

ЦЕНТР
ПРИКЛАДНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ

1



Программное управления и виртуализация - новые горизонты компьютерных сетей



Введение в компьютерные сети. Чл.-корр. РАН
Смелянский Р.Л.
14.12.2020

член-корр. РАН Смелянский Р.Л.

Тенденции и требования рынка

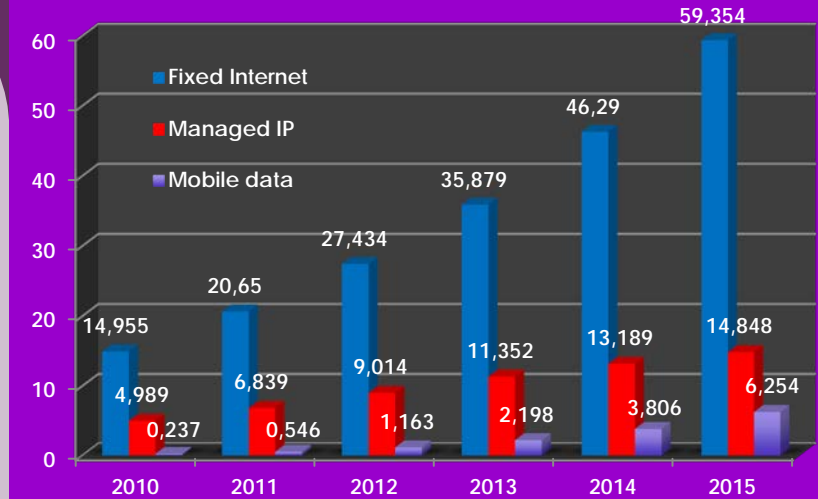


Ключевые тенденции

- Изменение модели вычислений (outsourcing & robosourcing);
- Быстрый рост трафика: с 2010 по 2017 год объем трафика возрос в 6 раз
- Изменение структуры трафика: к 2017 г. + 70 % - видеотрафик;
- Взрывной рост мобильности;
- Несоответствие темпов роста трафика и темпов роста доходов операторов

Необходимо сокращать стоимость передачи трафика!

Global IP Traffic By Type



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



Эрик Шмит, Google

Введение в компьютерные сети
чл.-корр. РАН Смелянский Р.Л.

Основные тренды роста трафика в сетях



Основные тренды:

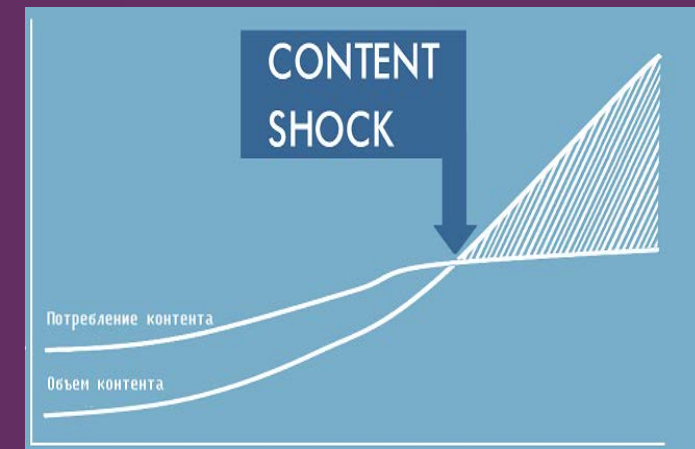
- Глобальный годовой IP трафик: 2.3 ZB (зеттабайт = 10^{21}) в год в 2020 году.
- Трафик «часа пик» подключений (время с наибольшим числом пользователей онлайн) растет быстрее чем средний интернет трафик.
- Объем трафика со смартфонов превысит объем трафика со стационарных компьютеров в 2020 году.
- Трафик с беспроводных и мобильных устройств составит **две трети общего IP трафика в 2020 году.**
- **Доминировать будет трафик между ЦОД**

Source: blog.sisco.com



Особенности роста мобильного трафика:

- С 2015 по 2020 годы объем мобильного трафика возрастет в 8 раз и достигнет в 2020 г. показателя 30,6 ЭБ/мес (Эксабайт = 10^{18}).
- Мобильный трафик в этот период будет расти в три раза быстрее, чем трафик в сетях с фиксированной связью.

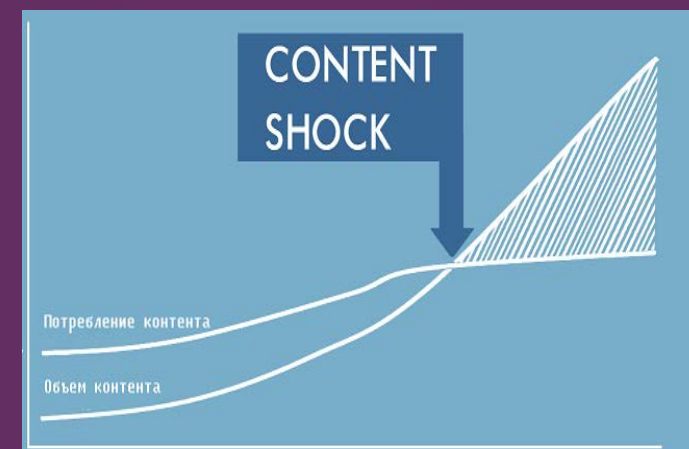


Основные тренды роста трафика в сетях



Особенности роста игрового и видеотрафика:

- В 2020 году для просмотра всего видеоконтента, который будет проходить через глобальные IP сети каждый месяц, потребуется более 5 миллионов лет.
- Трафик виртуальной реальности вырос к 2015 году в 4 раза. К 2020 году он вырастет еще в 61 раз при среднегодовом темпе роста в 127%.
- С 2015 трафик видеонаблюдения к 2020 г. вырастет десятикратно.
- Игровой интернет-трафик вырастет к 2020 году в 7 раз.
- Объем потребительского трафика видео по требованию к 2020 году вырастет почти в два раза.
- Трафик IPTV увеличился с 2015 года по 2020 год в 3,6 раза.



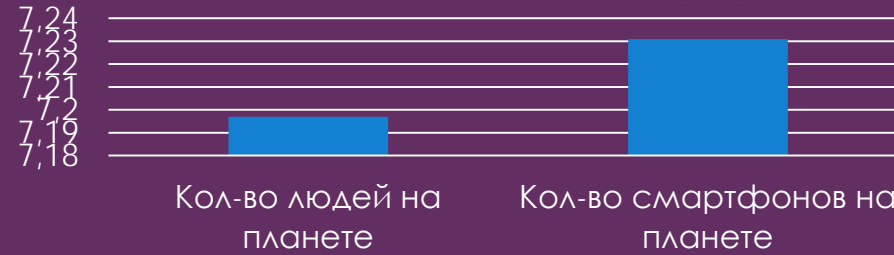
Тенденции информационных технологий



Мобильность

2014, млрд

GSMA



Виртуализация

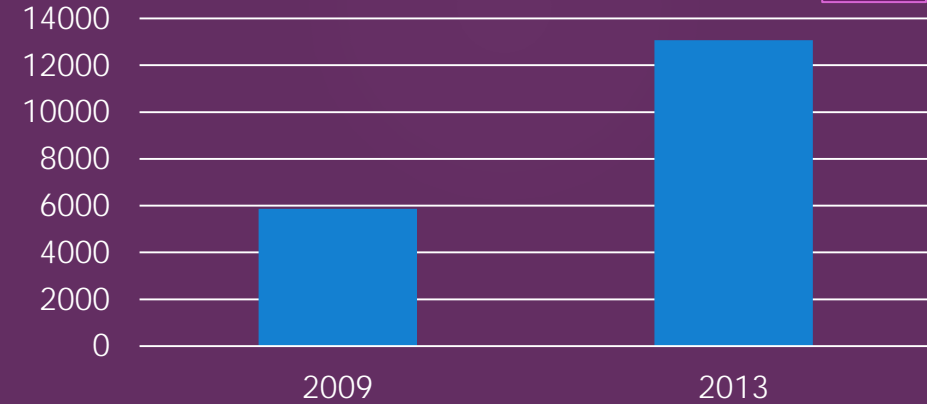
ЦОД, %

Gartner



ДОХОДЫ ОТ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ, млн

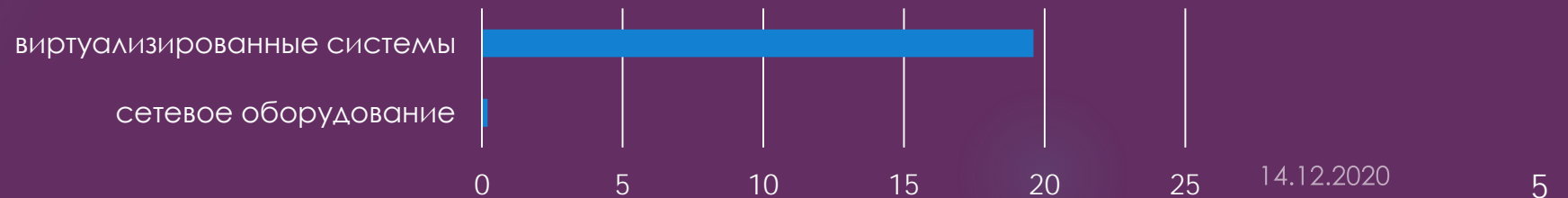
IDC



Консолидация инфраструктуры

темпы роста рынка до 2020 года, %

IDC

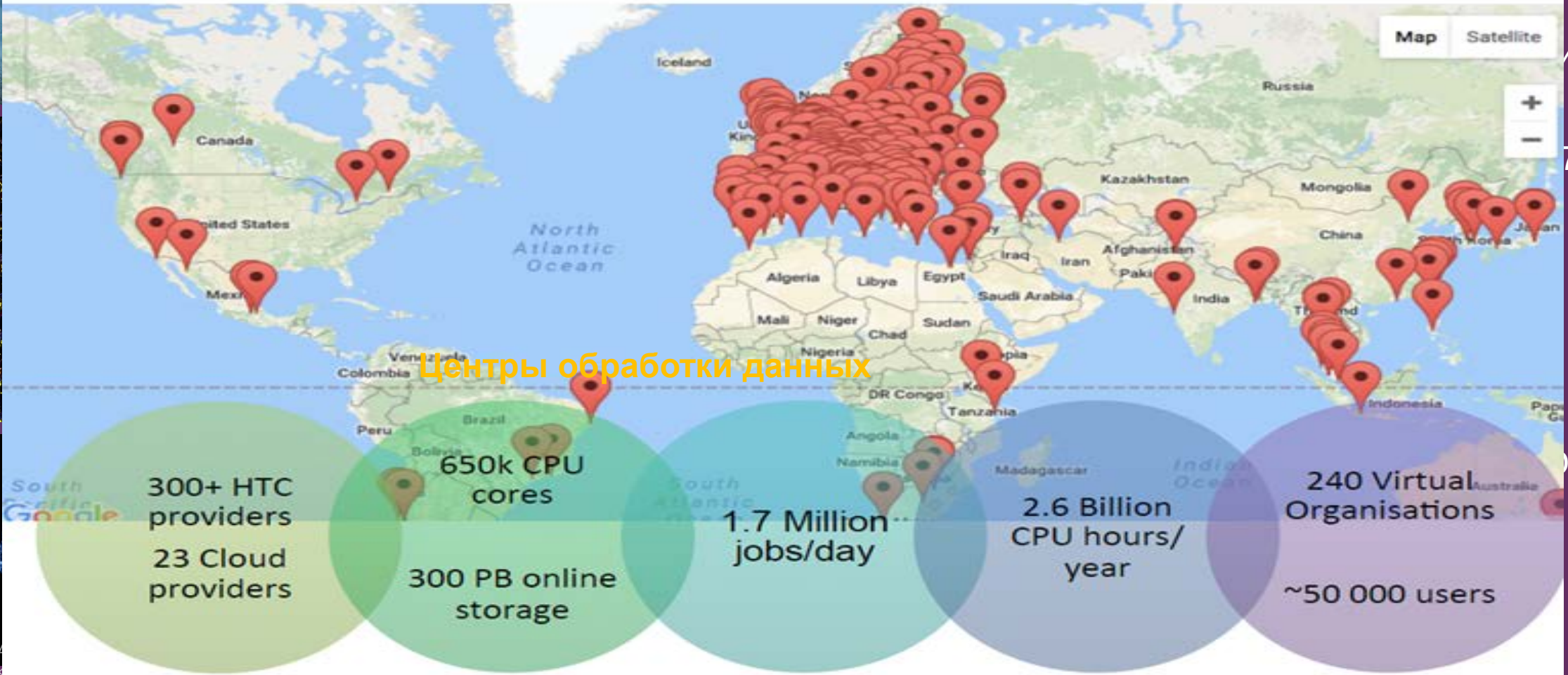


Введение в компьютерные сети
 чл.-корр. РАН Смелянский Р.А.



Big Data

EGI Federated Infrastructure



Центры обработки данных

ика, чем

7

С)

