

# ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Конвергентные вычисления - это сближение р  
обработки данных с целью сведение их к одно  
системе. Гиперконвергентные вычислительные  
развитием конвергентных инфраструктур, за кото  
объединения вычислительных и сетевых ресур  
облачных сервисов на основе масштабируе  
определяемых технологий.



**Поволжский региональный центр новых  
информационных технологий  
Саратовского государственного университета**

**Соловьев Владимир Михайлович**  
**E-mail: [svm@sgu.ru](mailto:svm@sgu.ru)**  
**Телефон: (8452) 210660**



## Заинтересованность пользователей в HCI

Интерес к гиперконвергентной инфраструктуре (Hyper Convergent Infrastructure, HCI) в последние годы возрастает, так как идея объединения средств хранения данных, вычислительных и сетевых ресурсов в единый пул облачных сервисов позволяет создавать платформы, которые более простые в управлении, масштабировании и обслуживании.

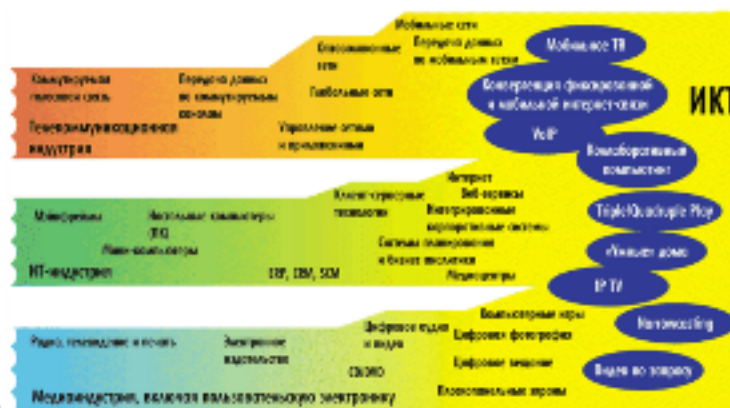
### Тренд HCI запросов в Google



# Почему конвергенция ?

В HSI сети, вычислительные мощности и хранилища данных объединяются в одно целое с помощью программных средств, а управление ими происходит через общий контроллер (сервер), обслуживаемый одним системным администратором. Катализаторами развития этого нового IT мейнстрима стали финансовый кризис и идея импортозамещения.

