

Проблемы компьютерных сетей и технологии Интернета нового поколения

чл.-корр. РАН,
проф. **Смелянский Руслан Леонидович**

ф-т ВМК МГУ
Центр прикладных исследований компьютерных
сетей

СОДЕРЖАНИЕ

1. Проблемы современных компьютерных сетей
2. Тренды и потребности рынка. Почему это интересно промышленности?
3. Программно-Конфигурируемые Сети: основные принципы
4. Состояние дел в России и основные направления исследований



1. ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

- Изменилась социальная роль и значимость компьютерных сетей в обществе

[число мобильных терминалов на одного пользователя в развитых странах > 3, VoIP, потоковое видео, социальные сети]

- Изменилась парадигма организации вычислений

[на смену клиент-серверной архитектуре пришли облачные вычисления и центры обработки данных]

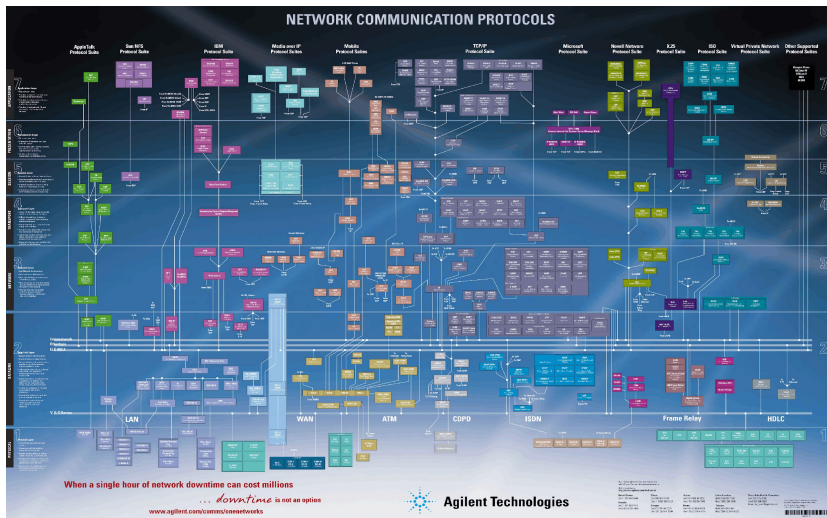
- Изменилась структура сети

[число wireless пользователей превышает число wired пользователей]

**Число активно
используемых протоколов
и их версий > 600**



**Совмещение управления и
передачи данных делают
контроль и управление
работой сети очень
сложными.
Сегодня это больше
искусство, чем инженерия.**



Не существует надежных решений вопросов безопасности сетей:

Статистика за 2010 г.:

13 000 000

новых обнаруженных вредоносных программ;

580 371 937

как через браузеры

1 311 156 130

сетевых атак, которые отразила система IDS (почти в 6 раз

9 г.)

Кибер-атаки 2010 г.:

Червь Stuxnet – впервые обнаружен на АЭС Бушер (Иран). Последствия атаки – сорваны сроки запуска АЭС. Вирус также был обнаружен на промышленных объектах Индии, Франции, Германии. [перехват контроля над системами управления промышленными объектами, средство шпионажа и диверсий]

Атака «Aurora» – жертвы – крупные корпорации, в т.ч. **Google, Adobe**

[цель атаки - сбор конфиденциальных данных пользователей и исходных кодов ряда корпоративных проектов]

Источник: [Kaspersky Security Bulletin. Основная статистика за 2010 год](#)

Май 2012 Червь Flamer (Sky Wiper) – жертвы - определенные люди. Цель - сбор информации о конкретном человеке с его персонального компьютера (не только файлы, но и данные, получаемые через управление аудио и видео каналами персонального компьютера этого человека). После достижения цели червь самоуничтожается.

Сети закрыты для инноваций



**Специализированное
Программное
Обеспечение**

**Специализированное
устройство передачи
данных**

6000+ RFC документов

Миллионы строк закрытого
проприетарного кода

Миллиарды транзисторов

**Сложность внедрения новых идей
Основная масса функций реализована в «железе»**

■ Научные проблемы


(сегодня мы не можем **контролировать** и надежно **предвидеть поведение** таких сложных объектов, как **глобальные компьютерные сети**)

■ Социальные проблемы

(в повседневной жизни мы все больше и больше полагаемся на Интернет. Однако, **безопасность данных**, которые мы ему доверяем, включая наши персональные данные, нам **не гарантирована**, Интернет **не устойчив к внешним атакам**).

