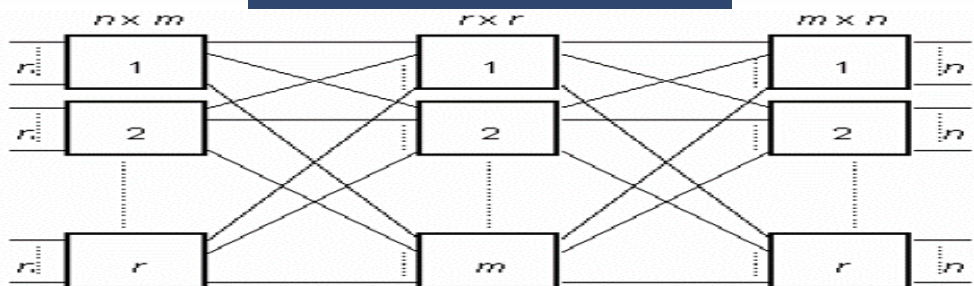
Оптимизация топологии сети



Исходная Топология Flooding топология (---)

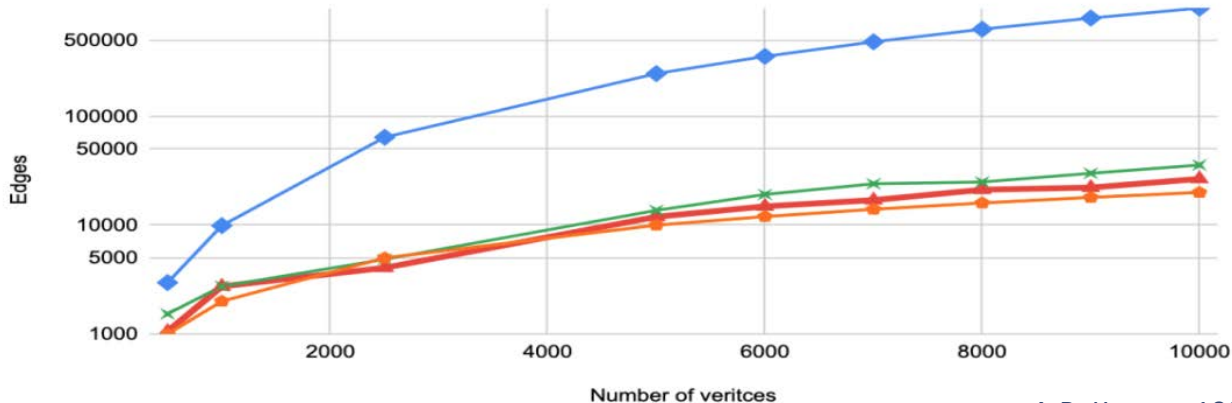
Повышение утилизации пропускной способности сети
 преобразование топологии сети для минимизации Flooding

Топология Кло

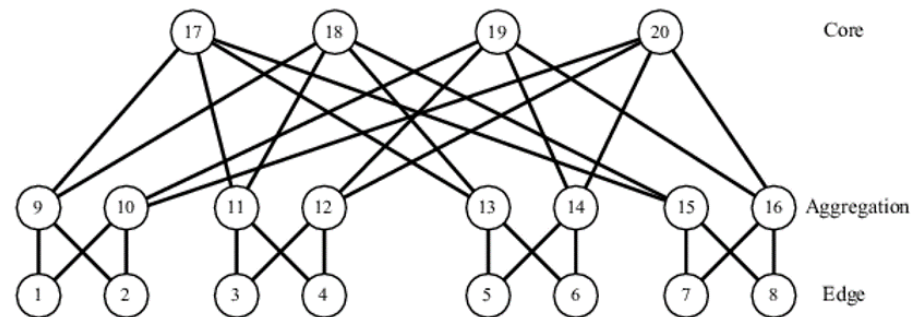


Number of edges

◆ Before algorithm ▲ FTES ($\Delta = 3$) ● FTE ($\Delta = 3$) ✕ FTES ($\Delta = 4$) ◆ FTE ($\Delta = 4$)