## Имеющиеся примеры конвергенция в процессе эволюции ИКТ

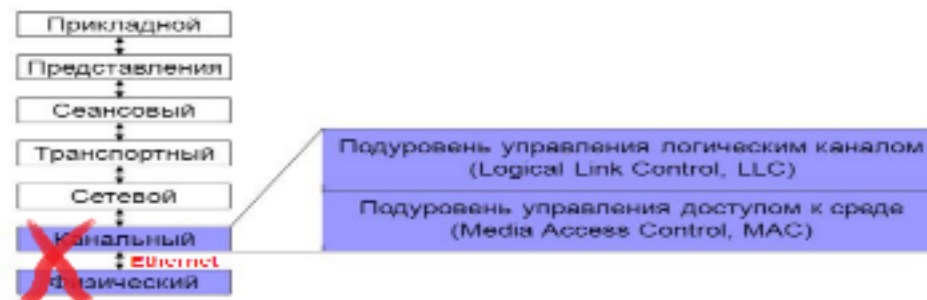


iPad



Мобильных телефонов

## Ethernet или Software Defined Networks ?



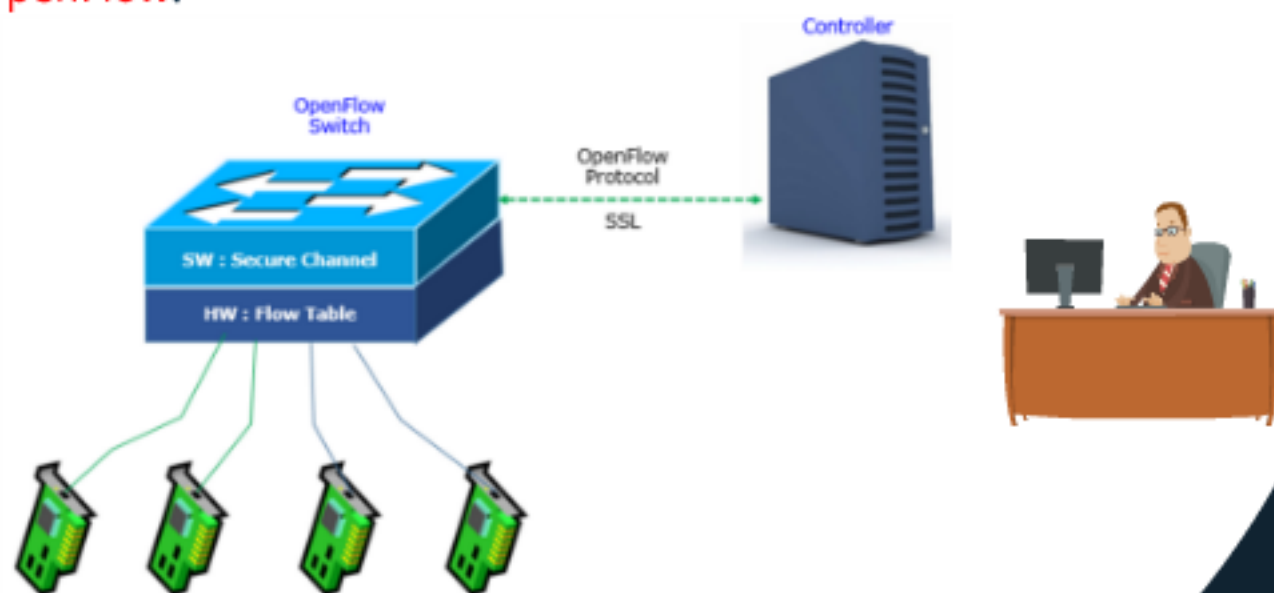
Самая популярная и массовая в настоящее время сетевая архитектура **Ethernet**, по мнению членов глобальной исследовательской сети PlanetLab, устарела и не сможет поддерживать на должном уровне новые телематические сервисы и растущие запросы пользователей сети.

В 2007 г. компания Nicira предложила разделить уровни управления (Control Plane) и передачи данных (Data Plane), которые в современных сетях функционируют совместно, что делает контроль и управление современной сетью очень сложным. Такое разделение реализовано в программно-конфигурируемых сетях (Software Defined Networks, SDN).



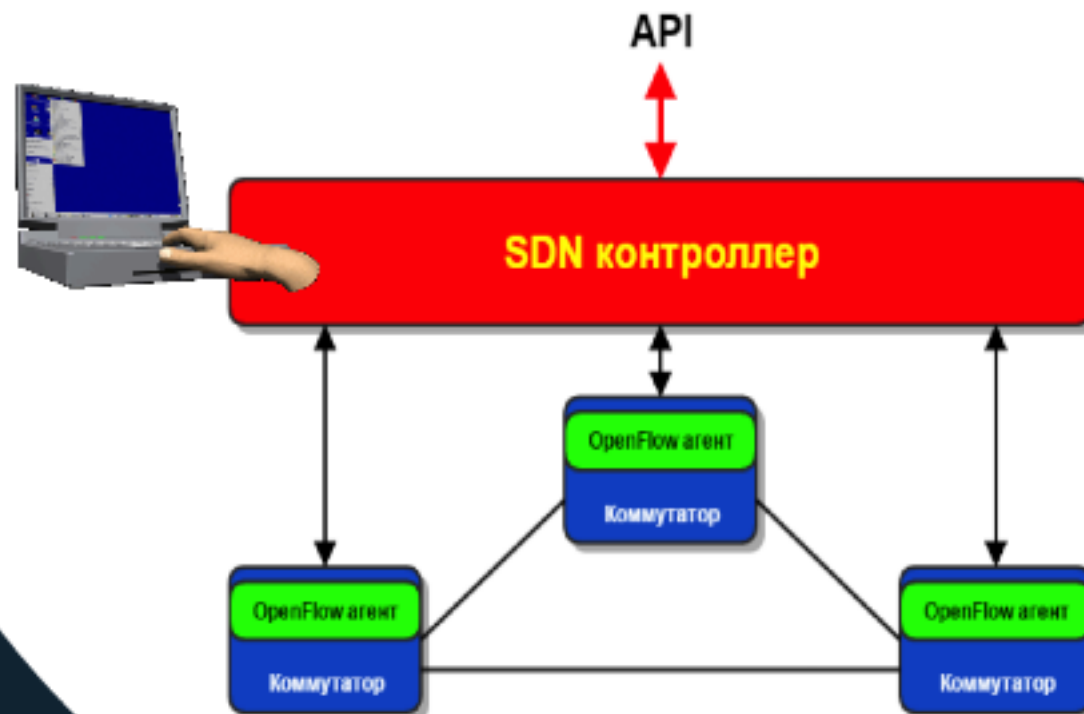
## Программно-коммутируемые сети

Конвергенция осуществляется «перехватом» управления таблицами коммутации (маршрутизации), что обеспечивает произвольное управление поведением и производительностью сетевого оборудования, а также параметрами передаваемых потоков данных в масштабах всей сети. Кроме того, независимость от оборудования производителя обеспечивает новый сетевой протокол **OpenFlow**.