TELEPRESENCE



IN THE HOME



SURVEILLANCE



DIGITAL SIGNAGE



MOBILE



DESKTOP



Transcode

Encrypt

Ad Insertion

Stream

Enhance

QoS

Transrate

Protect

Translate

Multicast

Compress

Legacy Network

convergence

CDN

Network is a Computer

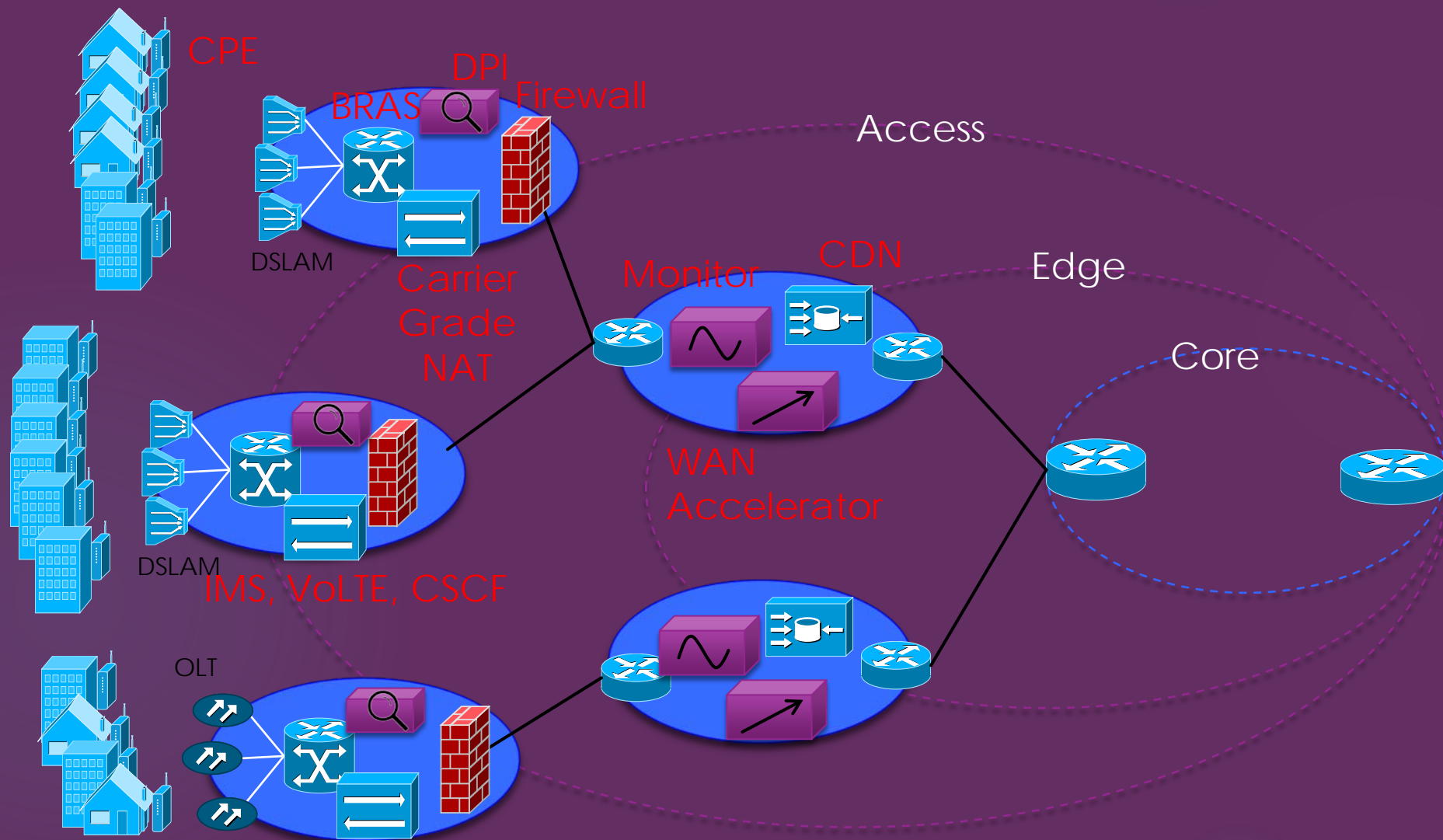


Scott McNeely SunMicrosystems



Fully Controllable Programmable Virtualized Infrastructure

Сеть оператора

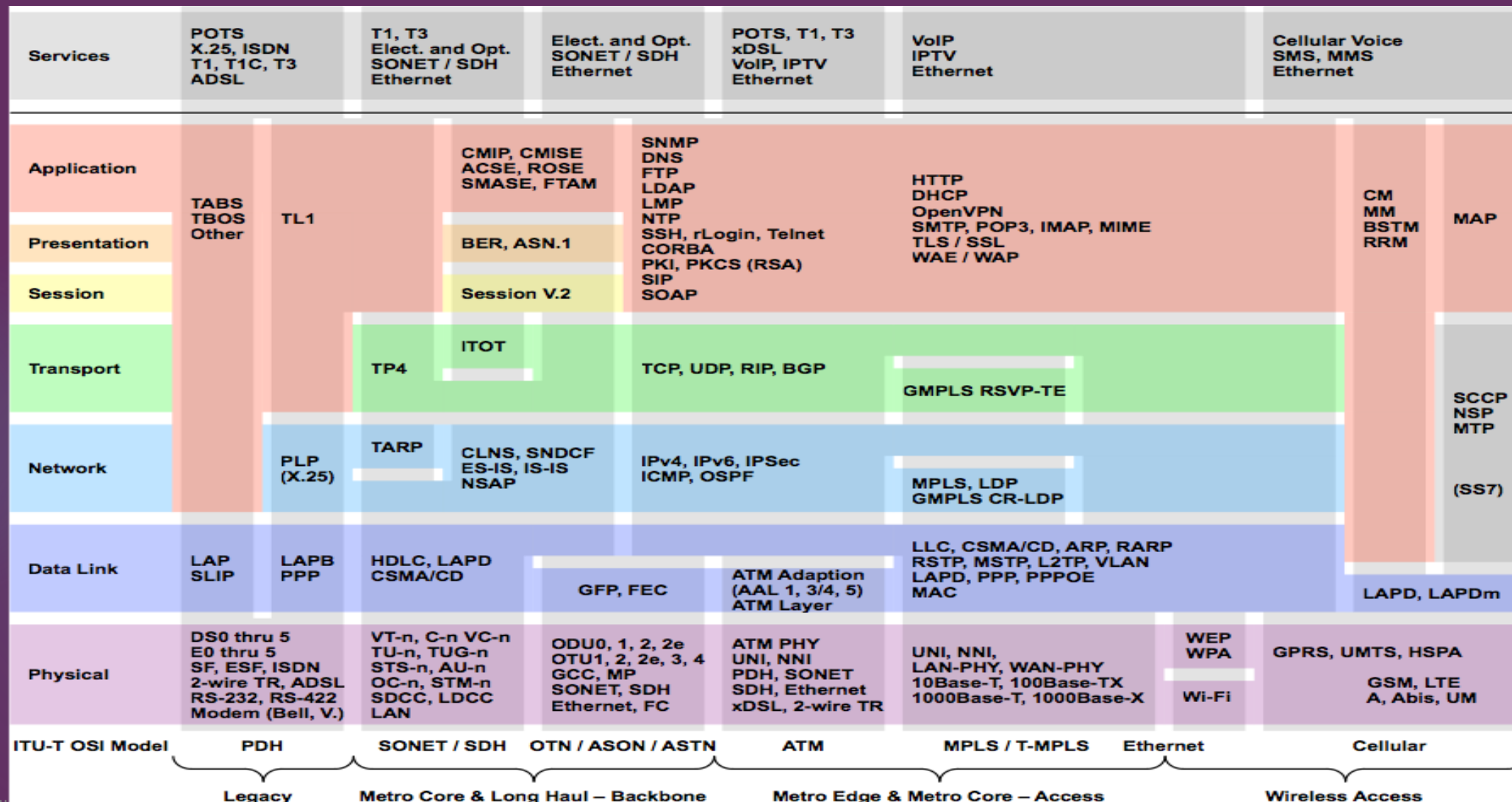


Проблемы современных компьютерных сетей



- Современные сети проприетарны: диктат производителя
- Закрытость для инноваций: внесение любых изменений трудоемко, дорогостояще, длительно по срокам (увеличение срока ROI)
- Сложность: свыше 600 используемых протоколов, более 10 000 RFC
- Число middle boxes растет постоянно
- Нет надежных решений по безопасности
- Невозможно контролировать и надежно предвидеть поведение таких сложных объектов, как глобальные компьютерные сети (ping, traceroute)

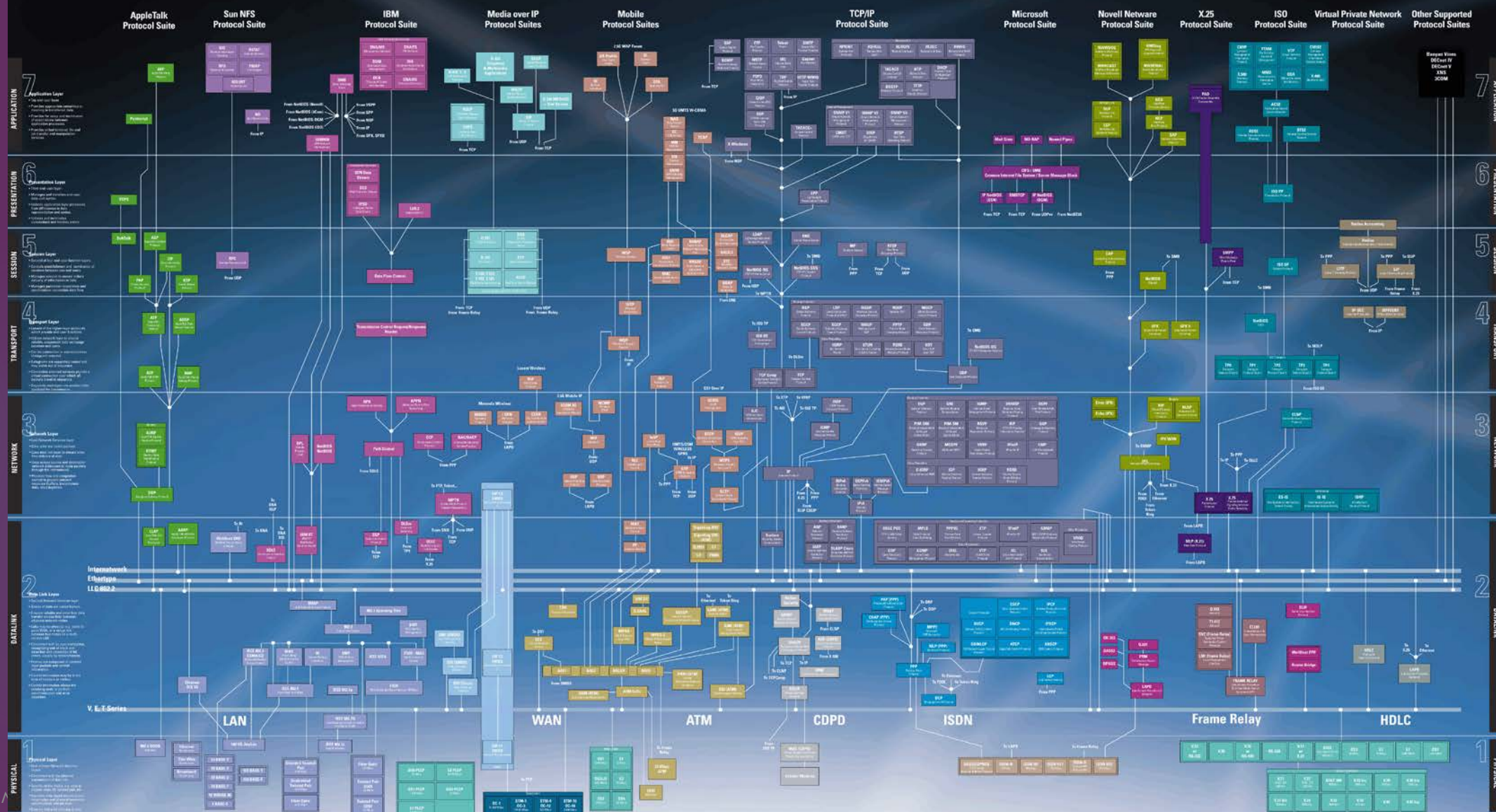
Модель стека протоколов не совершенна



Протоколы множатся



NETWORK COMMUNICATION PROTOCOLS



When a single hour of network downtime can cost millions

Экономика развития и эксплуатации современных сетей



Скорость роста трафика не пропорциональна ростам доходов

Требования снижения стоимости абонентской платы при возрастающих затратах на развитие, поддержку инфраструктуры и низких темпах роста клиентской базы

Сервис и аппаратура жестко связаны (middlebox).
Большие сроки и инвестиции для вывода сервиса на рынок

Требования к качеству и составу сервисов растут – растет число и изощренность конфигурации middleboxes

Ввод новых сервисов зависит от приоритетов вендоров

Высокое энергопотребление и требования к охлаждению

Низкий уровень автоматизации управления и нехватка кадров

Сегодня:



Будущее:

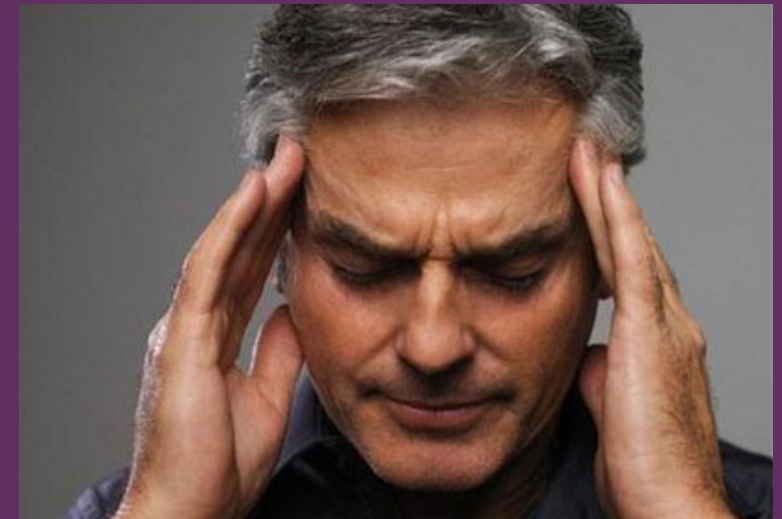




Выводы

- Необходимо устранить зависимость вывода сервиса от вендора сетевого оборудования
- Уметь быстро создавать те сервисы, которые востребованы пользователями
- Отделять функциональную часть сервиса от железа (программируемость)
- Оптимизация затрат на предоставление сервисов (запускать там, столько и тогда сколько востребовано пользователями - виртуализация)
- Повысить уровень автоматизации управления сетью – администратор говорит что надо, сеть это делает

Сеть это компьютер!



Облачные вычисления



Что такое облачные вычисления?



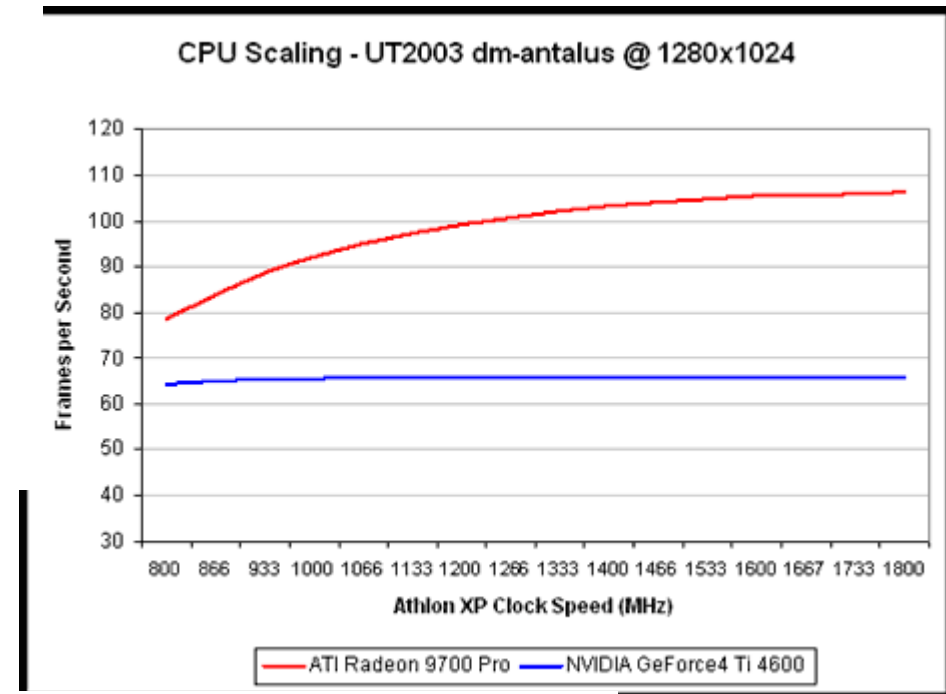
Облачная платформа – вычислительная инфраструктура, обеспечивающая виртуализацию и масштабирование сервисов.