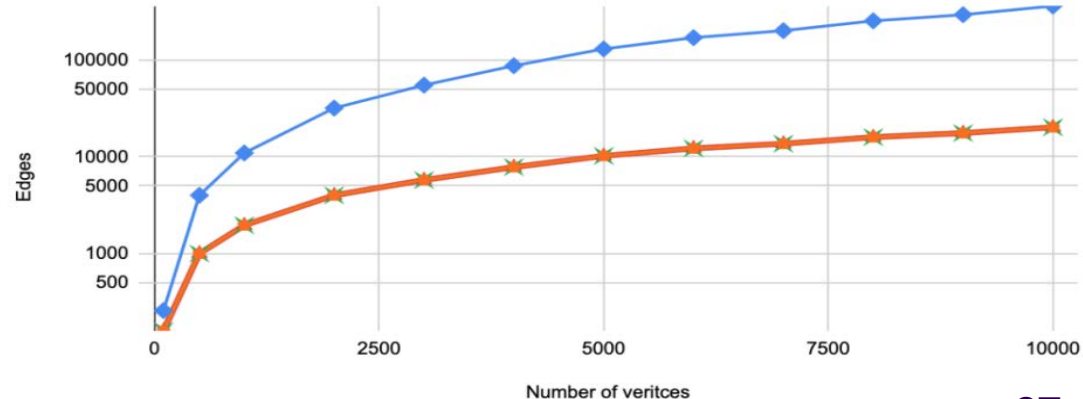


Топология Толстое дерево



Number of edges

◆ Before algorithm ▲ FTES ($\Delta = 3$) ● FTE ($\Delta = 3$) ✕ FTES ($\Delta = 4$) ◆ FTE ($\Delta = 4$)

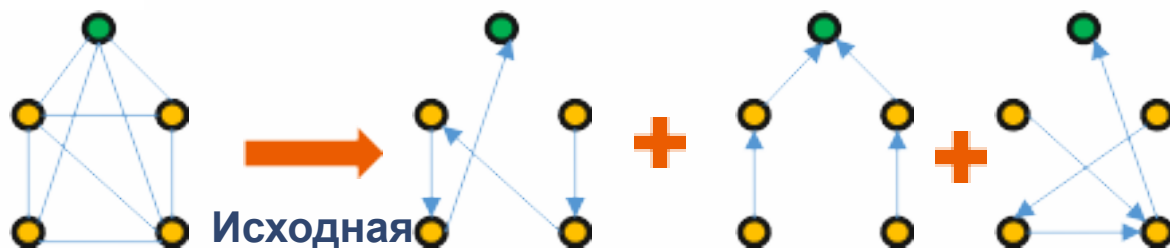


MRT – максимальные избыточные деревья



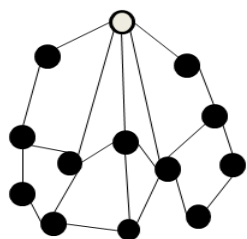
Минимизация времени сходимости

Корень



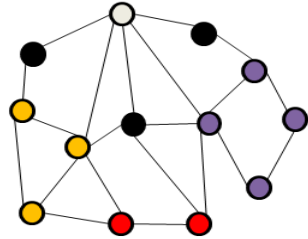
Исходная топология разделяется на три дерева

Корень



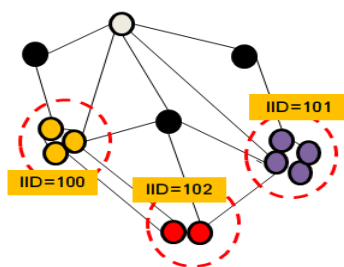
Исходный граф

Корень



Partition graph

Корень



Node in one group share same IID

Ускорение сходимости больших сетей

Сократить время сходимости за счет увеличения избыточности в топологии.

Разработан алгоритм для 3 MRTs
Можно ли увеличить их число для произвольной топологии?

Ускорение алгоритма наикратчайшего пути



Базу маршрутов (RIB) формирует IGP (OSPF/IS-IS) протокол по известной базе LSDB, используя алгоритм SPF (Дейкстры), который принципиально последовательный и работает на выделенном процессоре. Можно ли его ускорить? Как?

Параллельная версия этого алгоритма на 8 CPU с общей памятью работает в 4 – 10 раз быстрее.

```
1 DIJKSTRA( $G, w, s$ )
2 INITIALIZE-SINGLE-SOURCE( $G, s$ )
3  $S = \emptyset$ 
4  $Q = G.V$ 
5 while  $Q \neq \emptyset$ 
6    $u = \text{EXTRACT-MIN}(Q)$ 
7    $S = S \cup \{u\}$ 
8   for each vertex  $v \in G.Adj[u]$ 
9     RELAX( $u, v, w$ )
```

$$O((n + m) \cdot \log n) \longrightarrow O(n^2/p + n \cdot \log p)$$

Параллельный случай ~ **1.5** раза быстрее.
С учетом специфики топологии может быть ускорен до 6 раз.

```
2 BELLMAN-FORD( $G, w, s$ )
3 INITIALIZE-SINGLE-SOURCE( $G, s$ )
4 for  $i = 1$  to  $|G.V| - 1$ 
5   for each edge  $(u, v) \in G.E$ 
6     RELAX( $u, v, w$ )
```