## Протокол OpenFlow

Протокол **OpenFlow** обеспечивает отделение управления сетевыми устройствами от самих устройств, используя модель из «вычислителя» сети и множества «простых аппаратных» сетевых устройств, отвечающих только за форвардинг. Он определяет механизм программирования правил коммутации.









## Виртуальный центр обработки данных

По сути, гиперконвергентная инфраструктура - это виртуальный центр обработки данных (ВЦОД), который позволяет создавать виртуальные машины, виртуальные хранилища данных, виртуальные коммутаторы и маршрутизаторы, а также виртуальные каналы связи.



## Управление ресурсами ВЦОД

Основная задача ВЦОД - это принимать запросы (тенанты) пользователей и актуализировать их с помощью средств виртуализации в сетевой топологии. В основе механизма управления ресурсами ВЦОД лежит расширенная для задач НСІ сетевая топология представленная графом  $T$ :

$$T = (C \cup M \cup K \cup L).$$

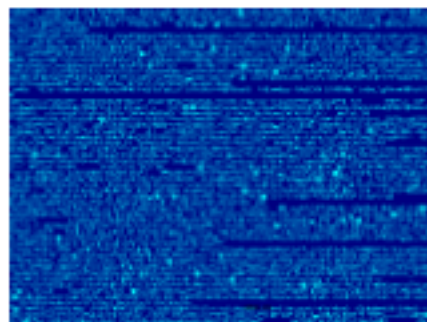
Где определены векторы скалярного аргумента, задающего параметры вычислительных узлов -  $C$ , хранилищ данных (памяти) -  $M$ , коммутационных элементов -  $K$  и каналов связи -  $L$ :

$$fct(c) = (ct_1(c), ct_2(c), \dots, ct_n(c)),$$

$$fmt(m) = (mt_1(m), mt_2(m), \dots, mt_n(m)),$$

$$fkt(k) = (kt_1(k), kt_2(k), \dots, kt_n(k)),$$

$$flt(l) = (lt_1(l), lt_2(l), \dots, lt_n(l)).$$



## Управление ресурсами ВЦОД (продолжение)

Ресурсы ВЦОД задаются графом **R**:

$$\mathbf{R} = (\mathbf{V} \cup \mathbf{S} \cup \mathbf{D}),$$

где  $\mathbf{V}$  - множество приложений, развернутых на виртуальных машинах,  $\mathbf{S}$  - множество виртуальных хранилищ данных,  $\mathbf{D}$  - множество каналов связи между виртуальными машинами и хранилищами данных.

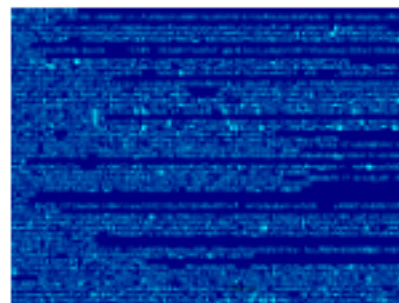
На каждом множестве определяются векторы скалярного аргумента, задающего параметры: виртуальных машин, виртуальных хранилищ данных и каналов связи, включающих коммутационные элементы и обеспечивающих требуемое качество сервиса (Service Level Agreement, SLA) соответственно:

$$f_{ct}(c) = (ct_1(c), ct_2(c), \dots, ct_n(c)),$$

$$f_{mt}(m) = (mt_1(m), mt_2(m), \dots, mt_n(m)),$$

$$f_{kt}(k) = (kt_1(k), kt_2(k), \dots, kt_n(k)),$$

$$f_{lt}(l) = (lt_1(l), lt_2(l), \dots, lt_n(l)).$$



## Управление ресурсами ВЦОД (продолжение)

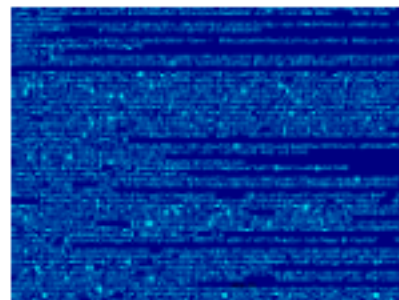
Параметры, обеспечивающие требуемое качество сервиса (SLA), совпадают с соответствующими параметрами топологии и представляются отображением запросов ресурсов на топологию HCI:

$$O: R \rightarrow T \cup \{\emptyset\} = \{V \rightarrow C \cup \{\emptyset\}, S \rightarrow M \cup \{\emptyset\}, D \rightarrow K \cup \{\emptyset\}, L\{\emptyset\}\}.$$

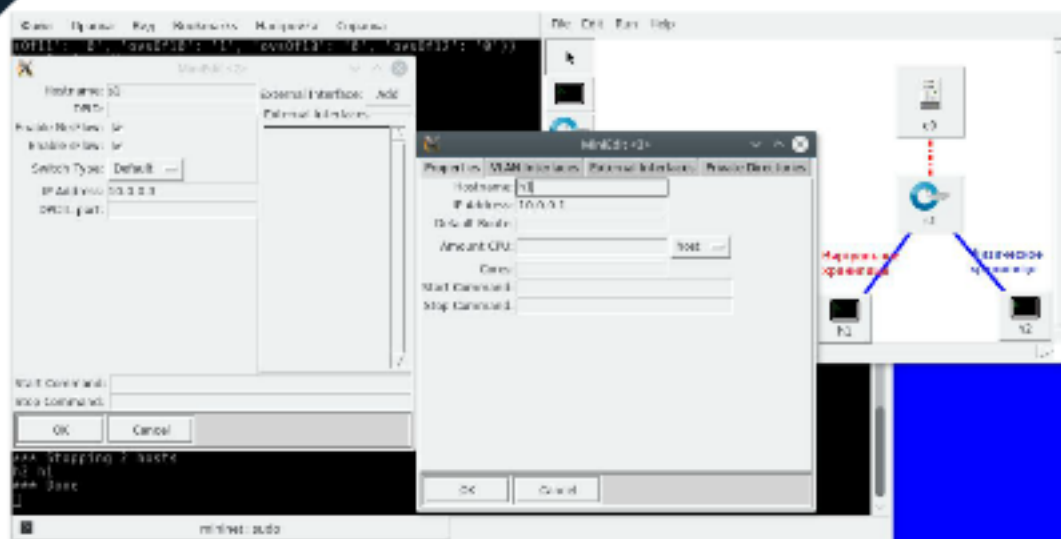
Запросы ресурсов определяют три типа отношений между параметрами запросов и физическими ресурсами, исходя из топологии HCI: запрашиваемые ресурсы соответствуют ресурсам, определяемым топологией; перегрузка физических ресурсов, нарушающая SLA; недогруженность физических ресурсов, требующая реконфигурации топологии по экономическим соображениям. В последнем случае ресурсы могут быть представлены остаточным графом  $T$ , который переопределяет параметры в следующем виде:

$$fct_{res}(c) = fct(c) - \sum_{v \in V} fvr(v), \quad fmt_{res}(m) = fmt(m) - \sum_{s \in S} fsr(s),$$

$$fkt_{res}(k) = fkt(k) - \sum_{d \in D} fvr(v), \quad flt_{res}(l) = flt(l) - \sum_{d \in D} fdr(d).$$