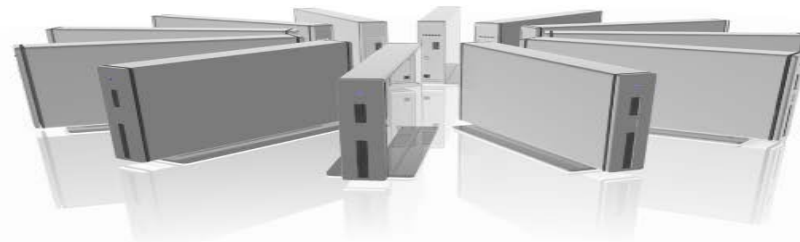
Масштабирование

Масштабирование

- вертикальное
- горизонтальное

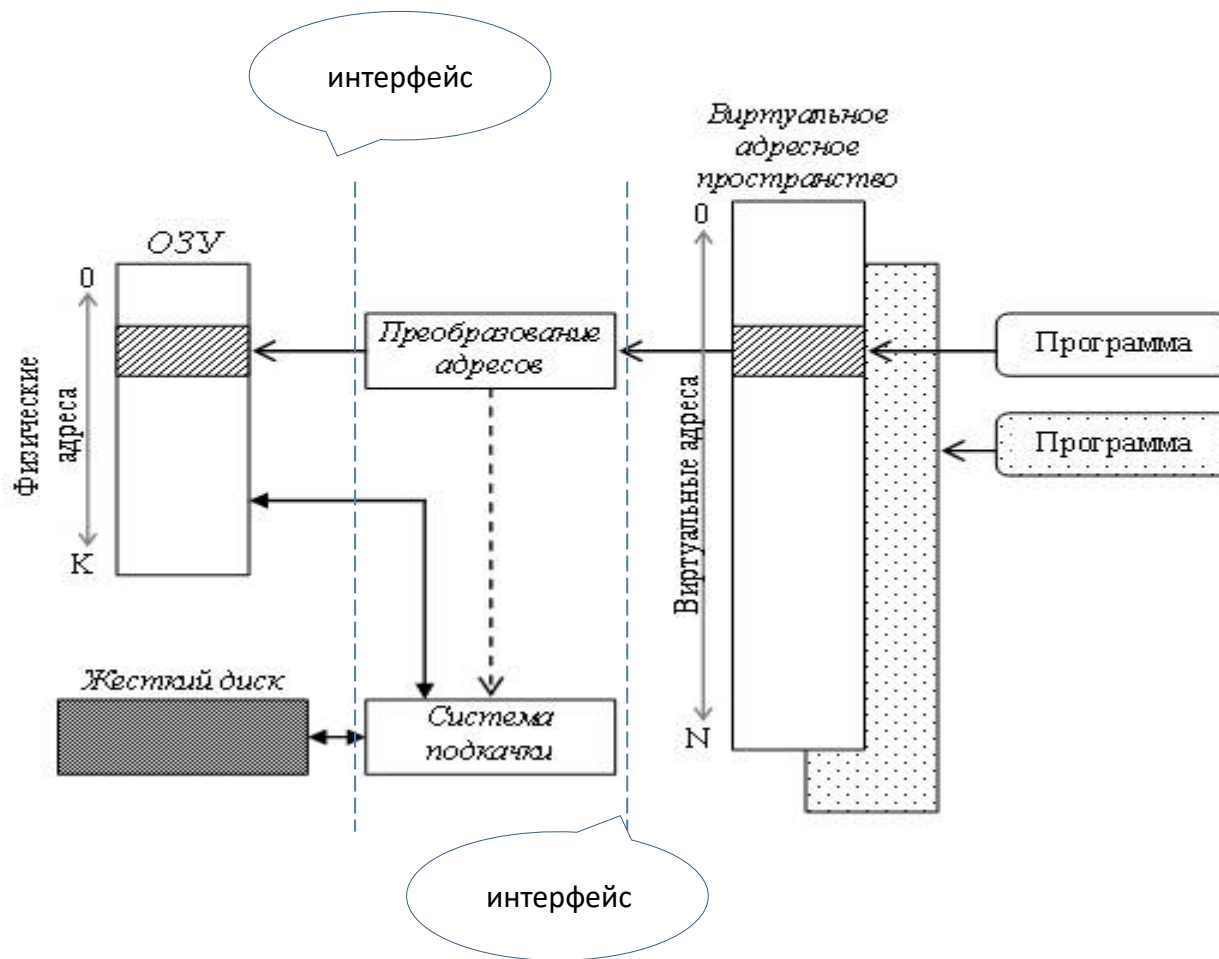


Горизонтальное





Виртуальная память





Вычислительная система

Иерархия интерфейсов



App

OS

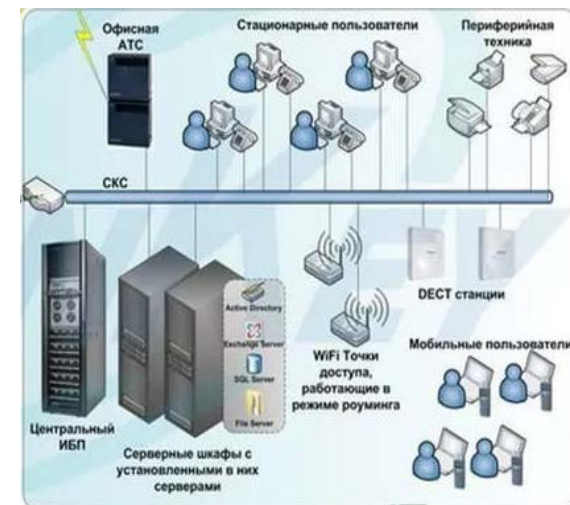
CPU, Memory,
Devices

Интерфейс

Взаимодействие приложения с внешними устройствами, памятью, процессором

Интерфейс

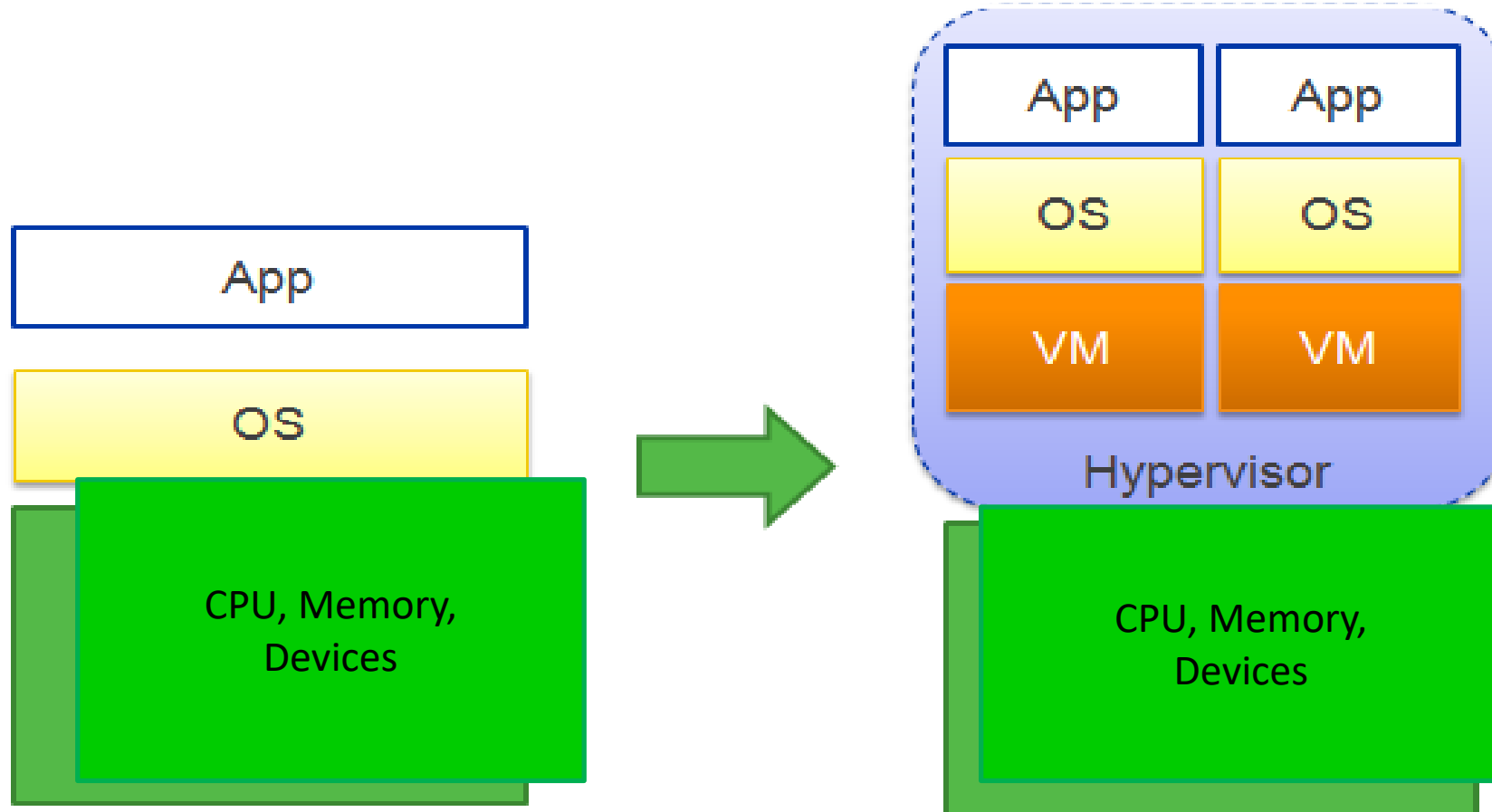
Процессор, память, устройства





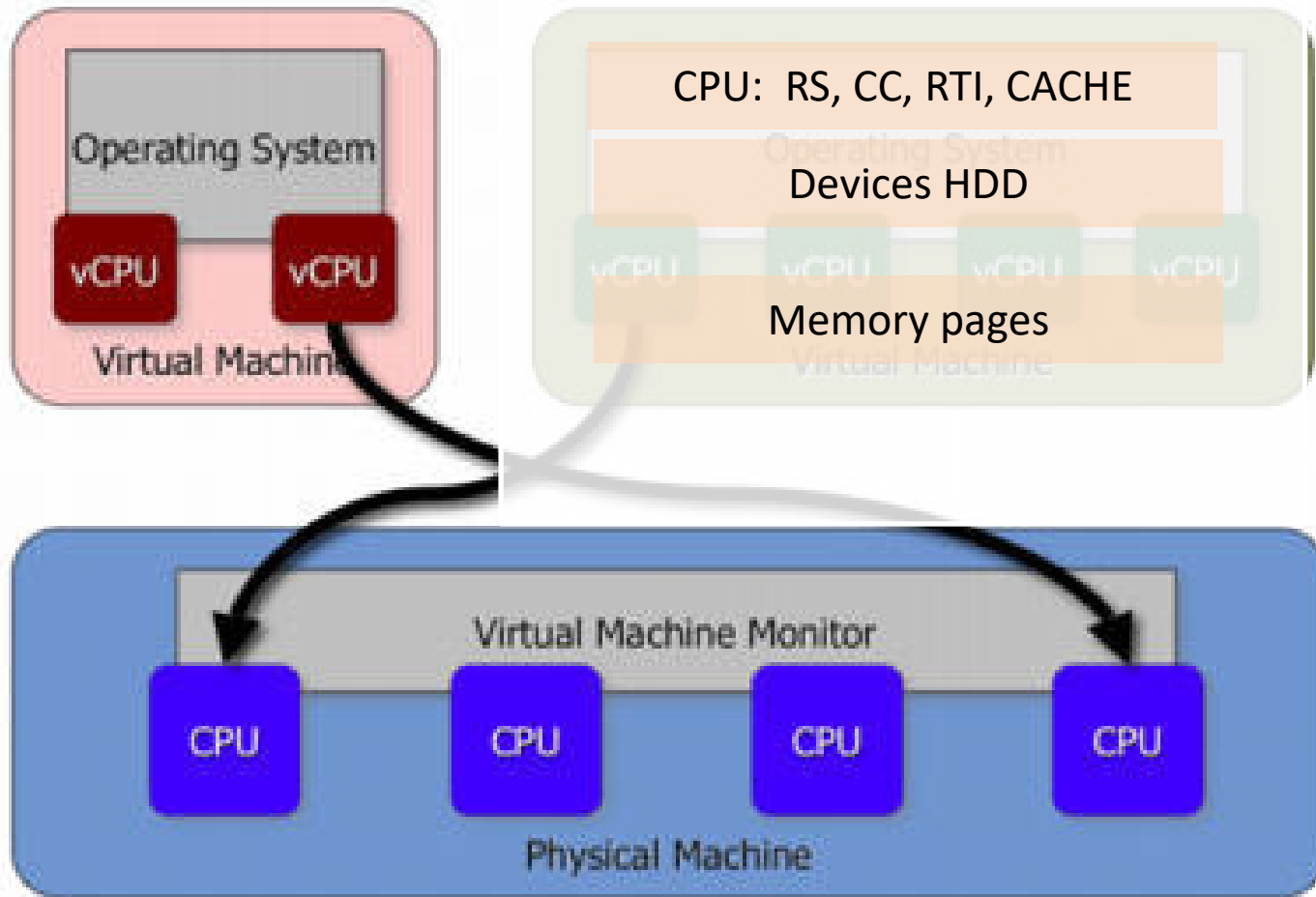
Виртуализация

Виртуализация – это динамическая подмена физической подсистемы с определенными сервисами, на объект, имеющий такой же интерфейс и реализующий тот же самый набор сервисов.