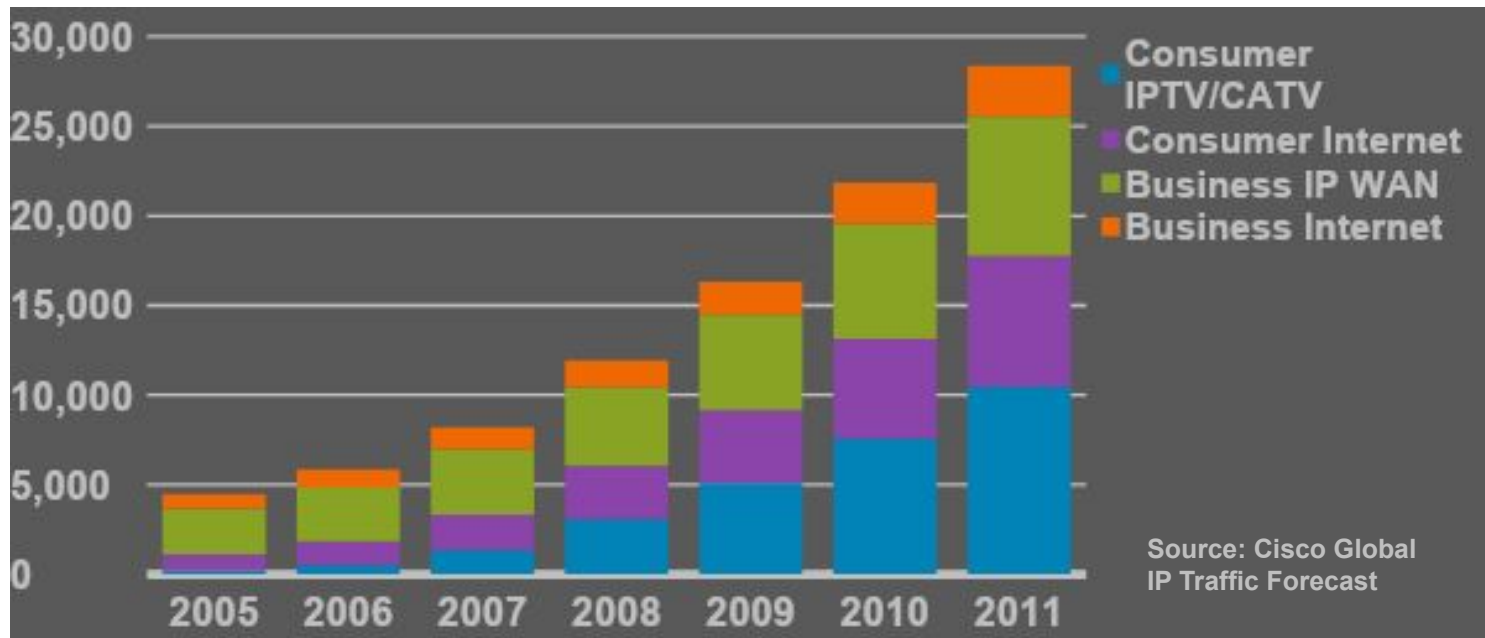
■ Проблемы развития

(в архитектуре современных сетей есть существенные **барьеры** для введения **инноваций**, **экспериментирования**, создания **новых сервисов**)



2. ТРЕНДЫ И ПОТРЕБНОСТИ РЫНКА

В период с 2005 по 2011 гг. трафик вырос в **ПЯТЬ** раз!



Вывод: пропускная способность современных каналов связи при существующих методах и средствах управления трафиком в сетях близка к исчерпанию.

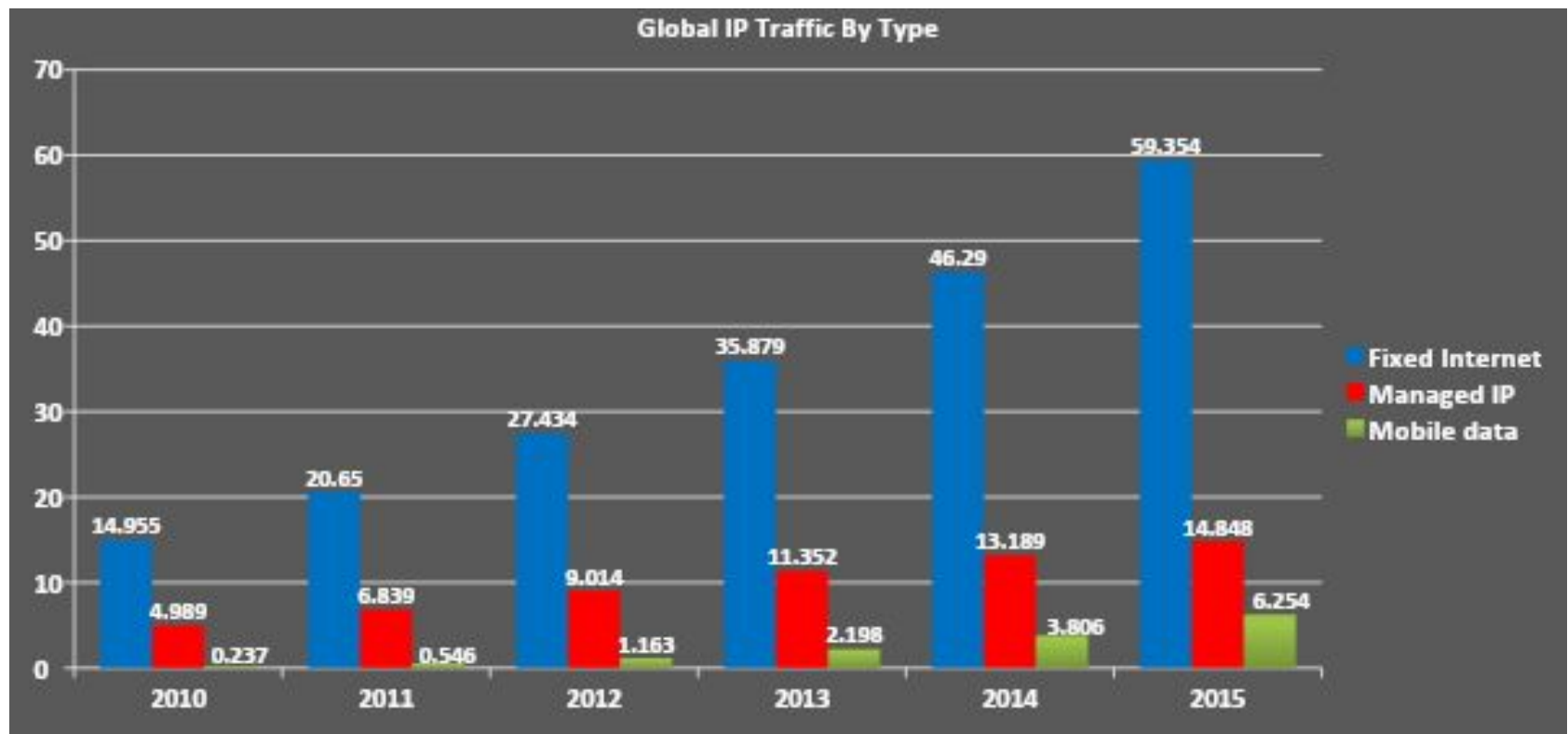
К 2015 г. объем трафика **вырастет в 4 раза**
и достигнет **80 эксабайт в месяц.**



Source: [Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2010-2015](#)