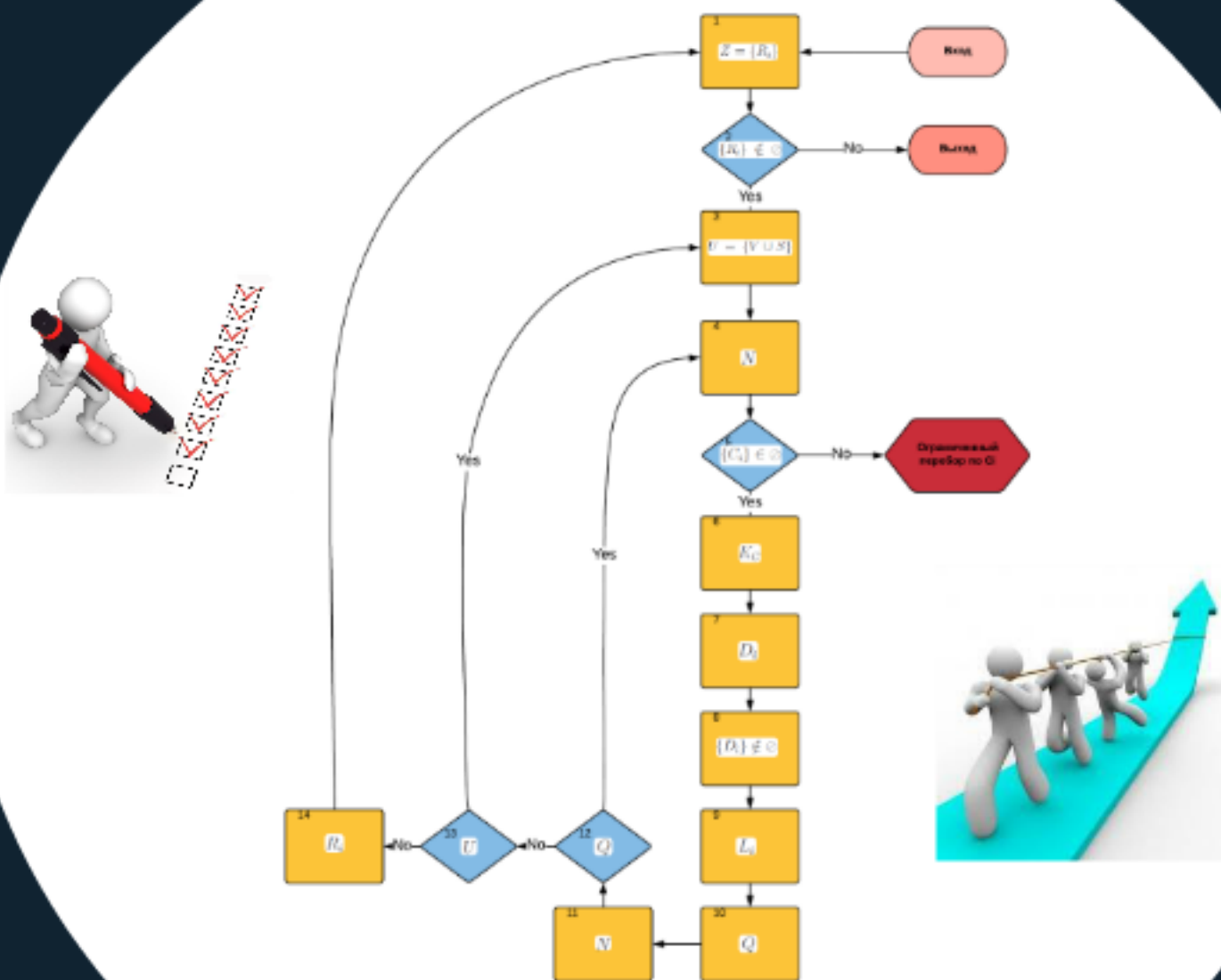
## Миграция структур HCI



Выполнить требования предоставления заданных сетевых сервисов (SLA), с одной стороны, и обоснованных экономических требований, с другой, позволяет автоматизированная миграция структур HCI под управлением контроллеров OpenFlow. Миграция выполняется и когда невозможно по запросу назначить виртуальное хранилище, а данные заносятся на несколько физических хранилищ. В этом случае часть приложений может работать с виртуальными хранилищами данных, а часть с данными, располагающимися в физических хранилищах.



## Жадный алгоритм управления ВЦОД



Алгоритм управления NCI по протоколу OpenFlow позволяет планировать вычислительные ресурсы, ресурсы хранения данных и коммуникационные ресурсы самоорганизующейся облачной платформы (ВЦОД) с соблюдением SLA и использованием технологических решений SDN.

# Многопотоковая маршрутизация в HSI

**Зачем?**

Высокая производительность



Эксперимент в реальном масштабе времени



Дистанционная хирургия (робот хирург)

Малый джиттер



Видеоконференцсвязь



IP телевидение



IP телефония

Низкая частота ошибок (высокая надежность)