Виртуализация вычислителя



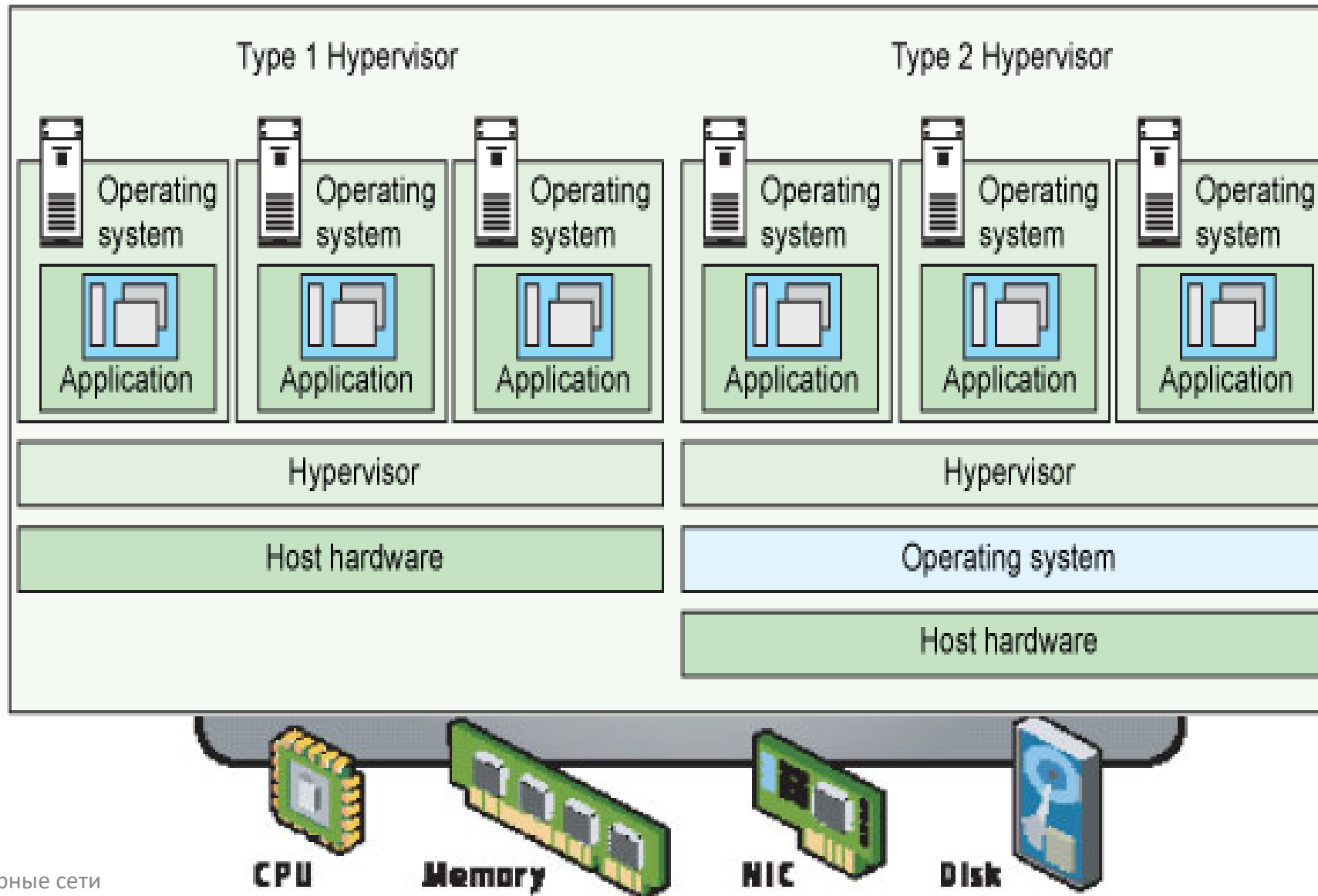
Виртуализация прямая

Паравиртуализация

Виртуализация
с аппаратной поддержкой

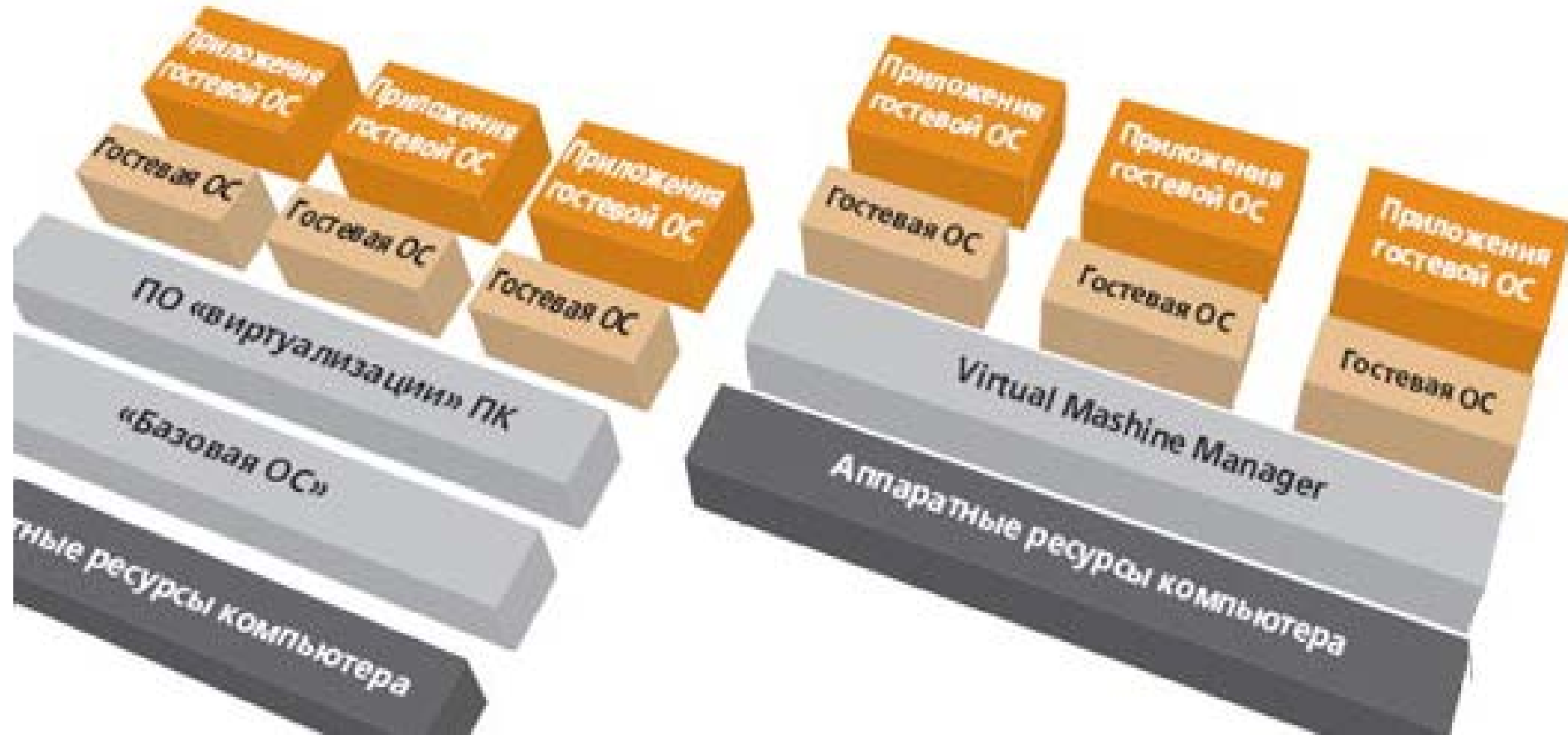


Виртуализация



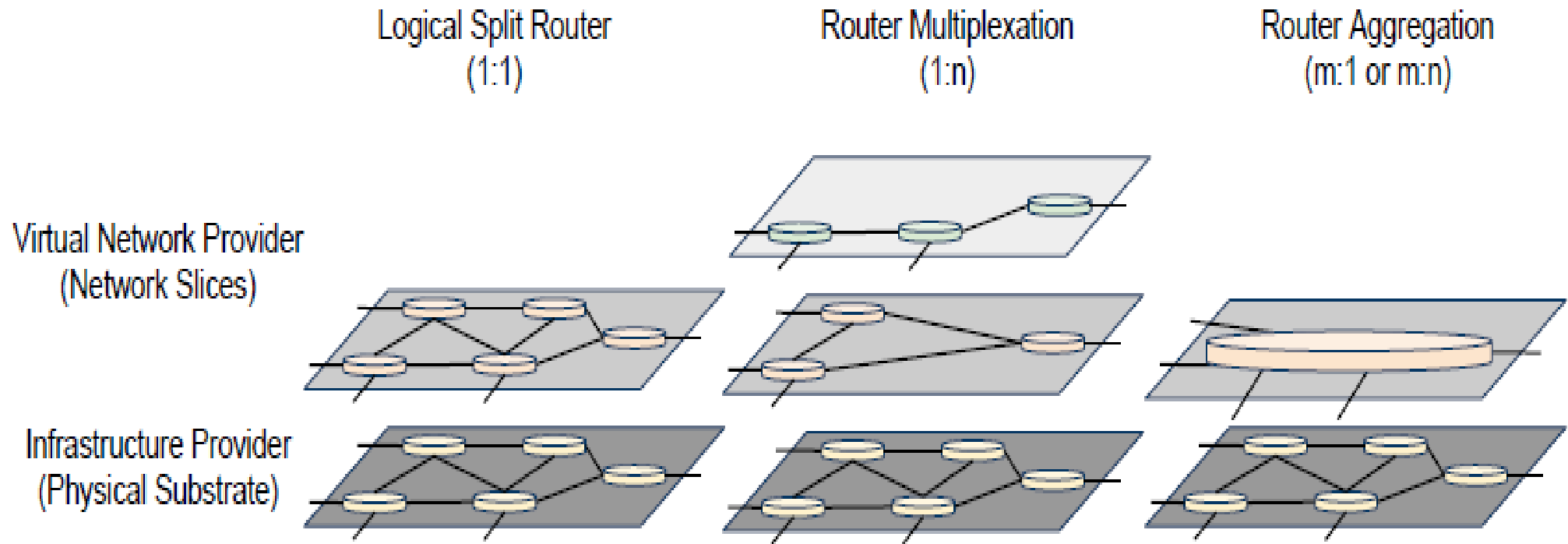


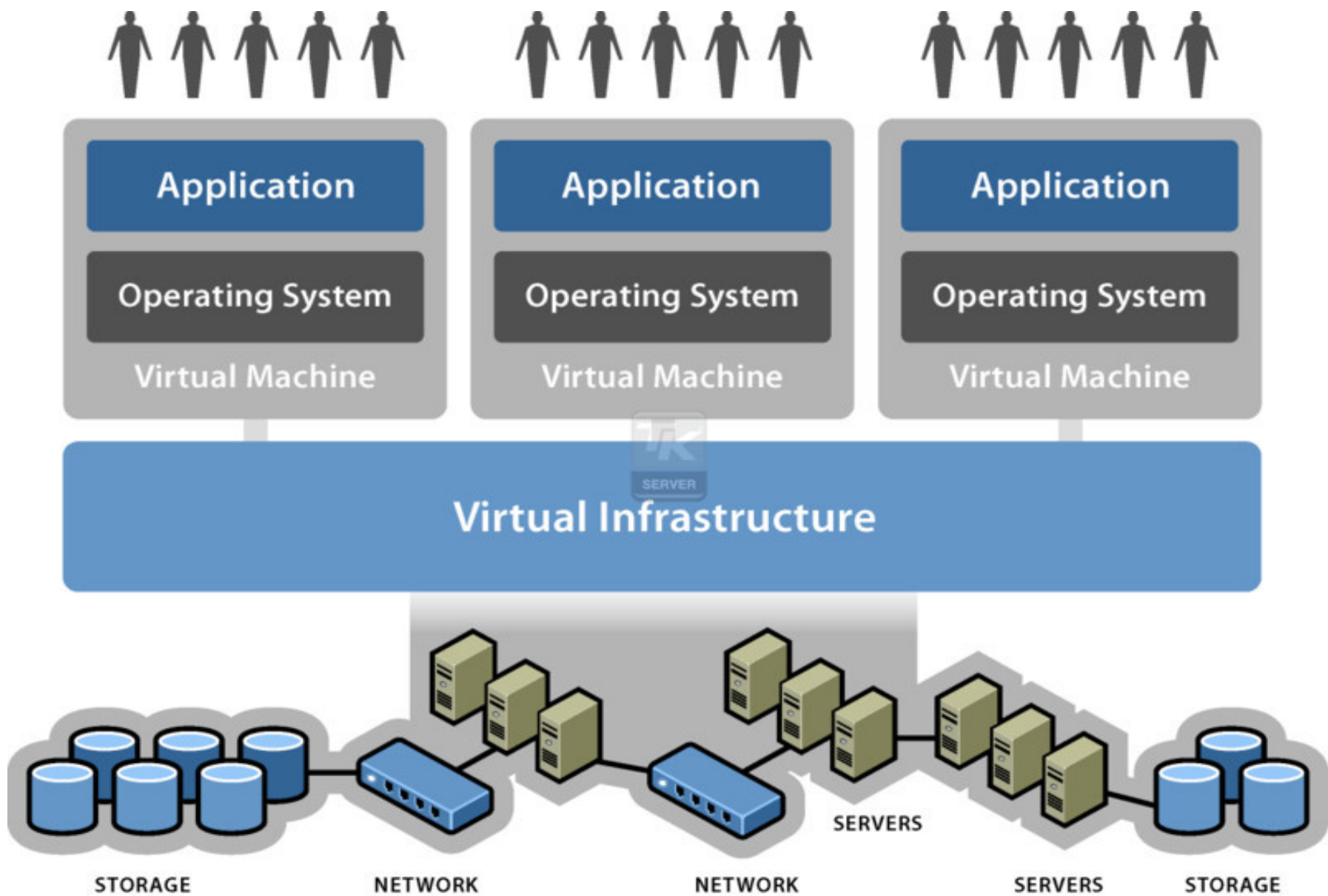
Паравиртуализация vs Прямая





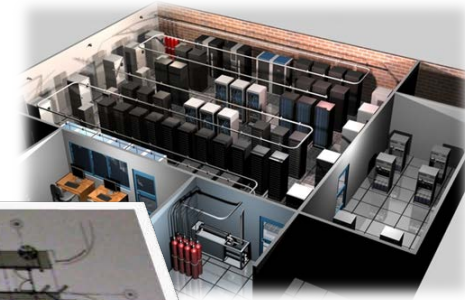
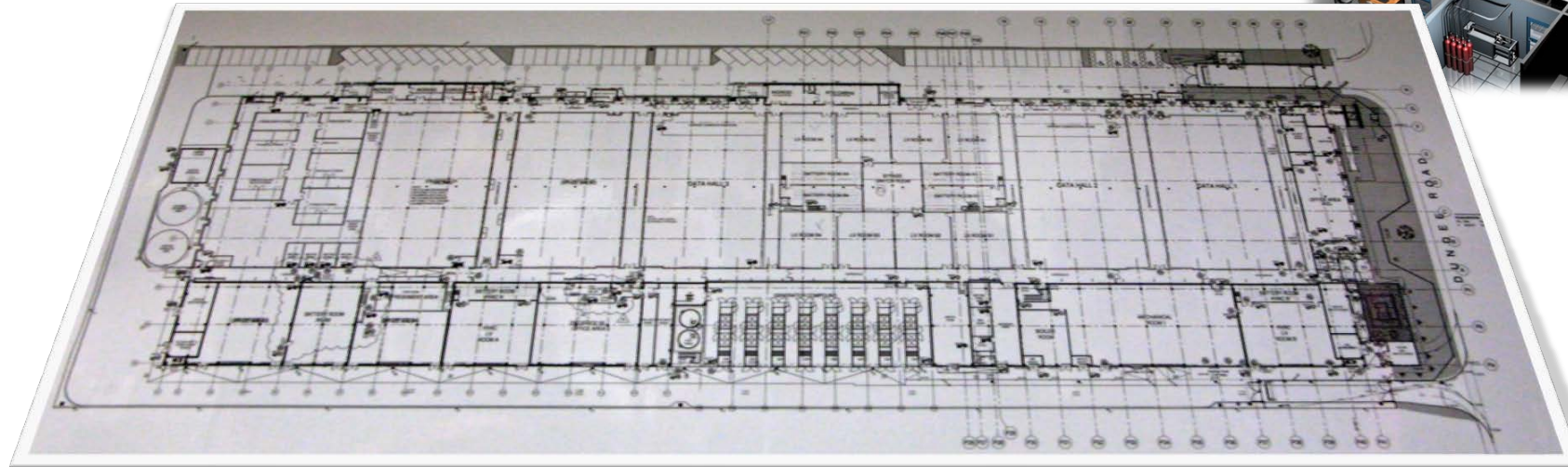
Виртуализация сети







Что такое ЦОД?

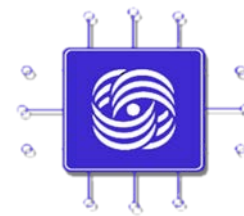


Центр обработки данных (data center) – инженерно-сложный объект, спроектированный, построенный и оснащённый специально для обеспечения заданного уровня доступности работающих в ЦОД Приложений





ЦЕЛЕВАЯ АУДИТОРИЯ ЦОД ПО TIER



УРОВЕНЬ*

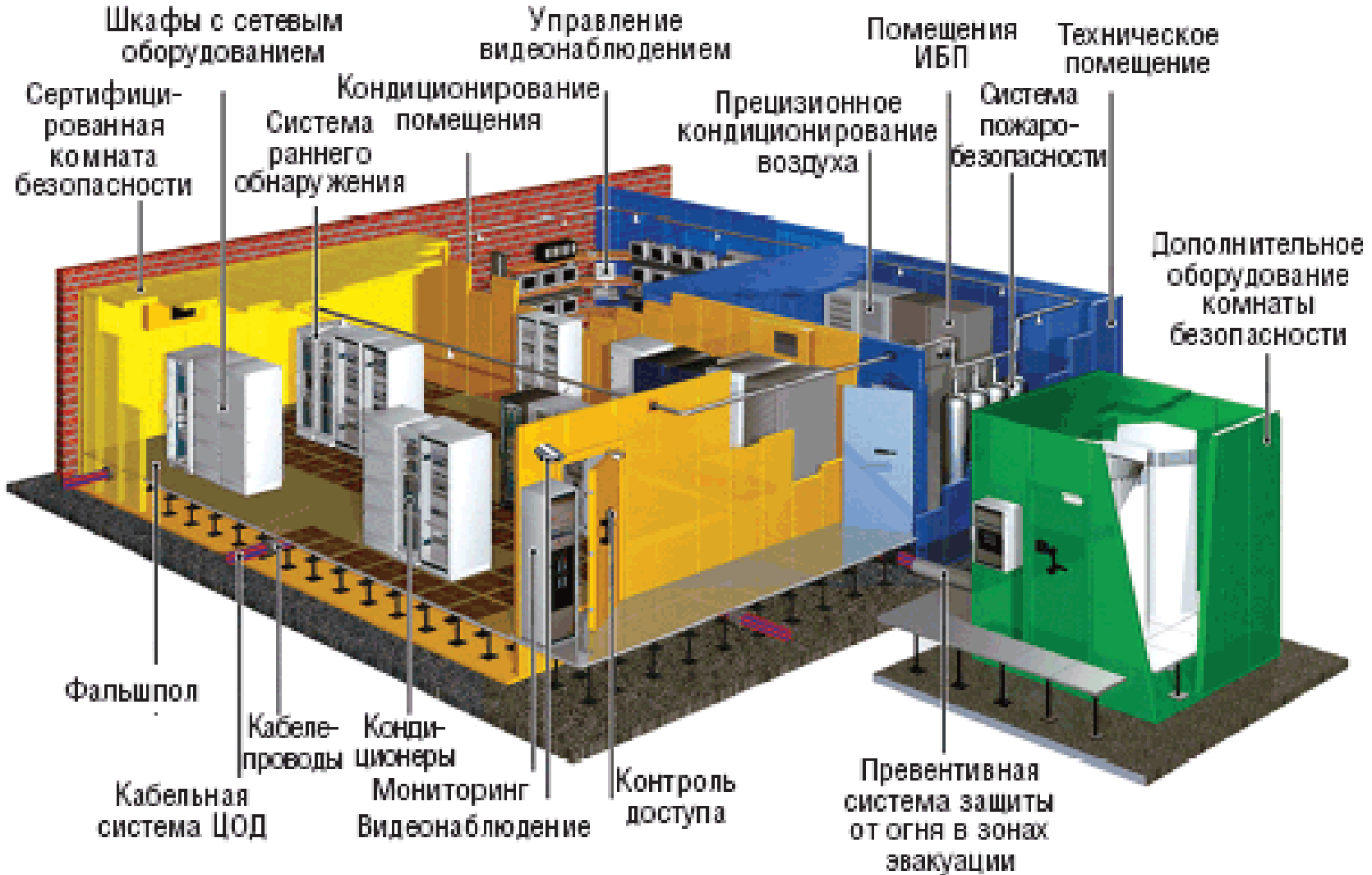
ТИПЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УСЛУГ ЦОД И ИХ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

- организации, для которых не допустим любой перерыв в предоставлении ИТ-сервисов **TIER IV**
- организации, успешность работы которых во многом зависит от непрерывности критически важных бизнес-процессов **TIER III**
- компании, допускающие временные перерывы в работе и предоставлении ИТ-сервисов **TIER II**
- небольшие «ремесленные» компании, работающие в off-line режиме **TIER I**