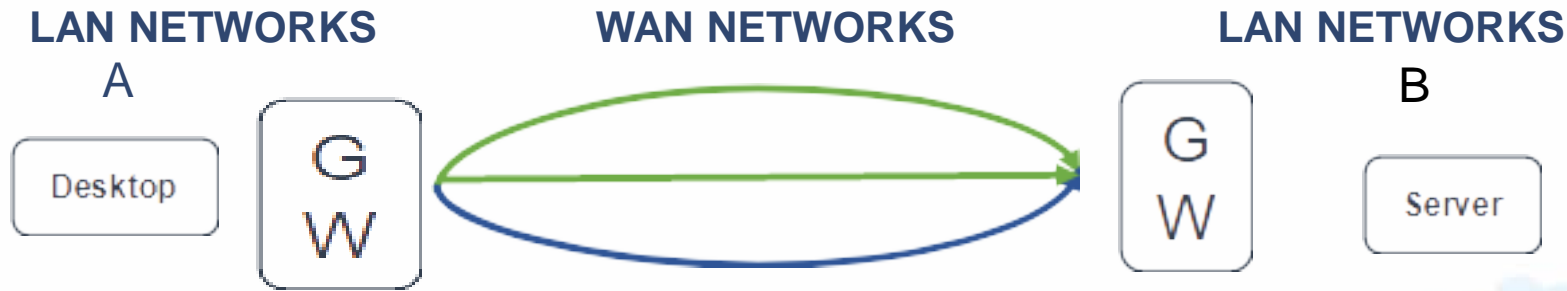
$$O(n \cdot m) \longrightarrow O(n \cdot m/p)$$

Распараллеливание алгоритма Bellman-Ford-Moore - ускорение ~ **4 - 9** раз. Для небольших топологий до 1000 узлов, не требует работы с очередями.

Stepping алгоритм ~ **2.5** раза. для любой топологии.

Thorup, Δ -, ρ -stepping,

Автоматизированная система оптимизации транспорта в сети



SLAs Поток:

Требования приложения: A→B

ВКС:

Latency: 30ms, loss: 0.01, jitter: 10ms;

Клиент пользователя:

Latency: 80ms, loss: 0.02, jitter: 30ms;

Расчет:

high available

Состояние канала:

Latency: 40ms, No loss, no-jitter.

Two links between A and B:

MPLS link 1:

Latency: 30ms, loss: 0.02, jitter: 10ms;

MPLS link 2:

Latency: 40ms, loss: 0.005, jitter: 5ms;

Internet link:

Latency: 70ms, loss: 0.01, jitter: 30ms.

**Предсказание состояния канала
→ Динамический FEC**

Проблемы:

- Алгоритм предсказания состояния канала;
- Оптимальный выбор канала;
- Транспорт UDP based;
- FEC алгоритм .

Методы:

FEC:

Redundant pkt to fix packet loss:

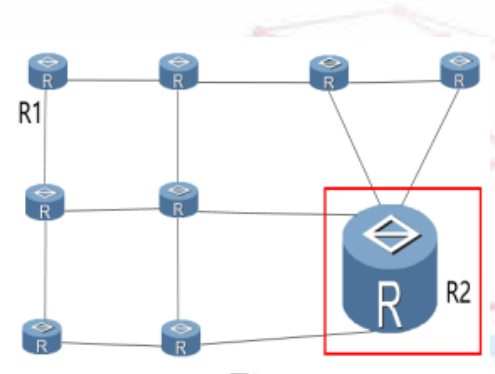
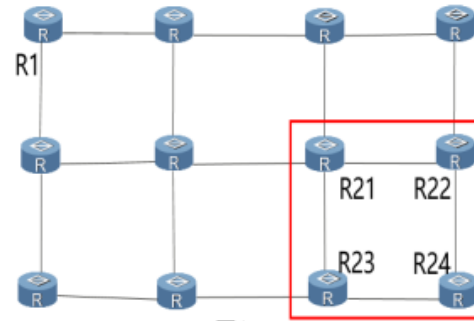
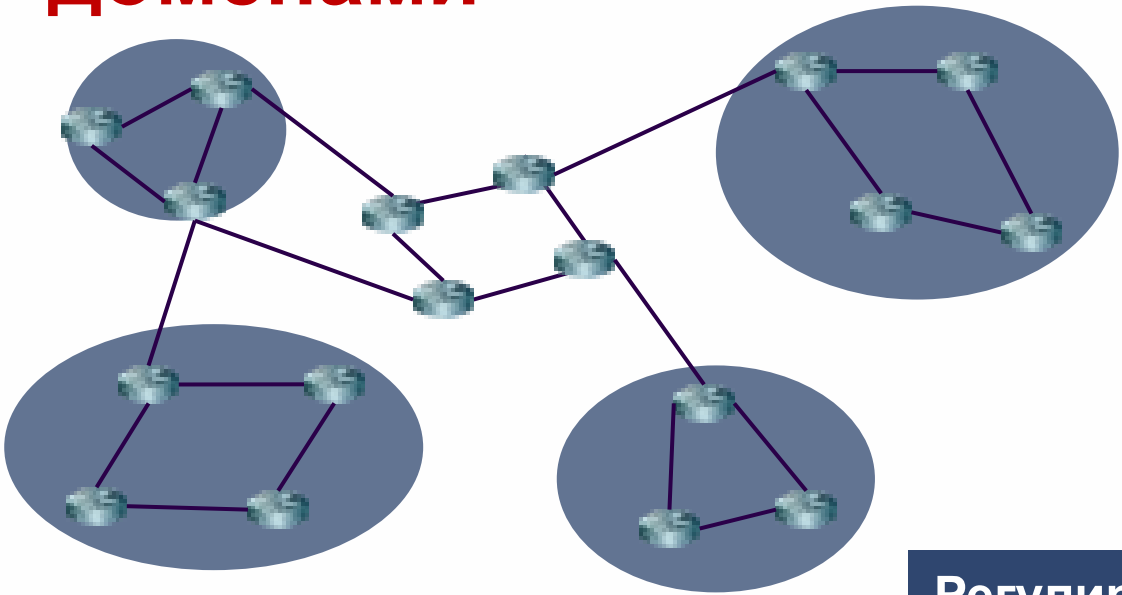
Pkt replication

Pkt send in multi-path to provide high available;

TCP acceleration:

TCP proxy with new CC algorithm.

Сеть AS с автоматически регулируемым доменами



Регулирование размера домена

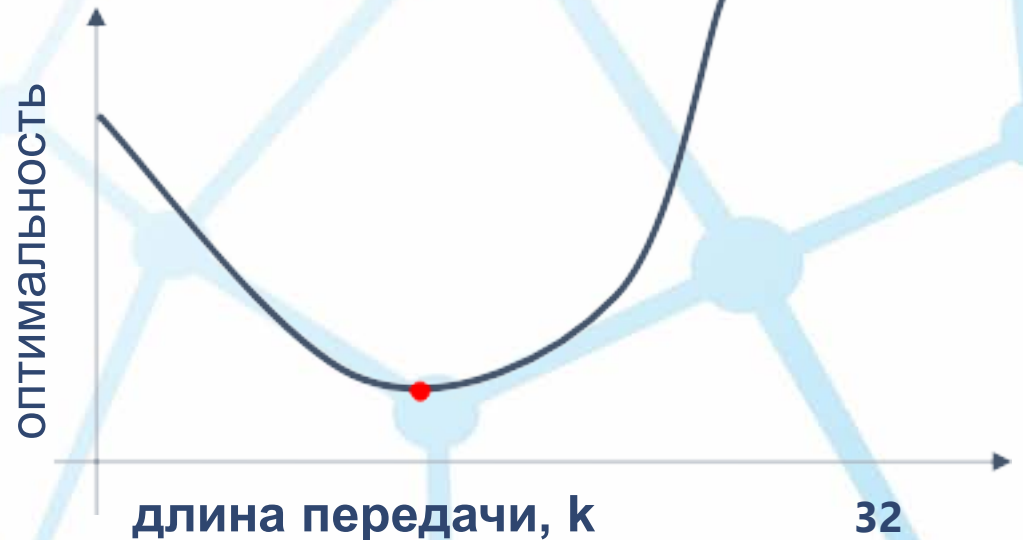
Пусть k – длина пути, по которому маршрутизаторы будут передавать информацию о своей загрузке:

$k = 0$ – знают только о своей,

$k = 1$ – о себе и о соседях,

$k = k_{max}$ – знают обо всех.