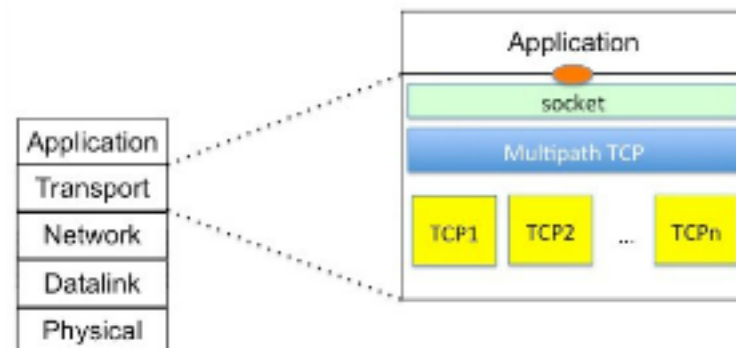
Банковские системы



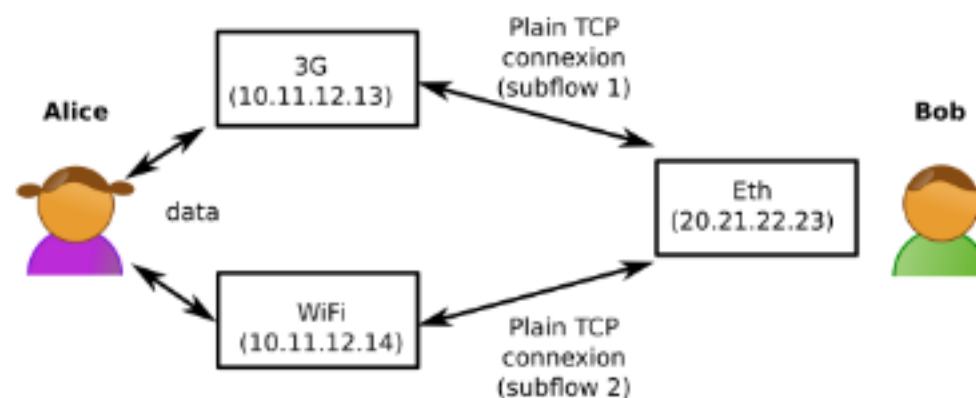
Платежные терминалы



## Многопоточковая маршрутизация в HSI (продолжение)



Многопоточковая маршрутизация реализуется уже в SDN и позволяет управлять качеством сетевых сервисов (QoS) с помощью контроллера, обеспечивающего глобальное видение топологии сети и возможности построения нескольких непересекающихся маршрутов на основе многопоточкового транспортного протокола Multipath TCP (MPTCP).

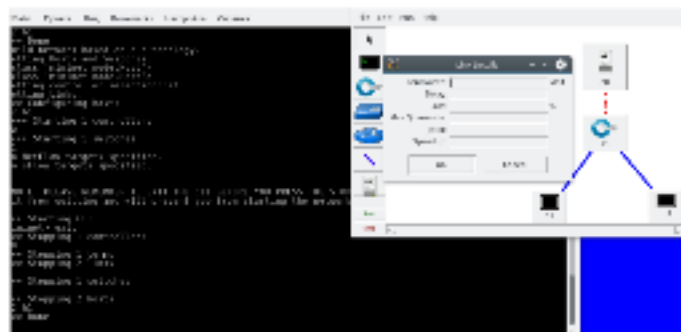


## Многопоточная маршрутизация в HSI (продолжение)

Многопоточная маршрутизация использует сервисы MPTCP, которые для одного соединения дают возможность одновременно передавать данные несколькими маршрутами.

### Маршрутизация реализуется по следующему сценарию:

1. Для приложений, где отсутствует поддержка MPTCP, протокол ведет себя как обычный протокол TCP, и приложение начинает работу как обычно с формирования TCP-сокета.
2. Соединение MPTCP устанавливается как и обычное TCP-соединение.
3. При доступности дополнительных маршрутов (наличия сетевых ресурсов) создаются дополнительные TCP-сессии, называемые подпотоками.
4. Протокол MPTCP идентифицирует несколько маршрутов за счет наличия у сетевого узла нескольких адресов. Комбинации этих адресов позволяет сформировать дополнительные маршруты.
5. Формирование и конфигурирование подпотоков осуществляется с помощью управления маршрутизацией.
6. Модифицированный протокол управления передачей добавляет порядковые номера уровня соединения, чтобы позволить сборку сегментов, доставляемых по разным маршрутам с разными задержками.
7. Подпотоки завершаются как TCP-соединения посредством четырехтактного диалога FIN.



## Надежность и безопасность НСИ

### Состояние сети

$$A=f(E, T_E) \rightarrow (C, T_C), C=\{C^i\}, C^i=\{C^{ij}\}$$

Исходя из описания состояния сети надежность и безопасность НСИ обеспечивается за счет гибких механизмов распределенного управления и использования нескольких экземпляров контроллеров. Кроме того это еще и обусловлено самовосстановлением, автоматическим перераспределением потоков данных и полной изоляцией виртуальных сред друг от друга.