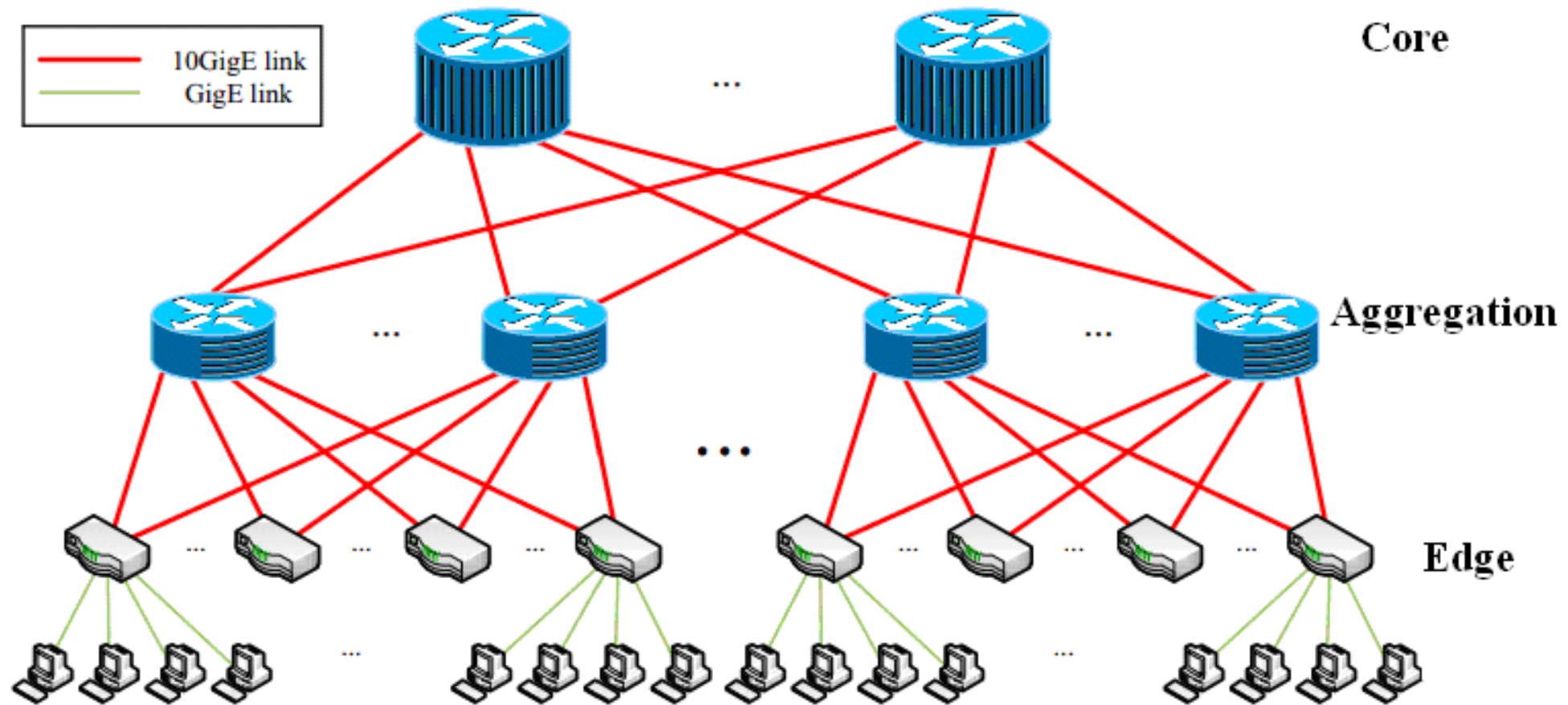


Структура ЦОД





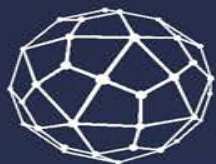
Типовая сетевая структура сети в ЦОД



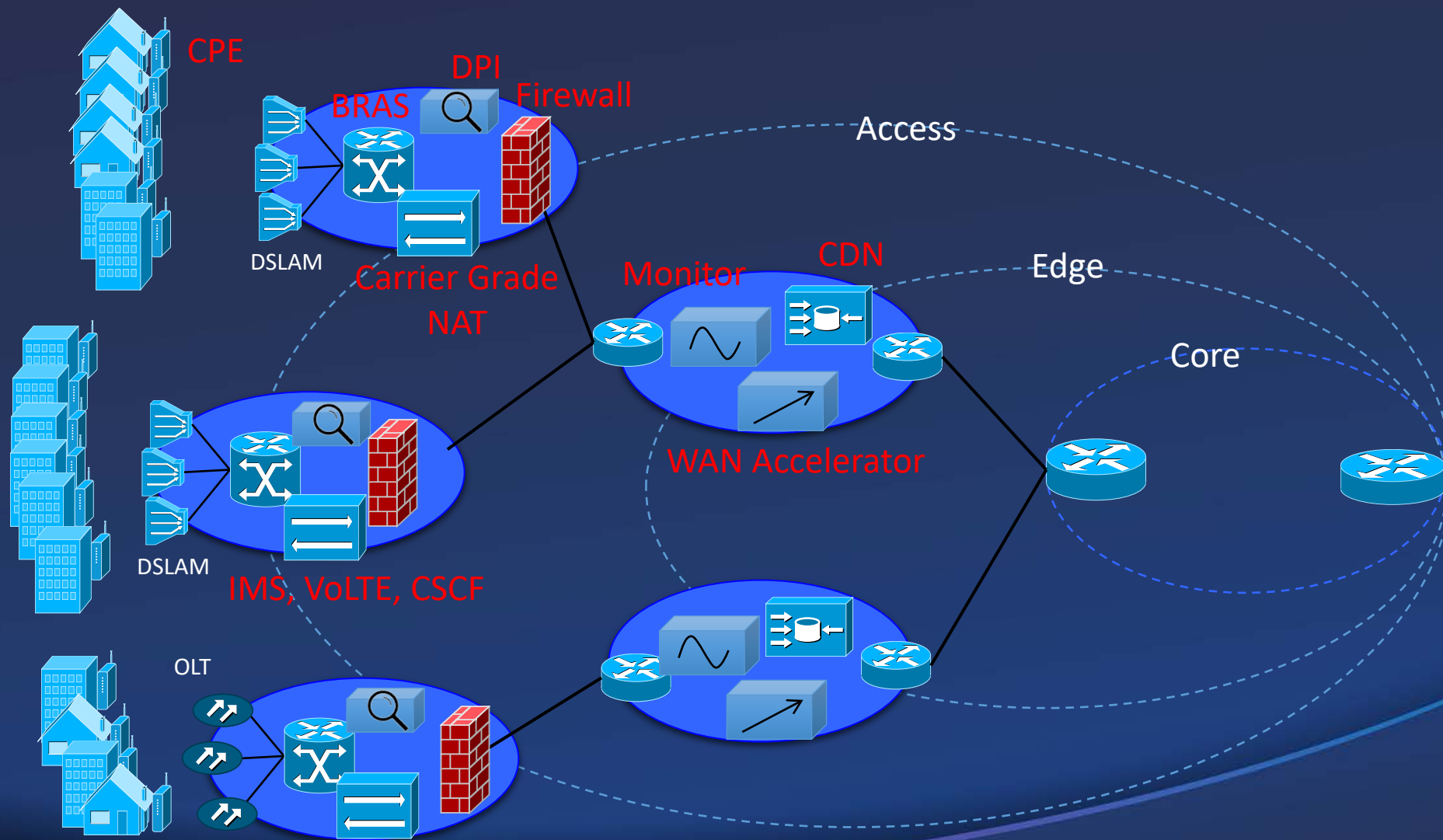


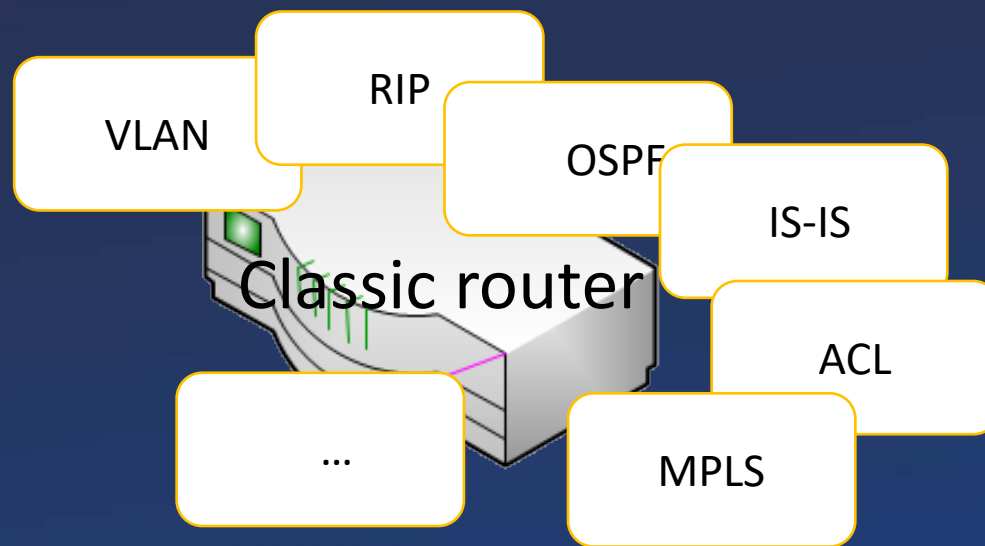
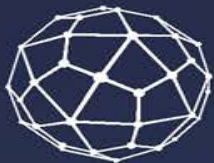
Режимы работы облачной платформы

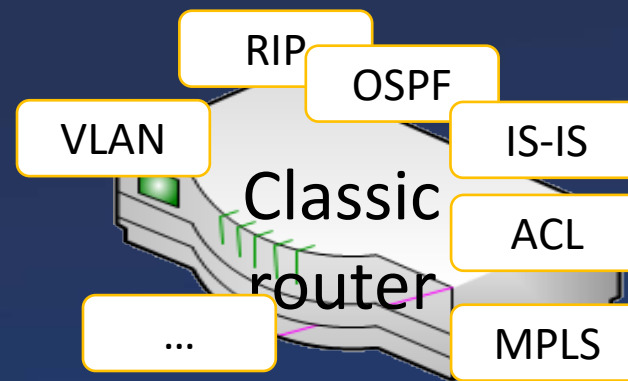
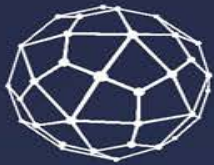


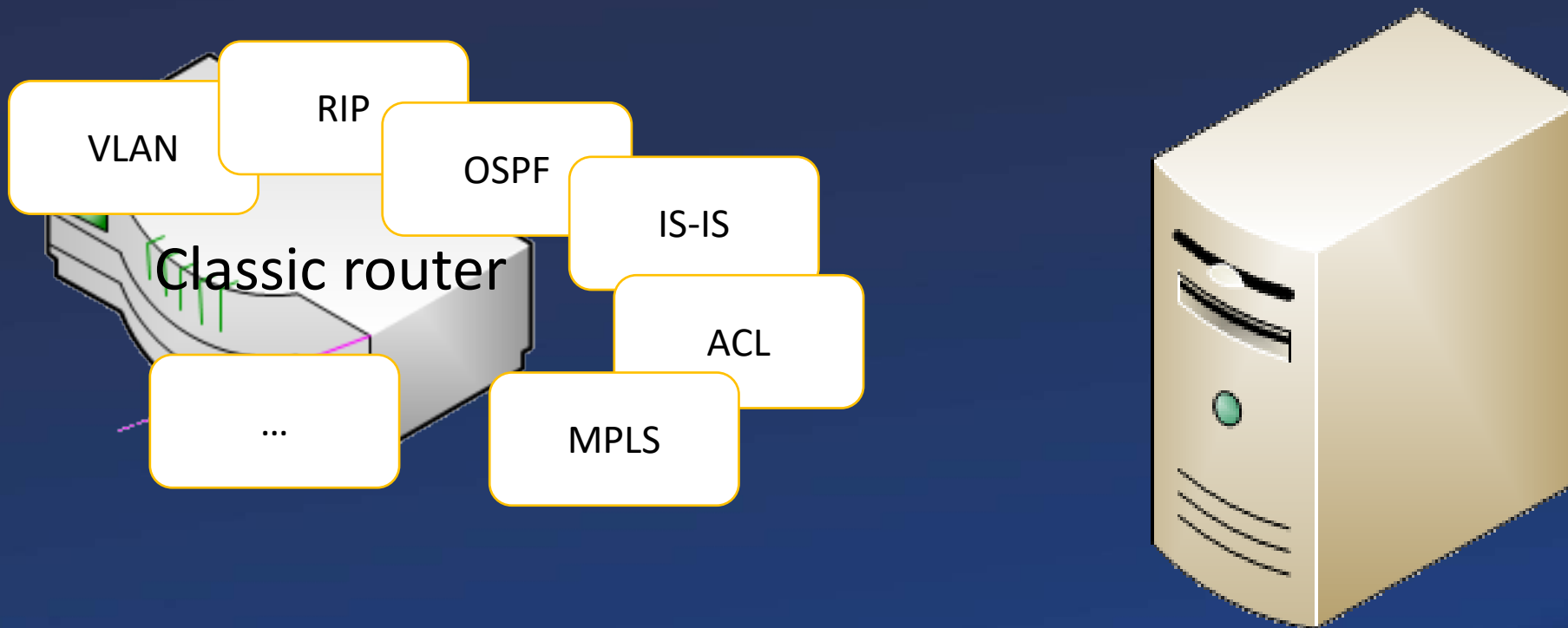
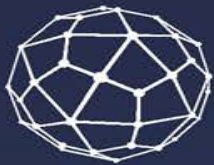


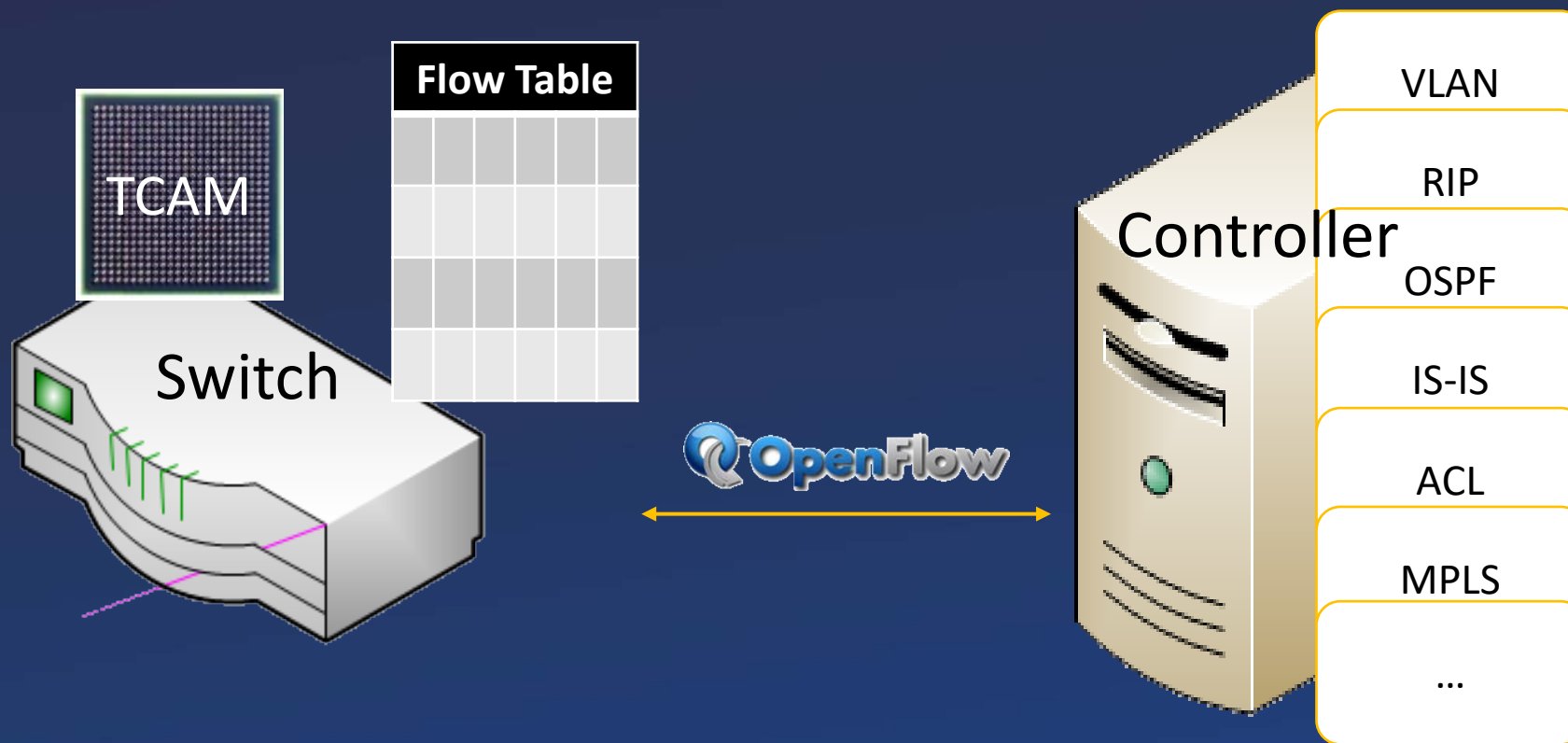
Сеть оператора













Flow Table

MAC src	MAC dst	IP Src	IP Dst	TCP sport	TCP dport	Action
*	*	*	5.6.7.8	*	*	port 1
Rule examples						
*	00:1f:...	*	*	*	*	port 5
*	*	*	*	*	22	drop
00:20..	00:1f:...	1.2.3.4	5.6.7.8	20	666	port 7