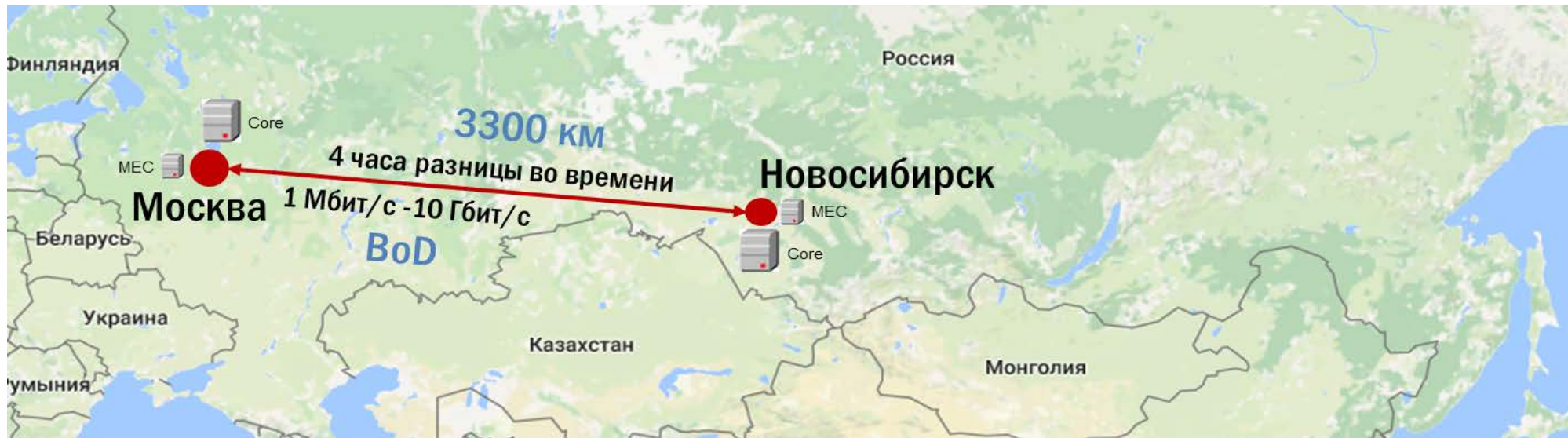
С одной стороны, увеличение k ведет к увеличению информации о системе. С другой, из-за увеличения затрат информация будет передаваться реже (для k_{max} 30 секунд)



Канал по требованию (Bandwidth on Demand)



Назначение сервиса Bandwidth on Demand - объединение «по требованию» двух виртуальных локальных сетей в разных ЦОД в единую логическую сеть с SDN-WAN управлением.



Реализован полностью автоматический процесс выделения требуемой магистральной сетевой емкости «по требованию», с оплатой по фактическому времени ее использования.

Автоматизирован процесс изменения выделенной емкости, как созданием каналов с другой емкостью, так и созданием дополнительных каналов.

Существующий подход к организации ЦОД



Филиалы,
Подразделения,
Дочерние предприятия

Проблемы существующего подхода:

- **Высокие требования к QoS каналов связи, для обеспечения доступности сервиса;**
- **Проблемы капитального строительства централизованного ЦОД;**
- **Проблема масштабирования, связанная со строительством новых ЦОД и ручной синхронизацией их работы;**
- **Неоптимальное использования доступных ресурсов, из-за отсутствия централизованной системы управления и**