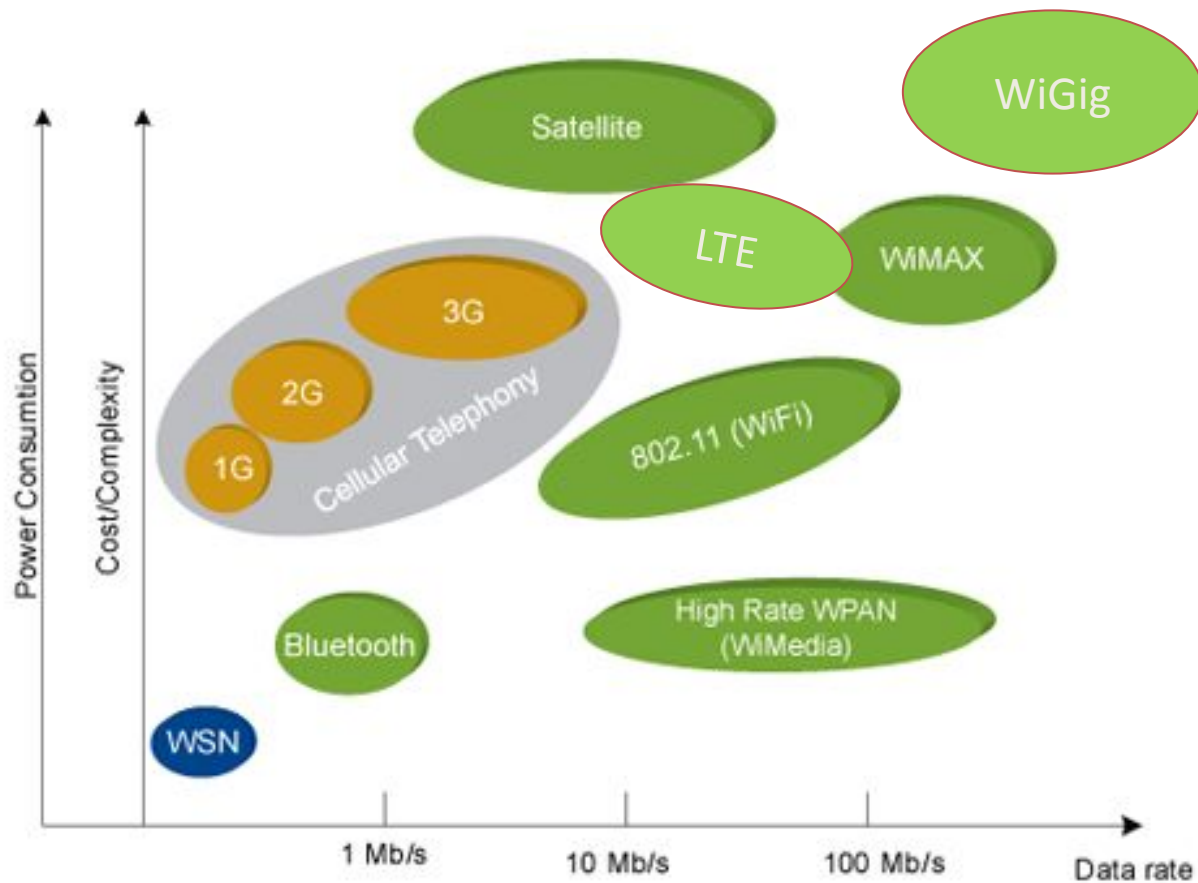
Эрик Шмит: К 2003 г. в Интернет было сгенерировано 5 экзабайт. Сегодня такой объем – за 2-3 дня

Мобильный трафик ежегодно будет удваиваться



Source: [Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2010-2015](#)

Постоянно появляются новые wireless технологии



Пять основных рубежей:

2012: видео трафик превысит 50 % всего потребительского трафика;

2012: количество субъектов, производящих более 1 Тб в месяц превысит 1 миллион;

2014: 20 % интернет-трафика будет приходиться на ТВ, мобильные телефоны и другие некомпьютерные устройства;

2015: трафик от беспроводных устройств превысит объем трафика от фиксированных;

2015: ежегодный объем глобального IP трафика достигнет порога в **зеттабайт** (966 эксабайт).



Увеличение нагрузки на несколько порядков в течение ближайших нескольких лет



Мощность wireless-устройств растёт

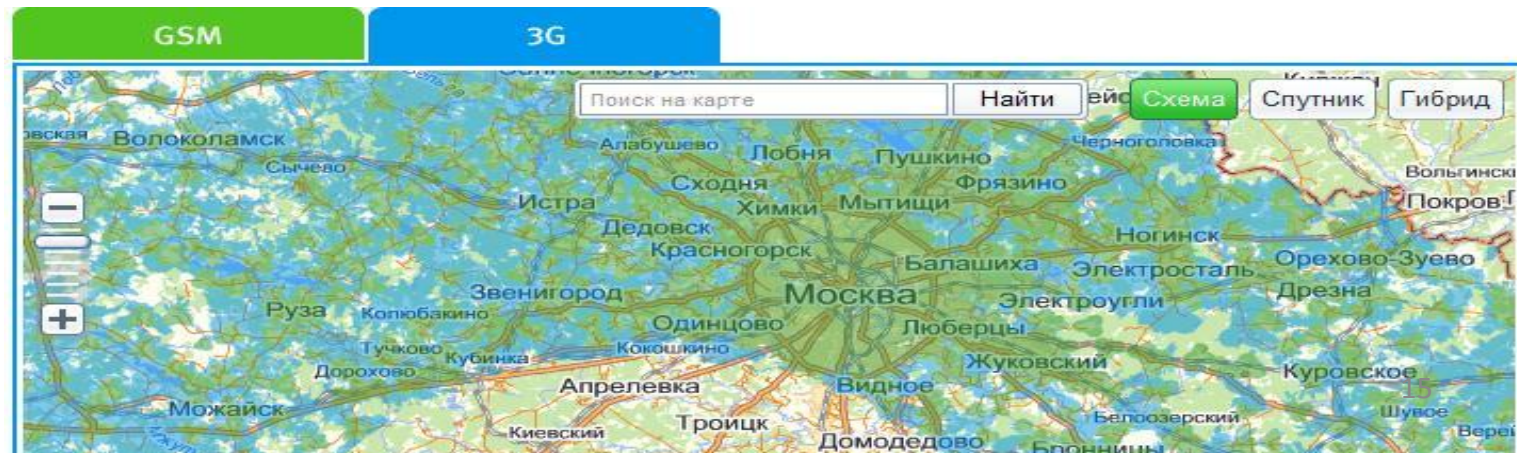
Появляются 2х и 4х ядерные
мобильные платформы

Для wireless устройств не хватает
свободных частот

При увеличении числа пользователей
пропускная способность падает

Сократить размер соты – дорого!