### Особенность обеспечения безопасности НСИ



1. Возможность управлять сетью с помощью программного обеспечения, которое может иметь уязвимости.



2. Использование централизованного управления сетью с помощью контроллера, когда получив доступ к нему, можно скомпрометировать всю сеть через управляющее программное обеспечение.

# Надежность и безопасность НСІ (продолжение)

## Основные угрозы НСІ

```
add edi, 11  
lea eax, [eax+00h] ; Xvar  
mov dword ptr [esp-8], 4 ; n  
mov [esp-4], eax ; s2  
mov [esp], edi ; s1  
mov esi:[get_val] ; s2  
call _strcpy  
ret  
start: jmp 00401008
```

1. Вредоносный код  
перехвата данных



2. DDoS-атаки на контроллер

00000000	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000001	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000002	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000003	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000004	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000005	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000006	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000007	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000008	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
00000009	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
0000000A	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
0000000B	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
0000000C	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
0000000D	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
0000000E	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00
0000000F	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00	00 00 00 00

3. Уязвимости программного  
обеспечения



4. Подключение вредоносных  
устройств внутри сети

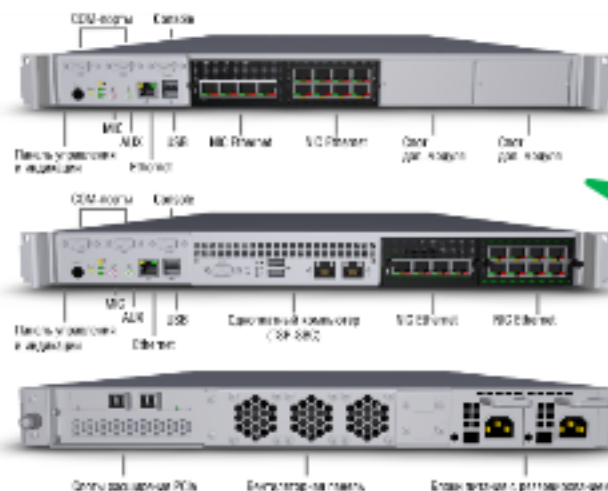
## Надежность и безопасность НСІ (продолжение)



Идеология НСІ делает большую часть угроз неактуальными (например, отказ от традиционных протоколов маршрутизации), а часть механизмов защиты может быть реализована в контроллерах или узлах сети, которые легко сегментируются и изолируются. Кроме того в сети средствами НСІ можно создавать эффективные фильтры и при необходимости их динамически перестраивать, что позволяет эффективно решать проблемы DDoS.



## Применение НСИ



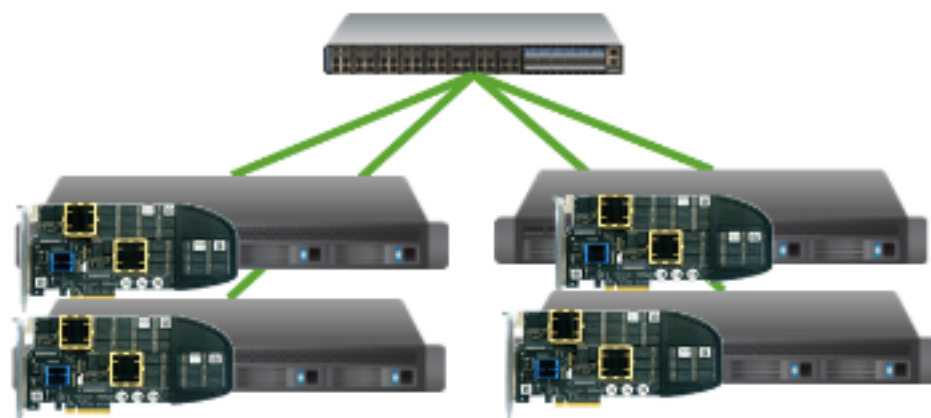
Российское SDN  
оборудование на  
процессоре  
"Байкал-ТС1"

Конвергентные и гиперконвергентные вычислительные системы можно рассматривать применительно к любым вычислительным платформам (аппаратным, программным, облачным, нейроморфным, квантовым и т. д.), которые могут обеспечивать пользователю доступ к различным сервисам.