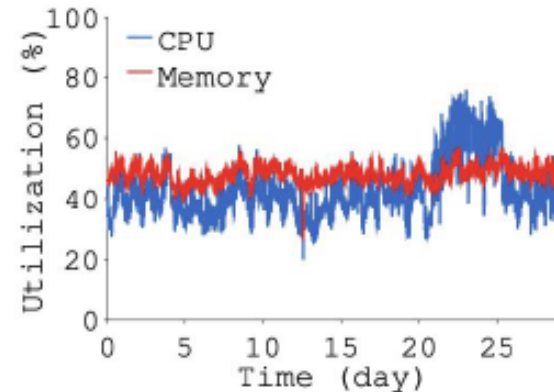
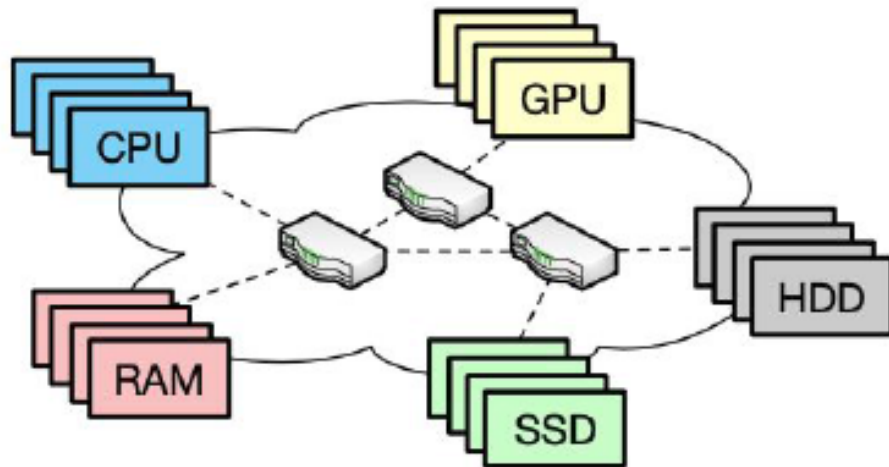
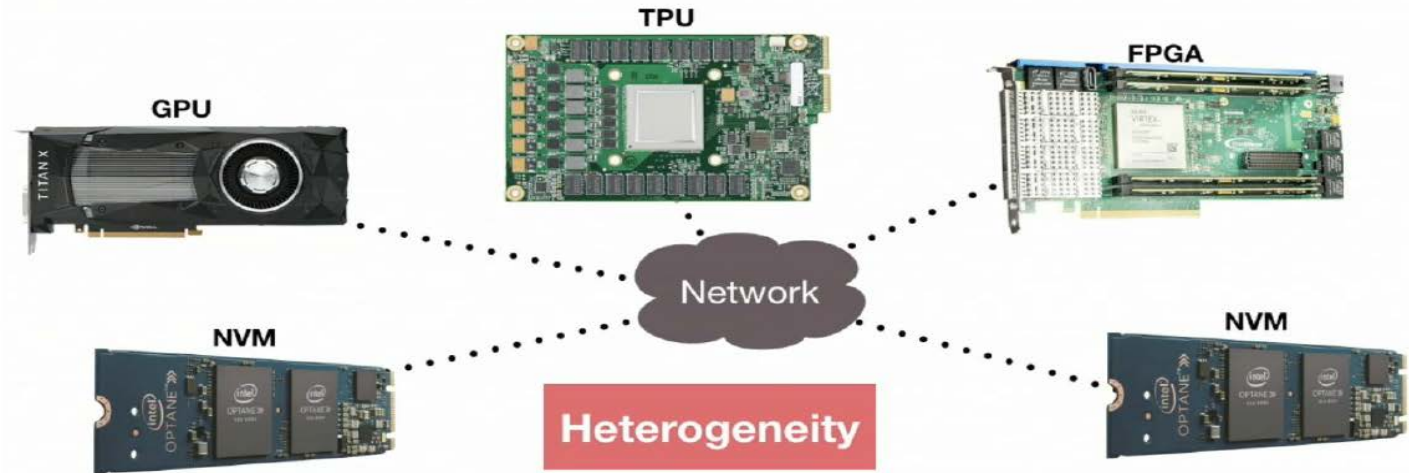
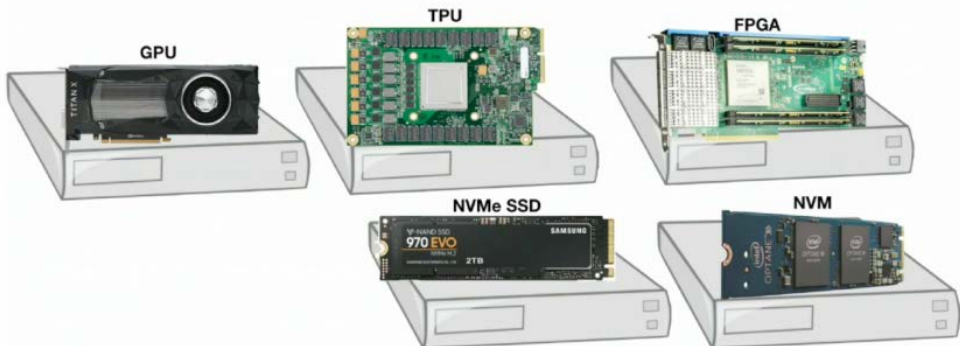
Новый подход к организации ЦОД