Routing

Switching

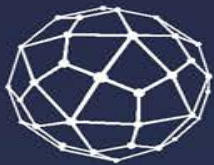
Firewall

Flow Switching



Flow Table

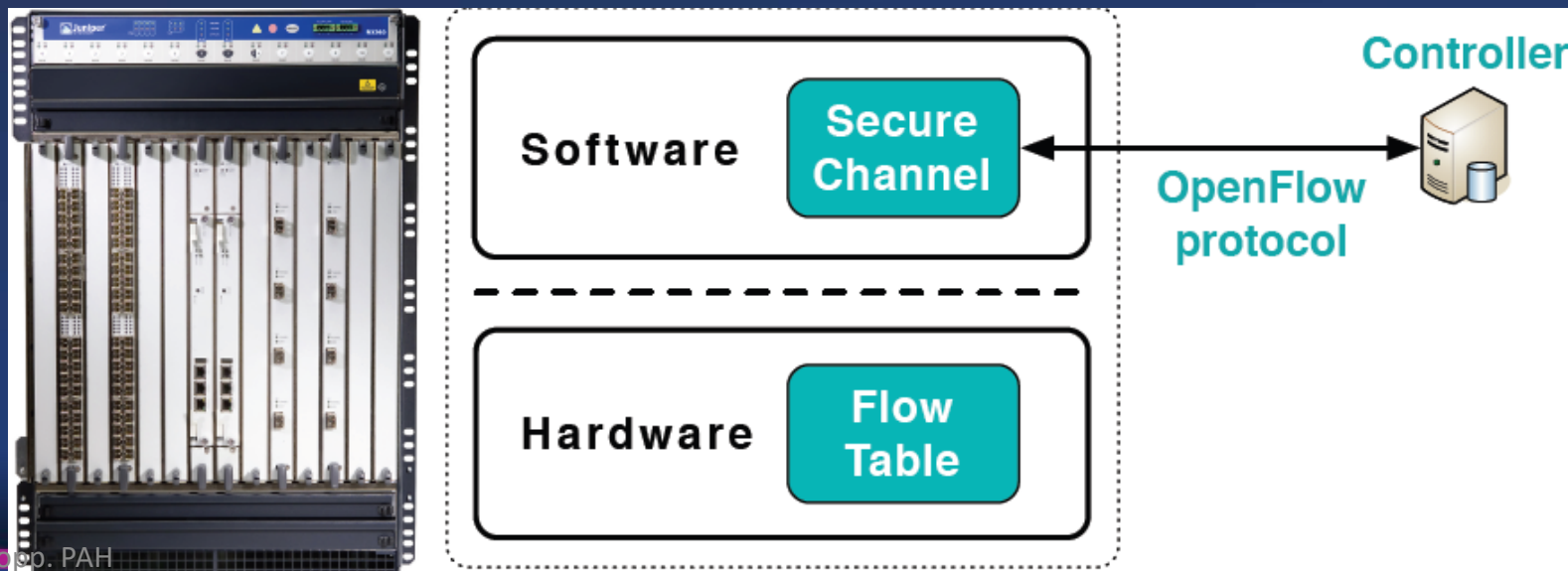
MAC src	MAC dst	IP Src	IP Dst	TCP sport	TCP dport	Action	VLAN
*	*	*	5.6.7.8	*	*	port 1	
Rule examples							
*	00:1f:...	*	*	*	*	port 5	
*	*	*	*	*	22	drop	
00:20..	00:1f:...	1.2.3.4	5.6.7.8	20	666	port 7	

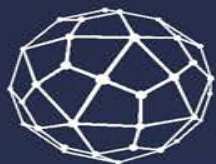


OpenFlow коммутатор (v1.0)



- Таблица потоков – определяет, как коммутатор будет обрабатывать каждый поток
- Защищенный канал – соединяет коммутатор с удаленным контроллером
- OpenFlow protocol – стандарт для взаимодействия коммутатора с контроллером





Запись в OpenFlow таблице

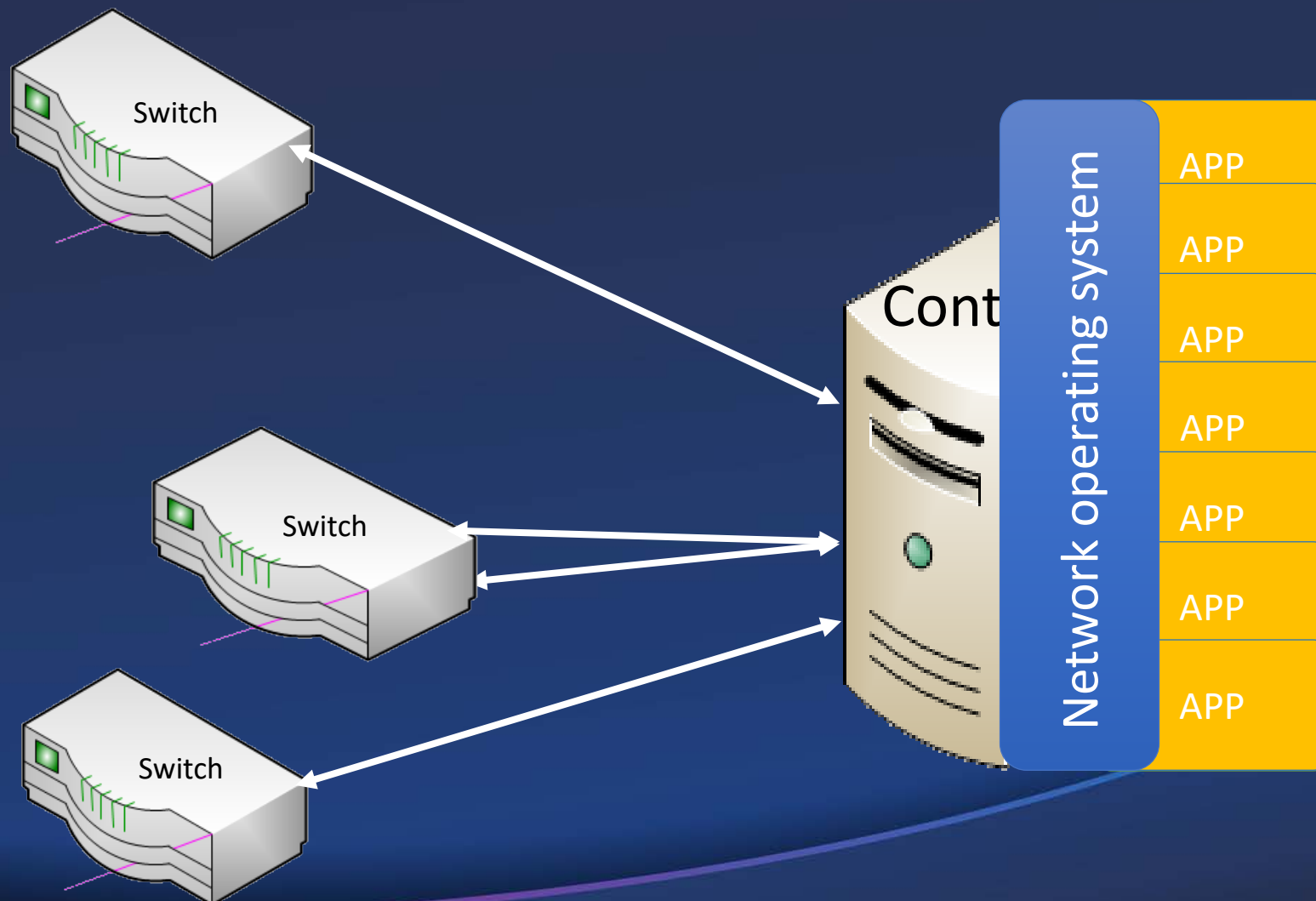


Запись в таблице переходов:

Просматриваемые поля	Счётчики	Инструкции
----------------------	----------	------------

Ingress Port	Ether src	Ether dst	Ether type	VLAN PCP (*6)	VLAN id	IP src	IP dst	IP proto	TCP/UDP src port	TCP/UDP dst port
--------------	-----------	-----------	------------	---------------	---------	--------	--------	----------	------------------	------------------

- * Просматриваемые поля: входной порт, заголовок пакета, метаданные
- * Инструкции:
 - * Изменение пакета
 - * Продвижением пакета по конвейеру
 - * Добавление новых действий в Набор действий (Action Set)
- * Счётчики: количество байтов и пакетов, время соединения



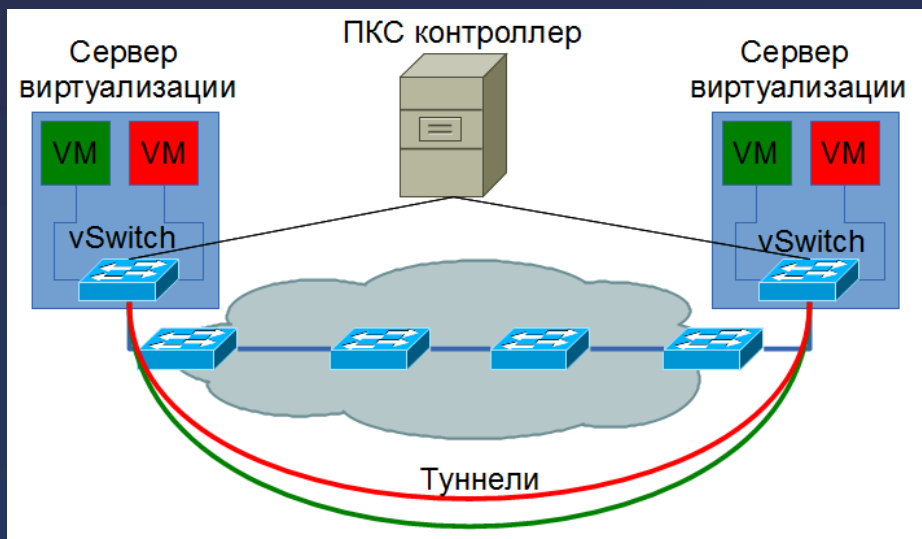


ПКС: промежуточный итог

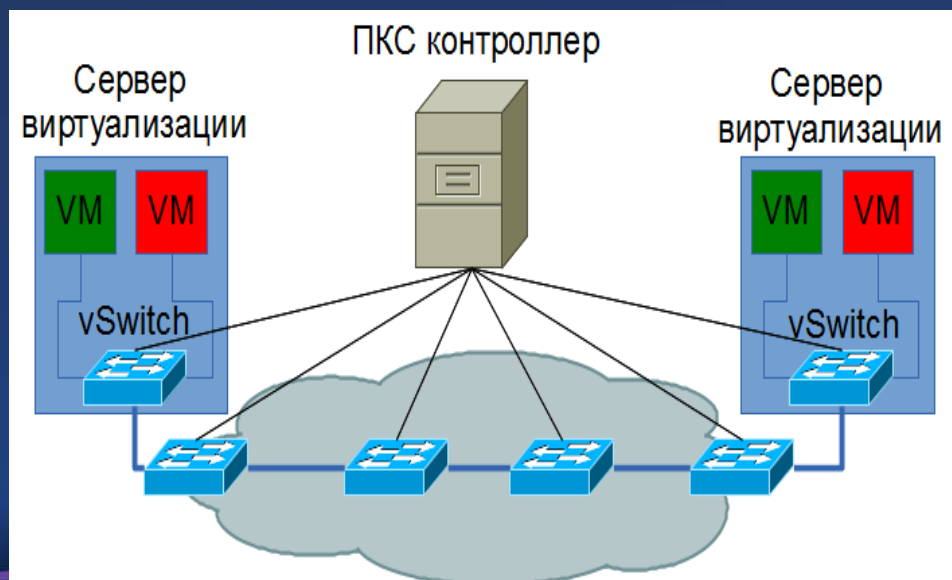
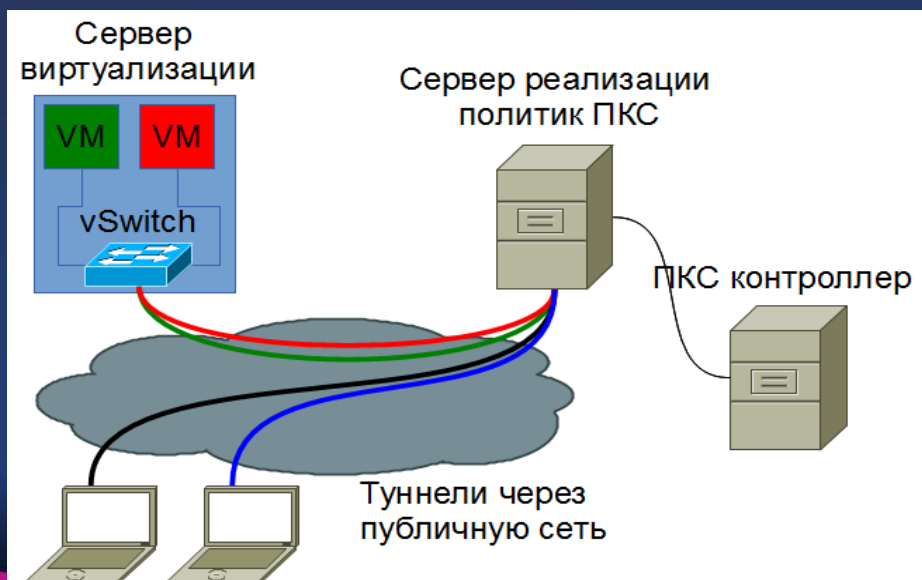
- Изоляция контура управления от контура передачи данных
- Унифицированный интерфейс для приложений управления
- Унифицированный интерфейс для контура передачи данных
- Централизация управления:
 - понятие состояния сети
 - резкое сокращение времени сходимости
 - топология на L2 и L3

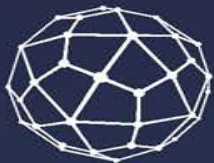


Техники ПКС

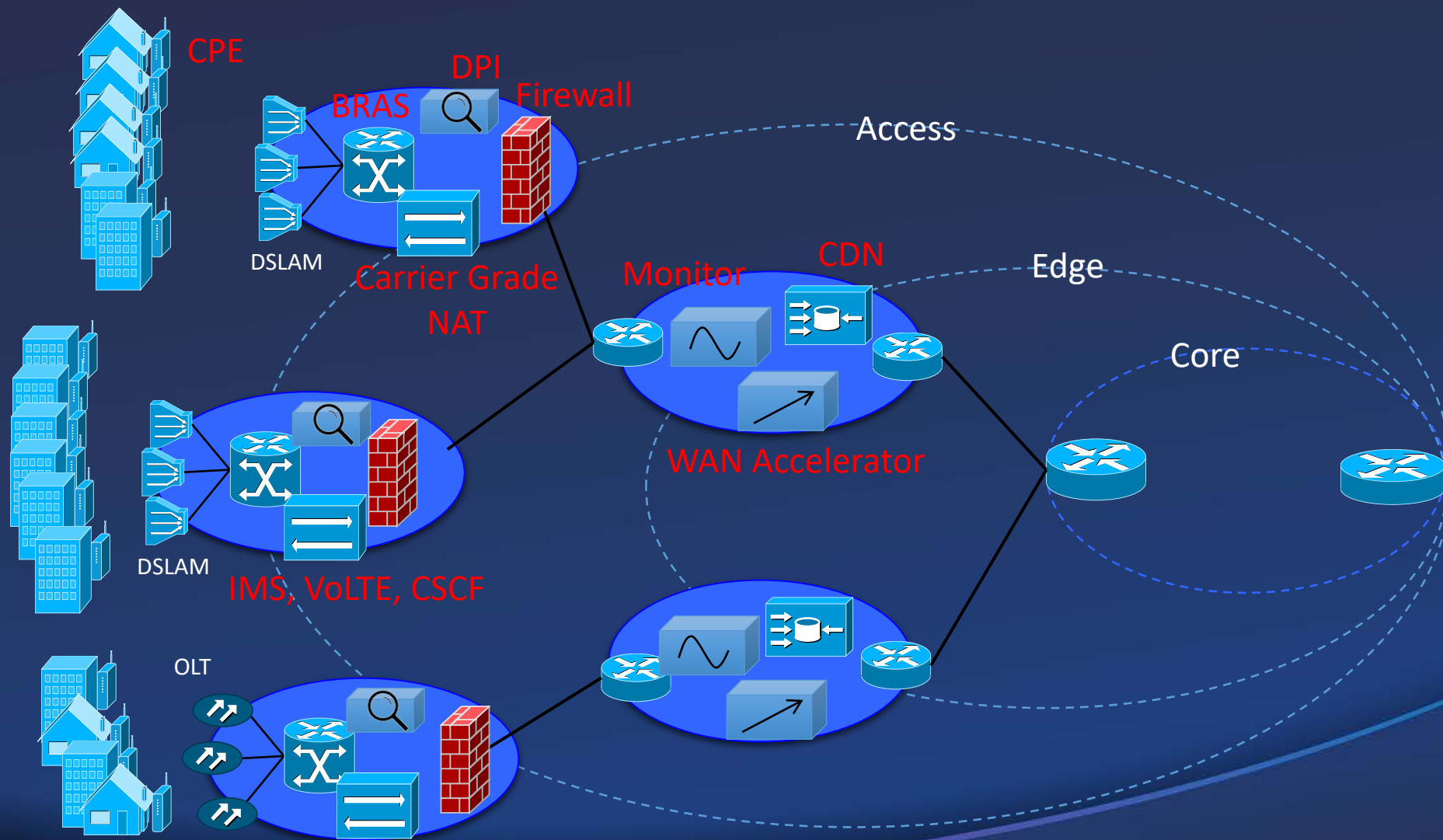


- Реализация ПКС на базе виртуальных коммутаторов по технологии Overlay (протоколы VXLAN, NVGRE и пр.)
- ПКС на базе серверов агрегации трафика
- Реализация ПКС на базе специальных коммутаторов (протоколы Openflow, XMPP и пр.)