Мультиплексировать через несколько радио
интерфейсов



Чтобы справиться с увеличением трафика, беспроводные сети должны иметь более плотное покрытие. По оценке экспертов, **плотность базовых станций надо будет увеличить в 20 раз.**

Сетевая архитектура плохо приспособлена для поддержки такого плотного трафика существующей беспроводной инфраструктурой:

- Равномерное увеличение плотности покрытия в 20+ раз невозможно;
- Сложная для управления архитектура: неравномерные нагрузки, взаимные влияния сот и других факторов;
- Дорогостоящий проект.

- Трафик растет ежегодно на 70-80%
- Стоимость услуг для клиента относительно постоянна
- Оператор должен изыскивать способы снижения капитальных (CAPEX) и операционных затрат (ОРЕХ) минимум на 40-50 % в год
- Существующие технологии позволяют снизить расходы на ~ 20 % в год
- Другие 20 % вычитаются из прибыли



Возможный выход – маркетинговые уловки и уникальные услуги, но большинство провайдеров используют одинаковое оборудование, одних и тех же производителей.

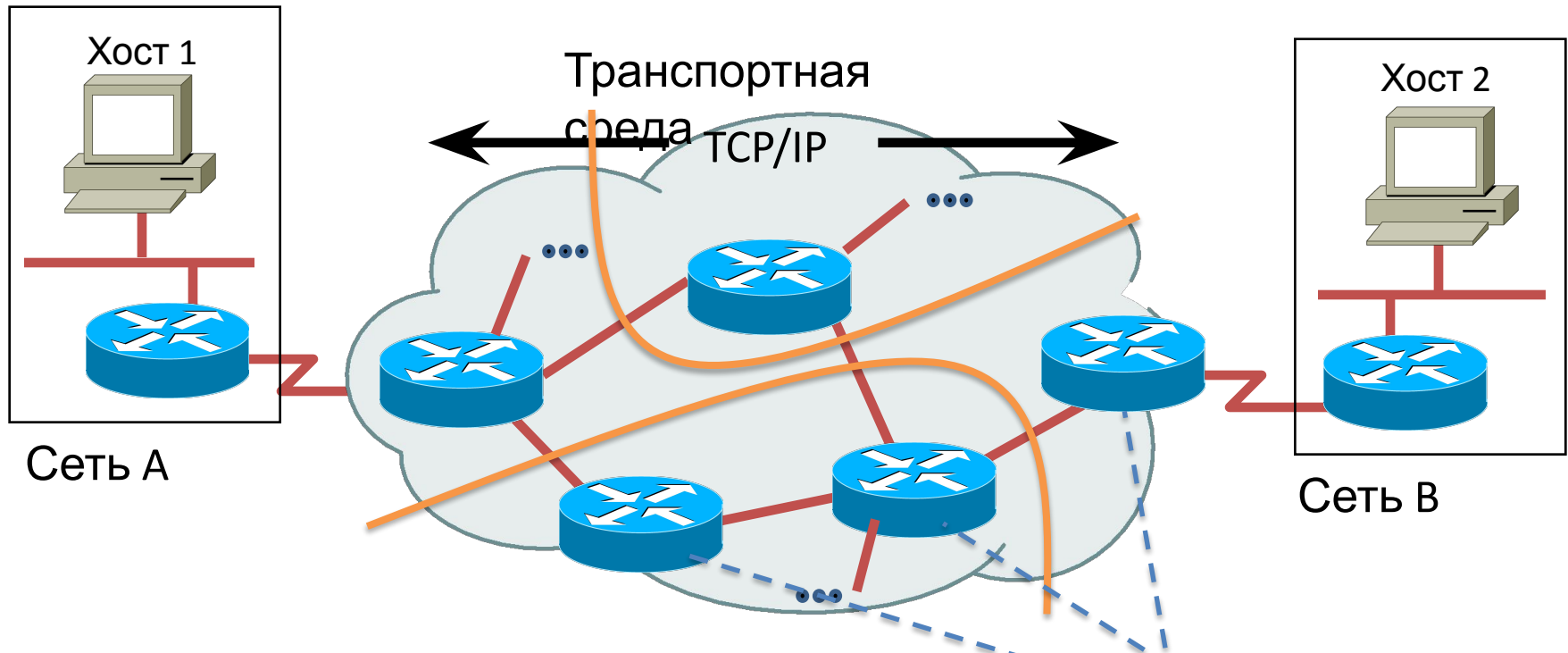


! Только отделение soft от hard позволит создавать уникальные услуги и снижать операционные расходы.

The background features a complex network of blue and white Ethernet cables with RJ45 connectors, intertwined with a circular pattern of binary code (0s and 1s) and the word 'Internet' repeated in various orientations. The overall color palette is light blue and white, creating a high-tech, digital atmosphere.

3. ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ СЕТИ: ОСНОВНЫЕ ИДЕИ

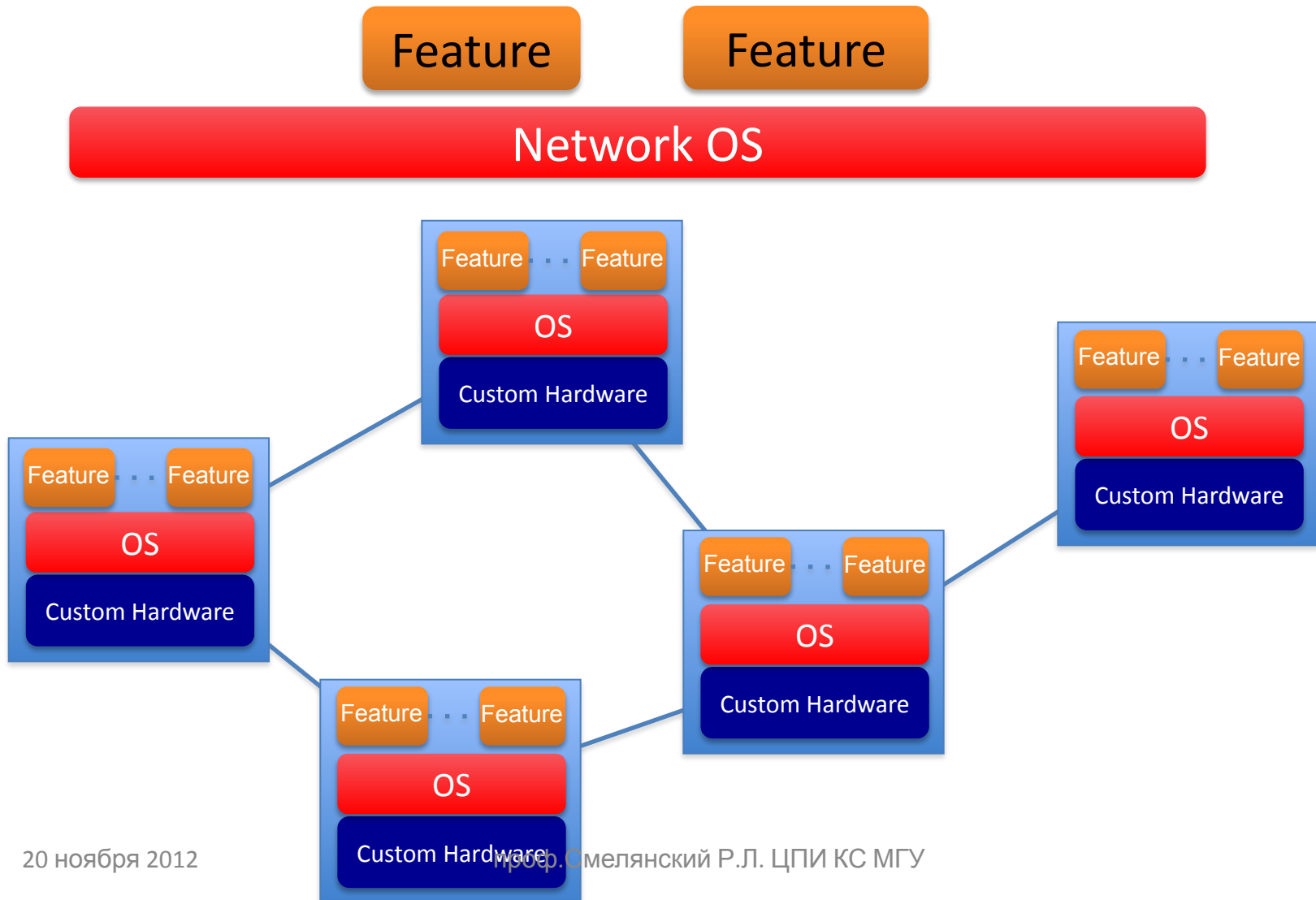
Традиционная TCP/IP сеть



1. Построение маршрута (control path) } Функции каждого
2. Реализация маршрута (data path) } сетевого

Вывод: невозможность гибкого управление устройством сетью

ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ СЕТИ: ОСНОВНЫЕ ИДЕИ



ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ СЕТИ: ОСНОВНЫЕ ИДЕИ

3. Явно определенный API

2. По крайней мере одна Network OS.