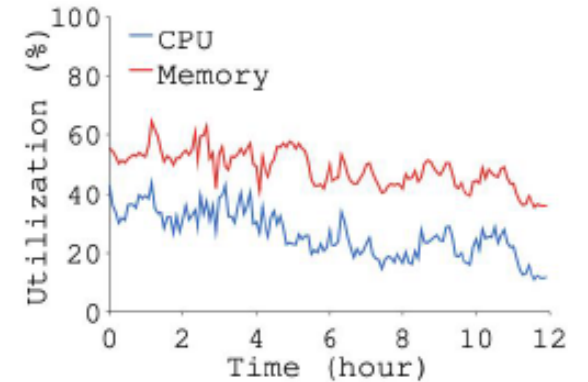
Преимущества нового подхода

- **Снижение** требований к транспорту за счет близости экземпляра сервиса к конечному потребителю;
- **Снижение затрат** на организацию ЦОД за счет отсутствия необходимости строить централизованный ЦОД;
- **Простое масштабирование** за счет использования централизованной облачной платформы;
- **Повышение оперативности работы сети** за счет централизованной системы управления и оркестрирования и близости сервиса к клиенту.

Деагрегированная Архитектура



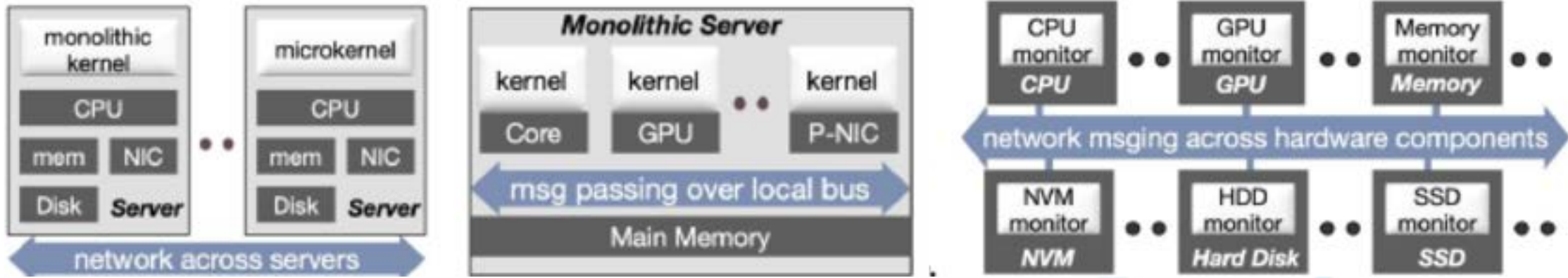
(a) Google Cluster



(b) Alibaba Cluster

20% - 60% использования CPU и памяти

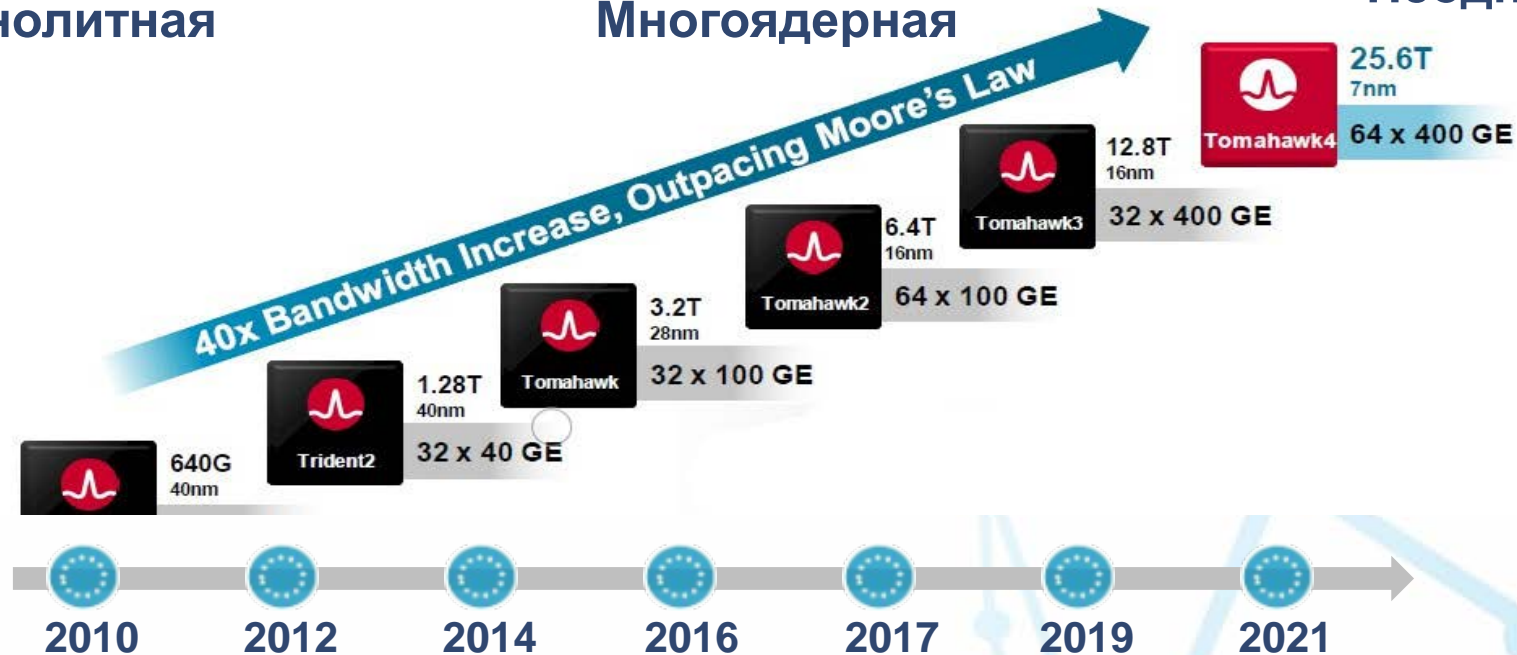
Эволюция серверной архитектуры



Монолитная

Многоядерная

Неоднородные ядра



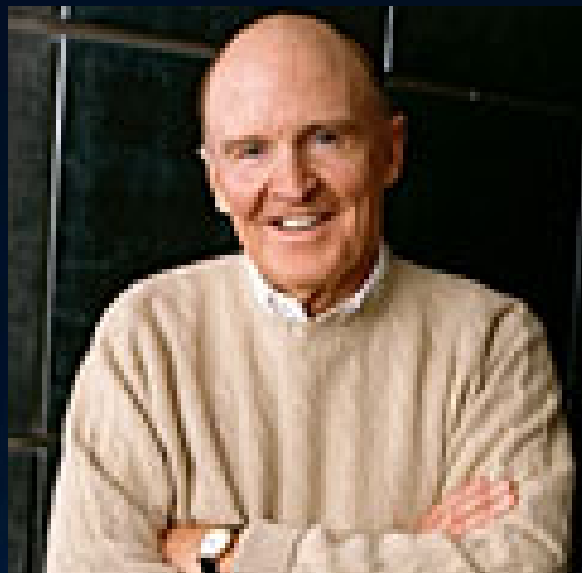
The world according to Bill Gates



*Если в 80-е годы
главным было
качество, а в 90-е -
реинжиниринг, то в
2000-е главное -
скорость.*

*Bill Gates in Business @ the Speed of
Thought*

Jack Welch, General Electric



В чем проявились самые большие перемены в бизнесе за время вашей работы в должности исполнительного директора?

Исполнительные директоры.
Меняйтесь раньше, чем Вас
заставят это сделать
нию.

Поэтому надо прививать людям вкус к переменам.
Надо говорить о переменах постоянно.

16.02.2023



Самый главный вызов сейчас, на мой взгляд, — скорость изменений и управления ими. Очевидно, что если ты меняешься медленнее, чем среда, то не можешь не отставать. И отставание очень быстро накапливается. Только раньше речь шла о квартальном или полугодовом цикле, а сейчас — о ежедневном.