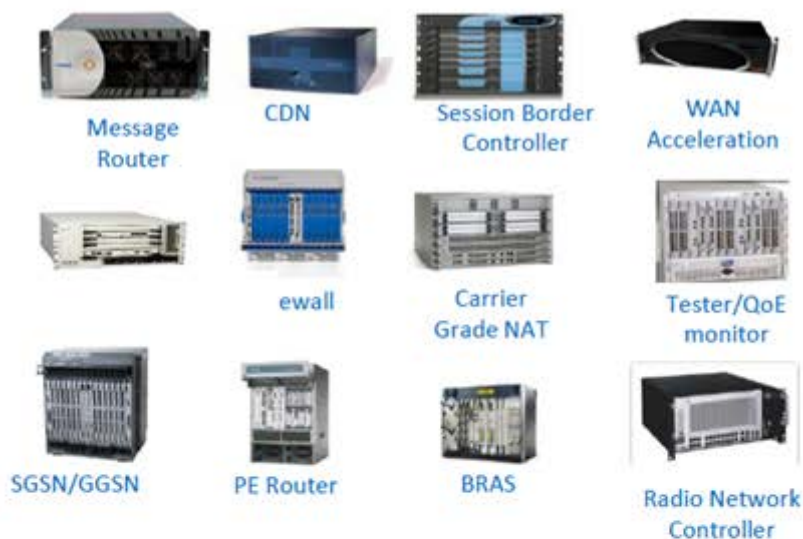


Сеть оператора с ВСС





Виртуальные Сетевые Сервисы (NFV)



Специализированное аппаратное обеспечение.
Требует физического размещения в каждом месте.
Невозможность быстрого развития и инноваций.

Традиционный подход к размещению сетевых функций.

Это похоже на ...



Калькулятор



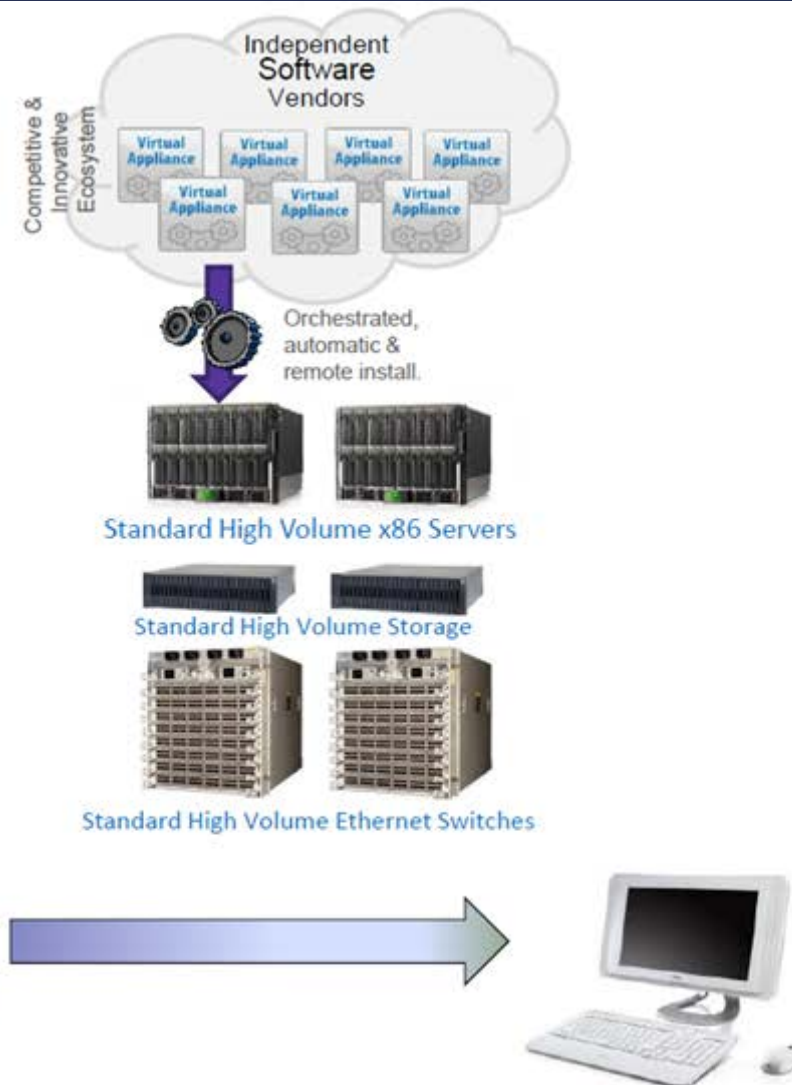
Пишущая машина



Печатный станок

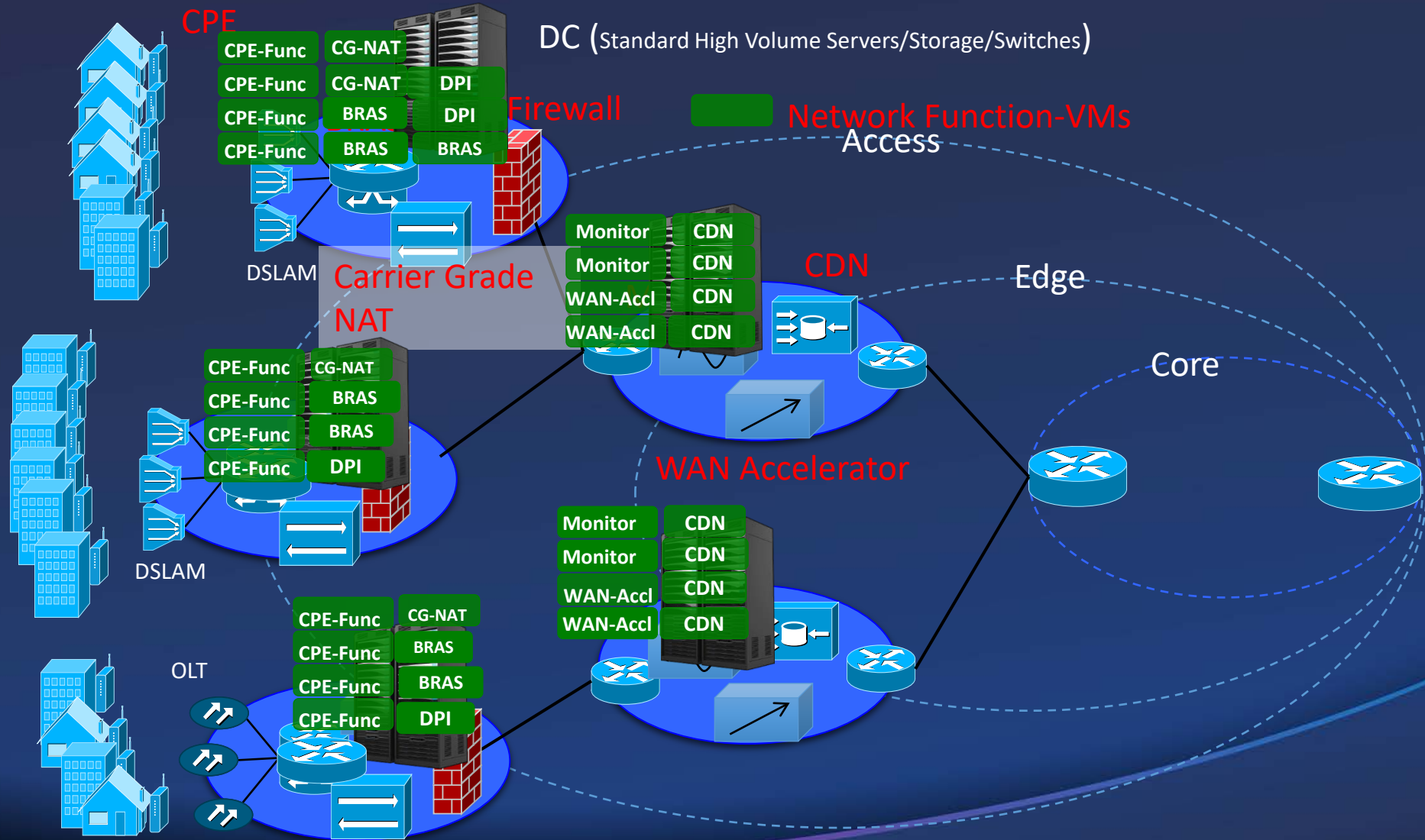


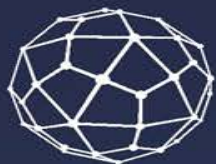
Факс.аппарат



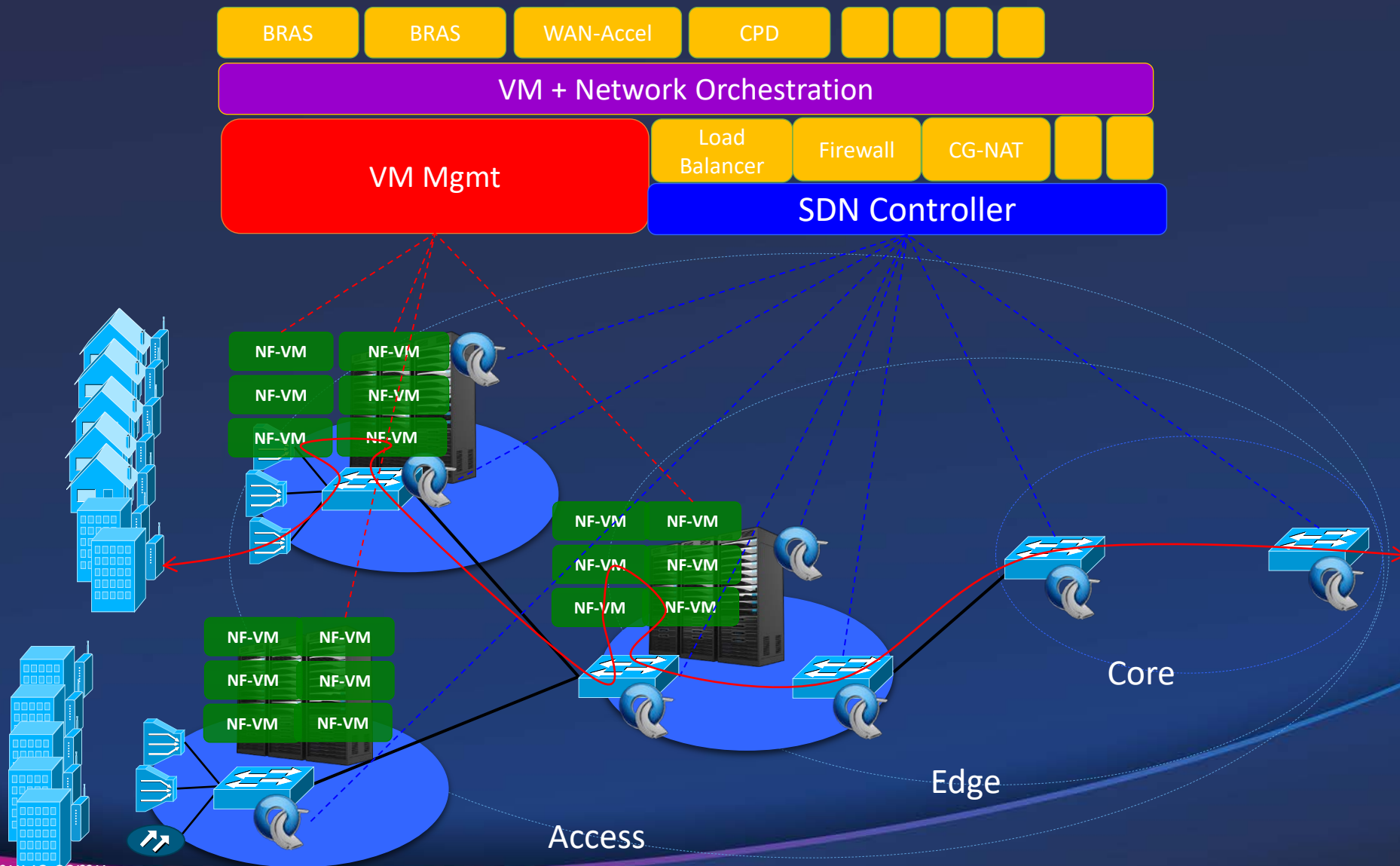


Сеть оператора с NFV





NFV с плоскостью управления SDN



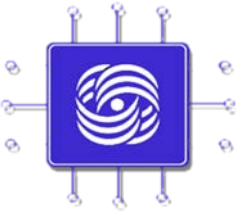


Requirements to SDN controller

- Programmability
 - Functionality: applications and services
 - Programming interface
 - Performance
 - Bandwidth
 - Latency
 - Reliability and safety
 - 24/7
- DC requires processing >10M events per second
 - Reactive controllers are more “sensitive”



Существующие сетевые ОС



- **NOX** (Nicira Networks)
- **Beacon** (Stanford)
- **Trema** (NEC)
- **Maestro** (Rice University)
- **SNAC** (группа разработчиков) – на основе Beacon
- **Helios** (NEC) – закрытый проект
- **BigSwitch** (BigSwitch) – закрытый проект, на основе Beacon.
- **FloodLight** (открытая группа разработчиков) – на основе Beacon.
- **RUNOS** – самостоятельная разработка ЦПИКС