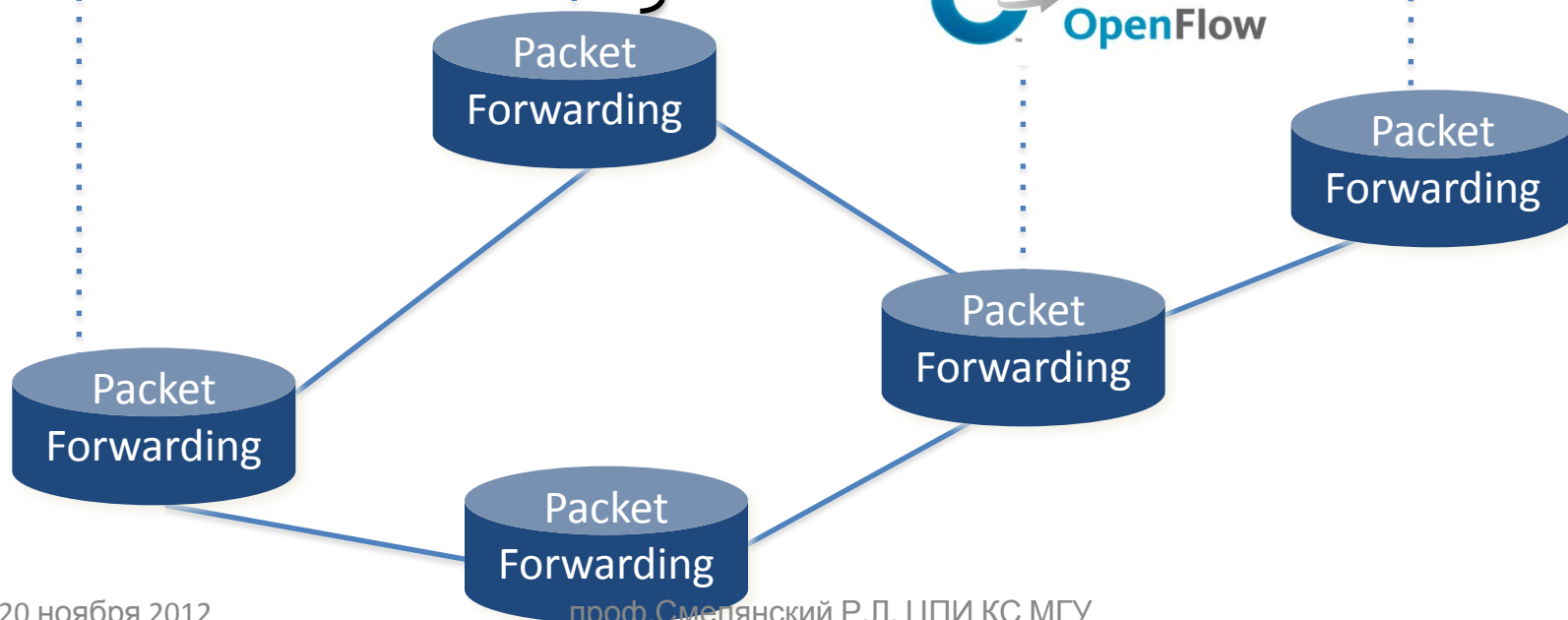
Open- and closed-source

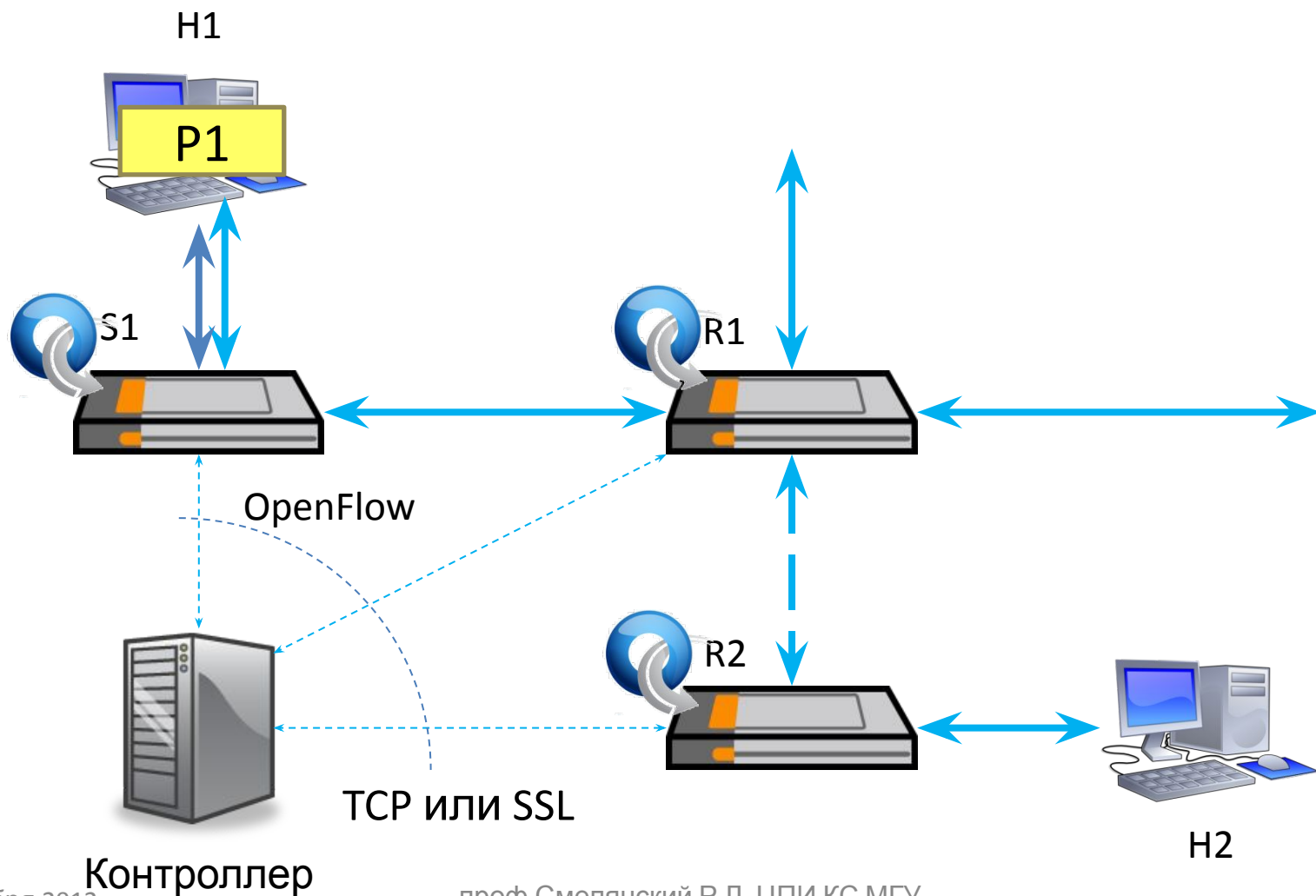
Feature

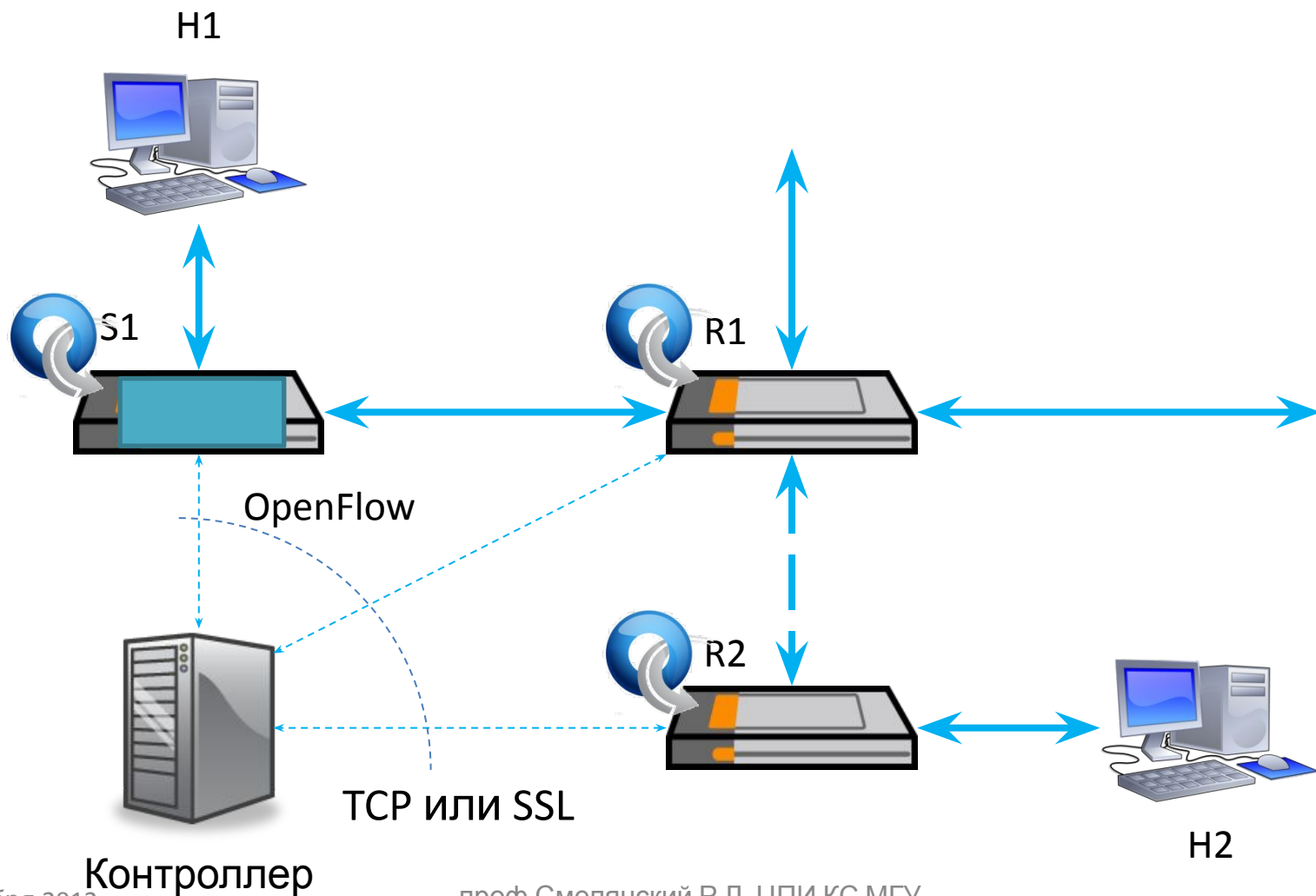
Feature

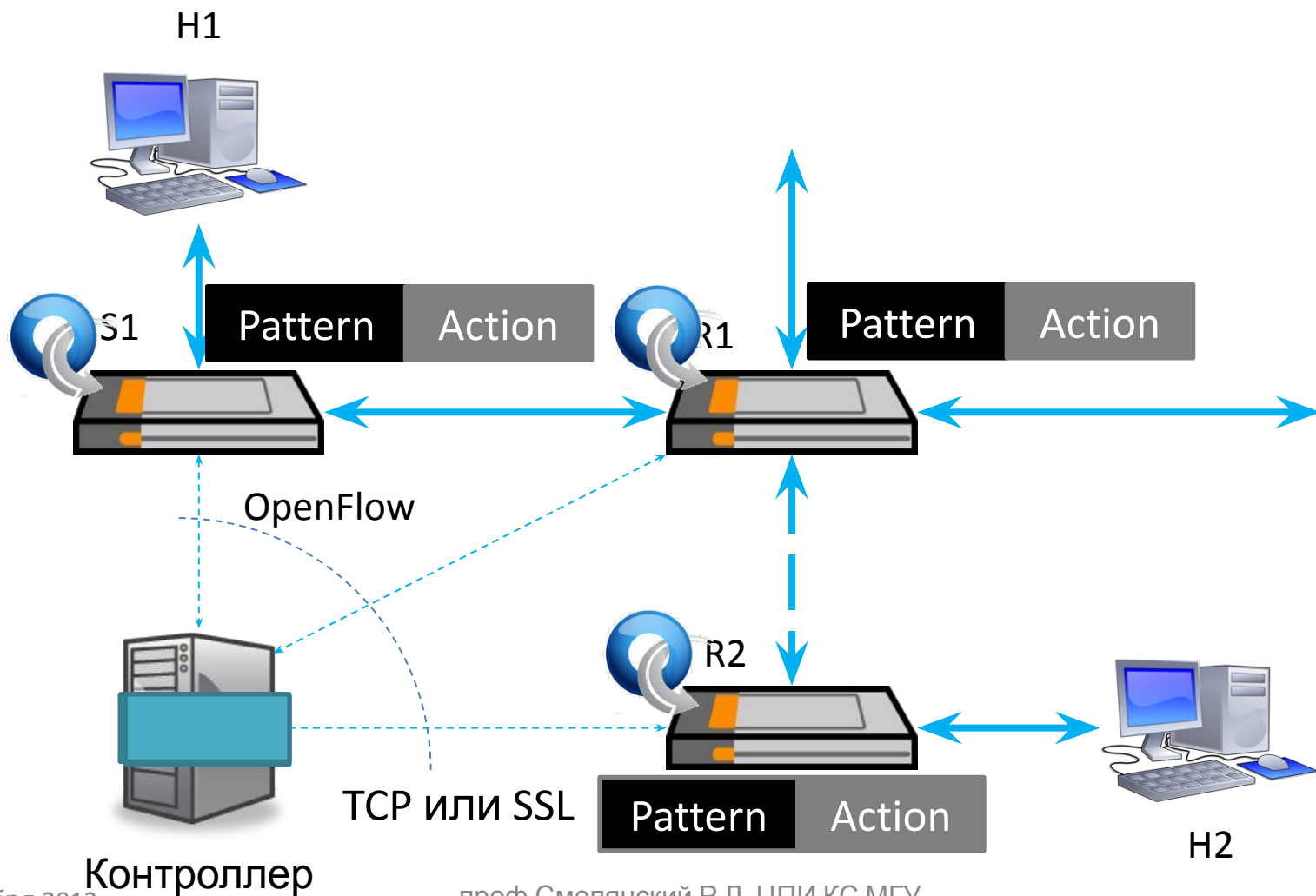
Network OS

1. Открытый интерфейс для коммутац



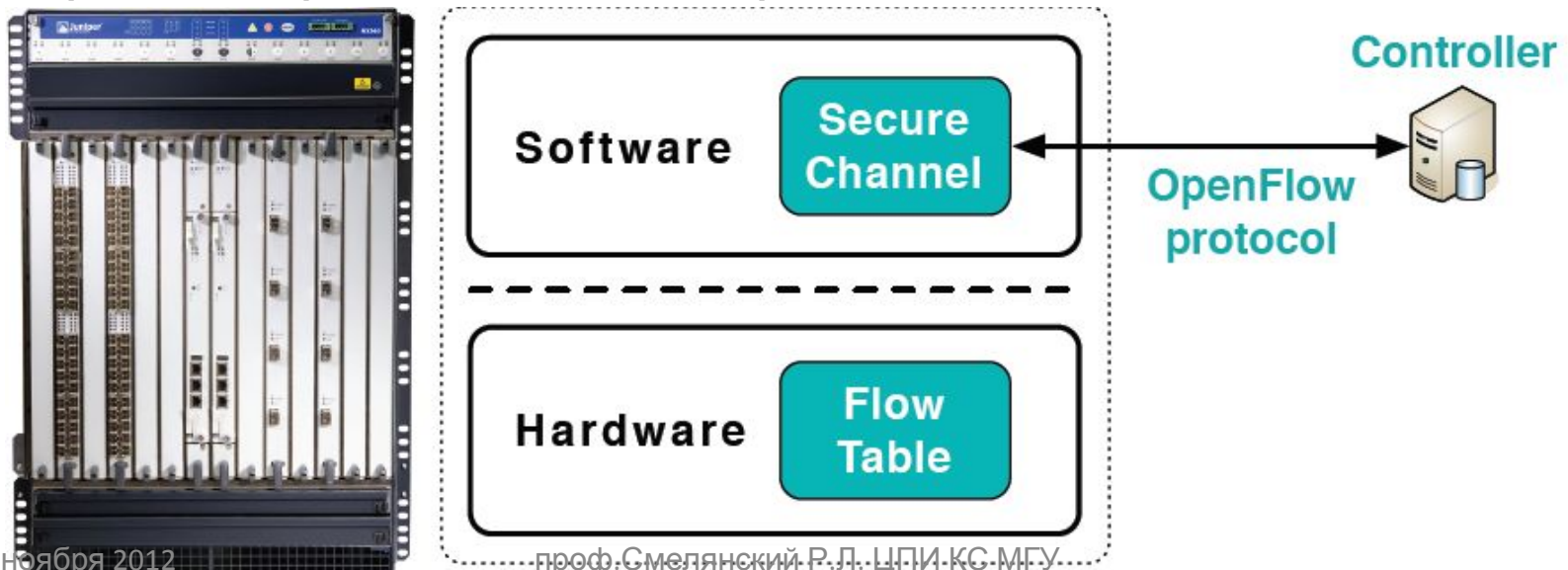






OpenFlow коммутатор (v1.0)

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