Г. Греф Председатель СБ

Источник: <http://hbrrussia.ru/liderstvo/psikhologiya-liderstva/a17082/#ixzz3zeP2vx1m>

Network is a Computer



**Fully Controllable Programmable Virtualized
Infrastructure**

Заключение

- Современные приложения – распределенные, масштабируемые, реального времени
- Информационно-Вычислительная Инфраструктура (ИВИ) одна из технологических основ современной цивилизации
- ИВИ = Сеть передачи данных + Облачные Центры Обработки = Компьютер
- Влияние и зависимость современного общества от организации ИВИ
- ИВИ – область суверенитета современного государства

Заключение



Чтобы воплотить концепцию «Сеть — это сверхбольшой масштабируемый вычислитель», мы должны разработать:

- интеллектуальные распределенные иерархические методы управления;
- методы управления совместным поведением сетевых узлов;
- адаптируемый компромисс между централизованным и децентрализованным управлением;
- методы прогнозирования состояний каналов и вычислительных узлов на основе алгоритмов машинного обучения;
- эффективный интеллектуальный транспорт в наших сетях;
- пересмотреть концепцию Операционной среды для приложений;
- отработать технологию разработки приложений с микросервисной архитектурой;
- создать DSL языки для оркестрирования и администрирования приложений.

**Сделать нашу сеть детерминированной,
безопасной, надежной, отказоустойчивой и
масштабируемой.**

Вот так !



Вопросы

16.02.2023