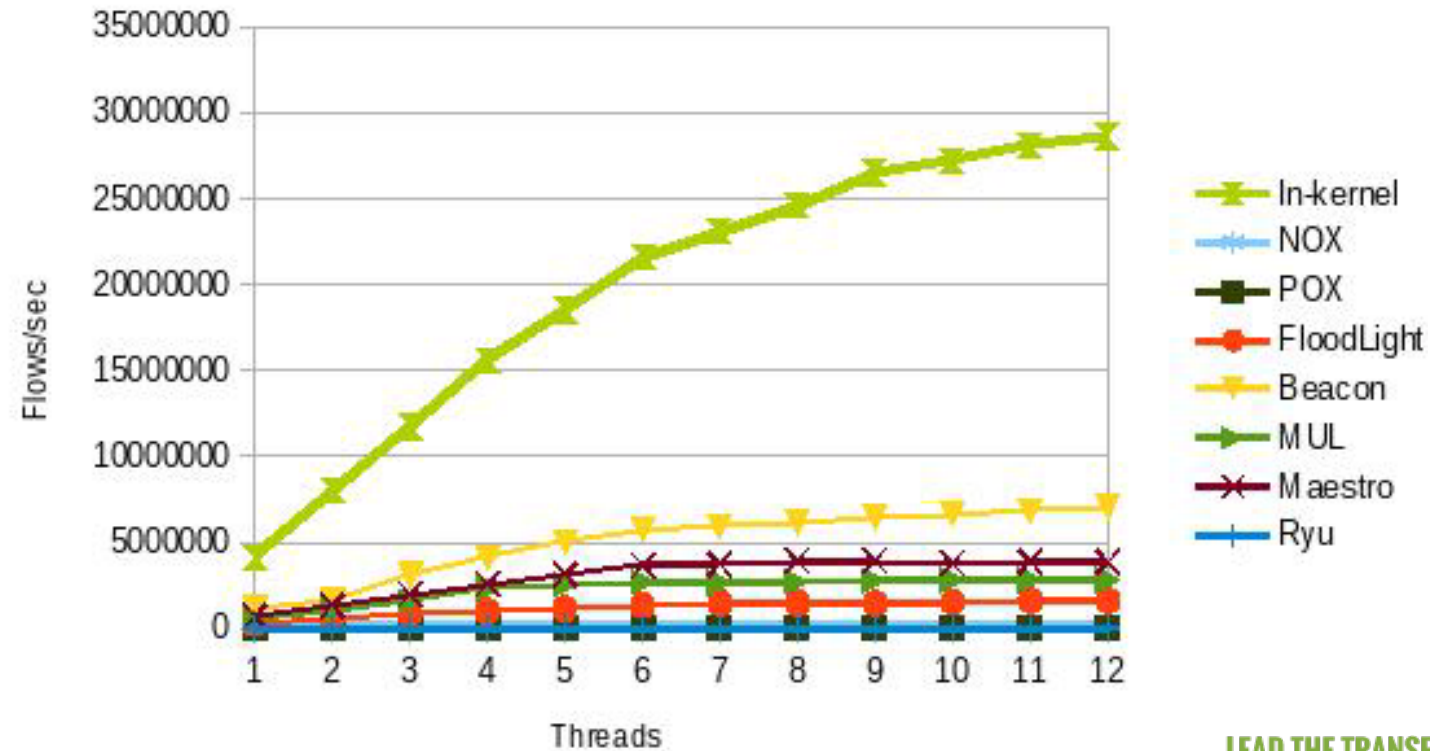
RUNOS

RUNOS = RUssian Network Operating System

- It is a series of SDN/OpenFlow controllers
 - **In-kernel** – super fast, hard to develop apps
 - **Fusion** – userspace memory control interface to the kernel controller
 - **Easy** – fully userspace controller with high functionality, easy to develop your apps, relatively high performance comparing to cotemporary userspace controllers
 - **Distributed** – HA version of the userspace controller
- The project is in the open source
github.com/arccn/runos



Performance (in_kernel)



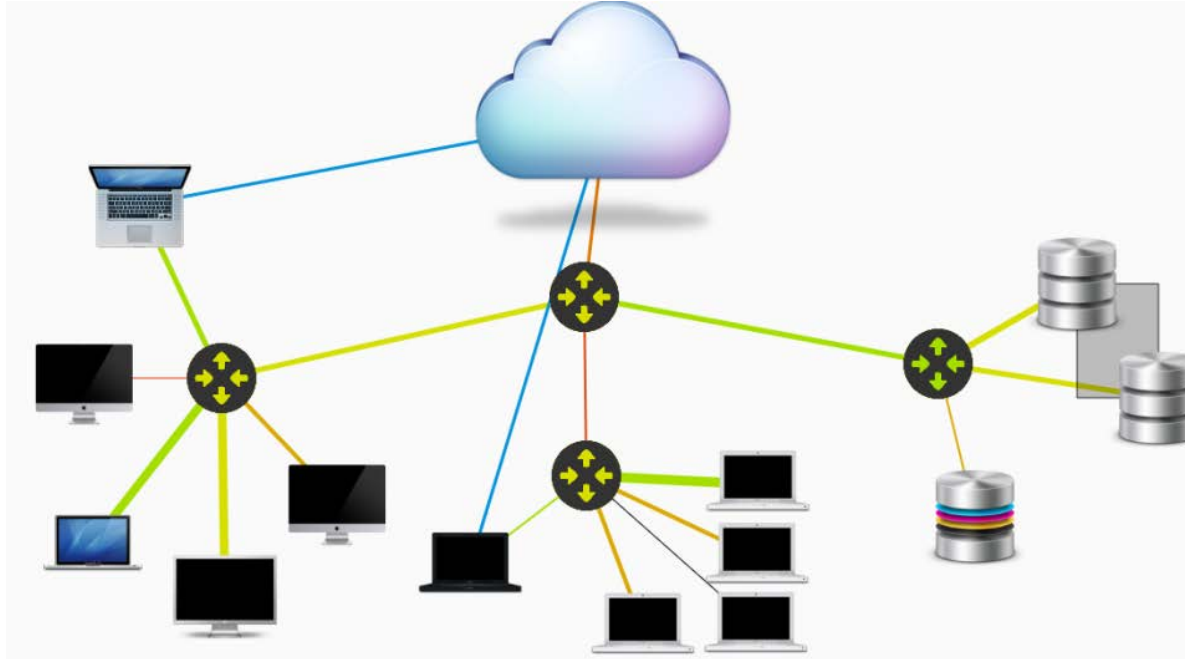
- Performance is **30M fps**
- Latency is **45us**

LEAD THE TRANSFORMATION
OPEN MARCH 3 - 5, 2014
NETWORKING
SUMMIT 2014
SANTA CLARA CONVENTION CENTER & HYATT



Features

- Graphical user interface: corporate network management system

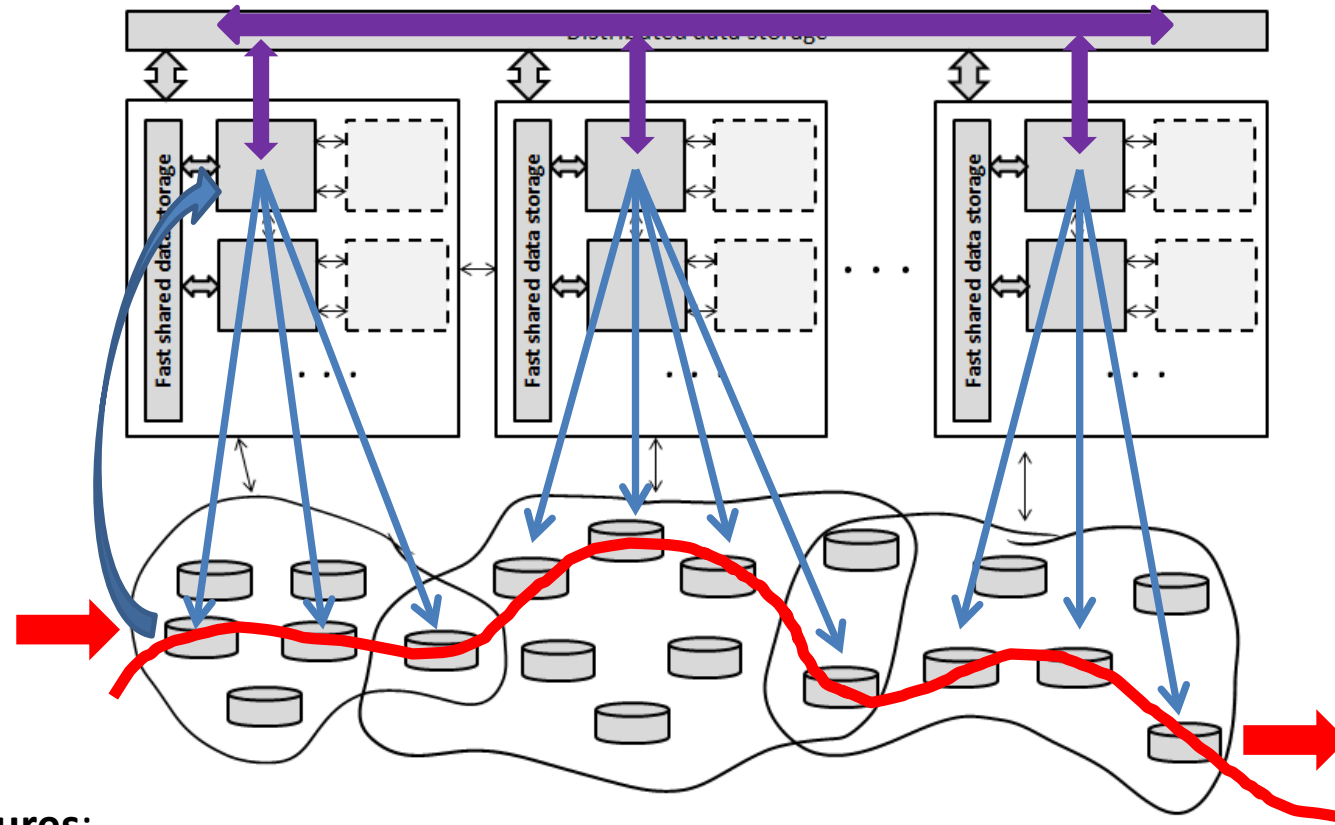


- Large set of applications:
 - L2/L3 forwarding, QoS, multipath forwarding, network virtualization, anti-DDOS, monitoring, load balancer, ACL, firewall, authentication, SPAN, NAT, ARP, DNS, DHCP, BGP, verification and troubleshooting, WiFi, OpenStack

[4] A. Shalimov, D. Morkovnik, S. Nizovtsev, R. Smeliansky EasyWay: Simplifying and automating enterprise network management with SDN/OpenFlow// 10th Central and Eastern European Software Engineering Conference in Russia, CEE-SECR 20146, ACM SIGSOFT, Moscow, Russia.



Distrib: Distributed OpenFlow controller

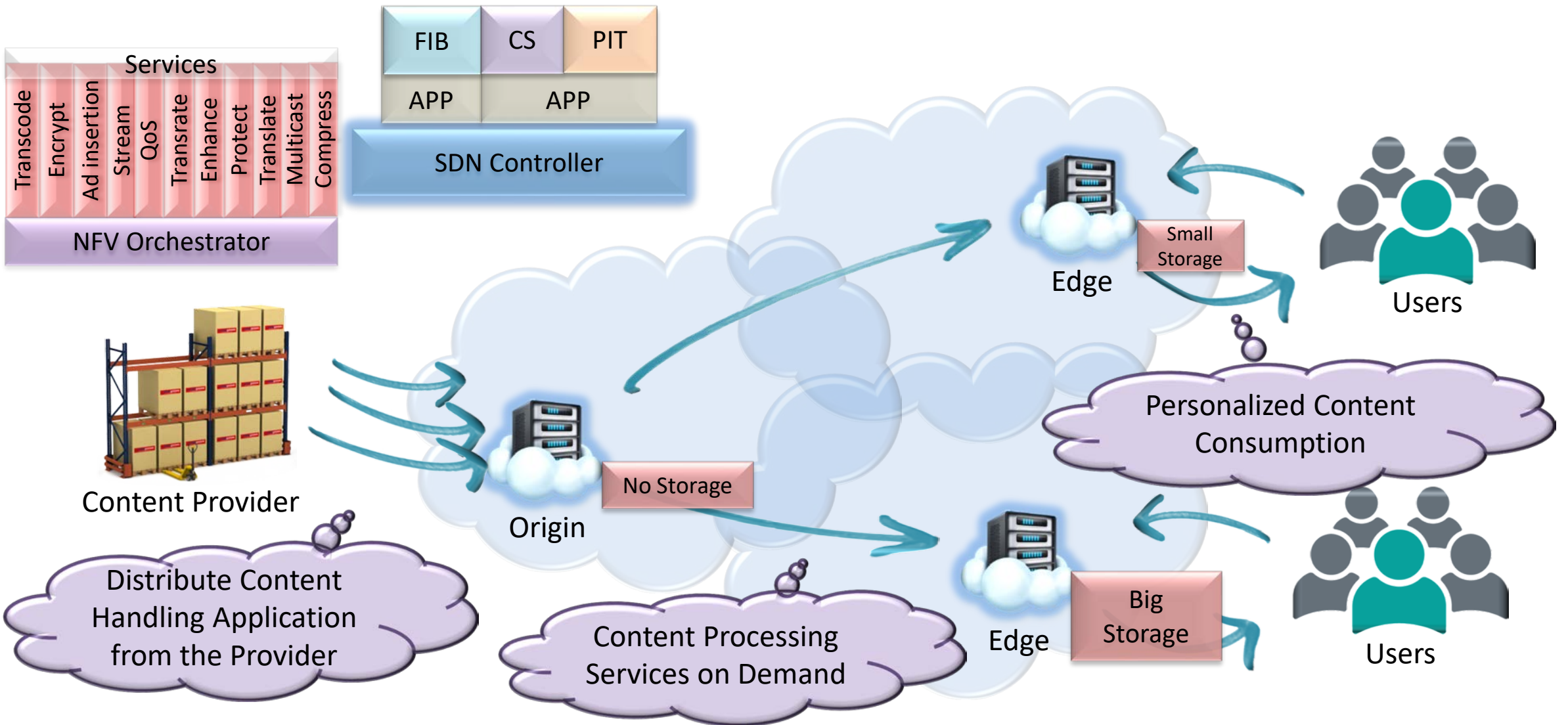


Main features:

- Reliability and fault tolerance (redundancy within a cluster and between clusters)
- Load balancing (adding new nodes to the controller, depending on the load)
- Coordinated management and vision of the entire network
- Working with distributed network applications
- Safety and counteraction to external loads



NG-CDN = SDN + NFV + vCaching + Naming + vTranscoding...?



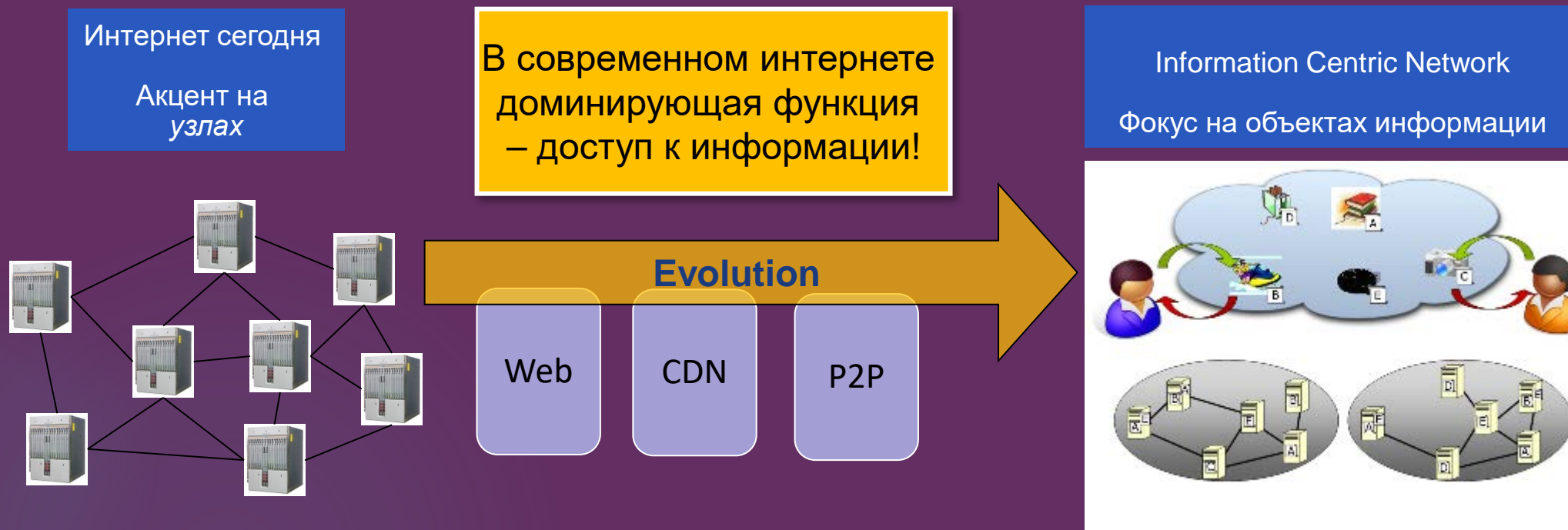
Информационная сеть vs Компьютерная сеть

Information Centric Networking

58



Введение в компьютерные сети Чл.-корр. РАН
Смеянский Р.А.
14.12.2020



Важные требования:

- доступ к названным ресурсам, а не хостам
- масштабируемое распределение через репликацию и кэширование
- хороший контроль разрешающей способности маршрутизации и доступа

С повсеместным кэшированием, НО для всех приложений и для всех пользователей и провайдеров контента!

Заключение

- Программируемое управление сетью
- Разделение контура управления и контура передачи данных
- Централизация управления – повышение уровня автоматизации управления сетью
- Упрощение конструкции коммутаторов = снижение стоимости
= повышение производительности
- Совместимость (конвергентность) с традиционными сетями
- Программная настройка сетевых коммутаторов – сеть не зависит от стека протоколов
- Виртуализация
- NFV – Everything is a service
- Сеть – это платформа: CDN на основе SDN&NFV
- ICN