Российское программное  
обеспечение AVESS -  
программный сервер  
защищенной  
видеоконференцсвязи,  
аналог Skype



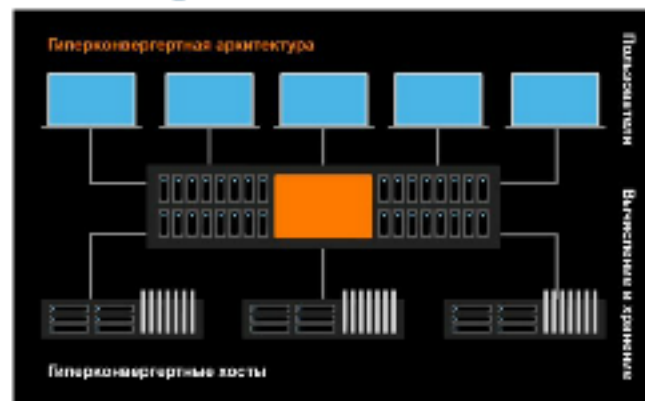
## Применение HSI (продолжение)



Сеть, лежащая в основе HSI, должна иметь возможности работы с разными видами терминалов (мобильными, десктопными, активными сетевыми, перспективными UX/UI и т. д.) и иметь единую платформу управления всем перечнем сервисов, приложений, аппаратных средств и каналов передачи данных.



## Перспективы НСІ

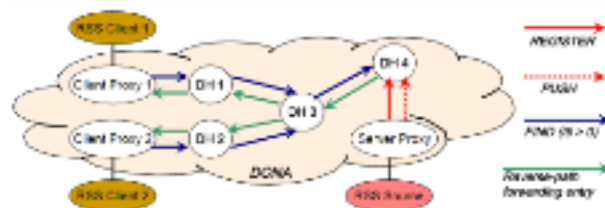


Уже сейчас можно реализовать на НСІ сеть с контент ориентированным подходом, создать вычислительные системы, отходящие от парадигмы соединения конечных точек (end – to – end) к парадигме адресации по контенту или данным (Information Centric Networking, ICN). Эта парадигма предполагает организацию данных независимо от географического положения за счет распределенного сетевого кеширования. Ожидаемые преимущества от такого подхода - это более эффективное использования дорогих сетевых ресурсов, масштабируемость вычислительных систем, адаптивность их к меняющемуся QoS.





## Перспективы HSI (DONA)



Основой парадигмой ICN являются примитивы publish/subscribe - опубликовать контент (сделать его доступным) и объявить об этом. Реализованы они в сетевой архитектуре, ориентированной на данные (Data Oriented Network Architecture, DONA).

Элемент сети получает запрос от себя подобном или от хоста. При этом может произойти два события. Если в кэше у элемента есть нужные данные, то он реализует запрос. Если контента нет, элемент DONA запрашивает себе подобных, у которых эти данные имеются. Получив ответ, он кэширует контент и реализует запрос. Этот механизм универсален и применим к любому протоколу, что образует глобальный единый механизм кэширования и доставки любого контента. На что это похоже?



## Перспективы НСИ (DONA + Blockchain)



Сетевая архитектура DONA хорошо взаимодействует с технологией blockchain, обеспечивая высокую надежность хранения и защиту контента. Вход в такую сеть защищен криптографически, и несанкционированный вход потребует огромных вычислительных ресурсов, пропорциональных размеру сети.



## Перспективы HCI (Virtual Cloud Network)

**«Будущее сетей - это программное обеспечение,  
а сеть будущего - это Virtual Cloud Network  
(виртуальная облачная сеть)».**

Раджив Рамасвами, главный операционный директор VMware



В основе перспективного на следующие 20 лет сетевого портфеля VMware NSX Cloud и лежит гиперконвергентная инфраструктура (HCI).



Другая концепция VCN - это программно настраиваемая частная сеть в облачной инфраструктуре Oracle, как и в традиционной сети ЦОД. Она ближе к существующим сетям ЦОД, но конфигурируется программно через виртуальный сетевой интерфейс (VNIC).



## Перспективы НСІ и машинное обучение

Что нужно для создания современной IT платформы,  
отвечающей всем имеющимся вызовам?



И это сеть НСІ, содержащая интеллект!

# Спасибо за внимание



Соловьев Владимир Михайлович  
e-mail: [svm@sgu.ru](mailto:svm@sgu.ru)  
(8452) 210-660