Запись в OpenFlow таблице

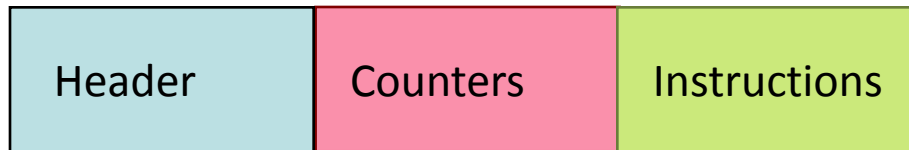
Запись в таблице переходов:

Просматриваемые поля			Счётчики			Инструкции				
Ingress Port	Ether src	Ether dst	Ether type	VLAN PCP (*6)	VLAN id	IP src	IP dst	IP proto	TCP/U DP src port	TCP/U DP 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

OpenFlow Основные понятия

Сущности таблицы потоков



Счётчики пакетов,
байтов

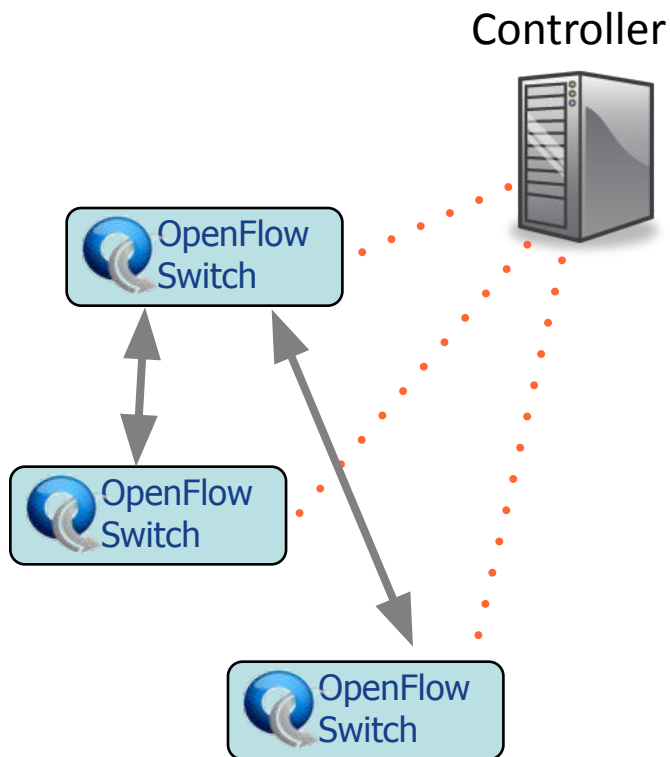
1. Пересылка пакета на порт(ы)
2. Инкапсуляция и отправка на контроллер
3. Сброс пакета
4. Нормальная обработка
5. Изменение полей

Switch Port	VLAN ID	MAC src	MAC dst	Eth type	IP Src	IP Dst	IP Prot	TCP sport	TCP dport
----------------	------------	------------	------------	-------------	-----------	-----------	------------	--------------	--------------

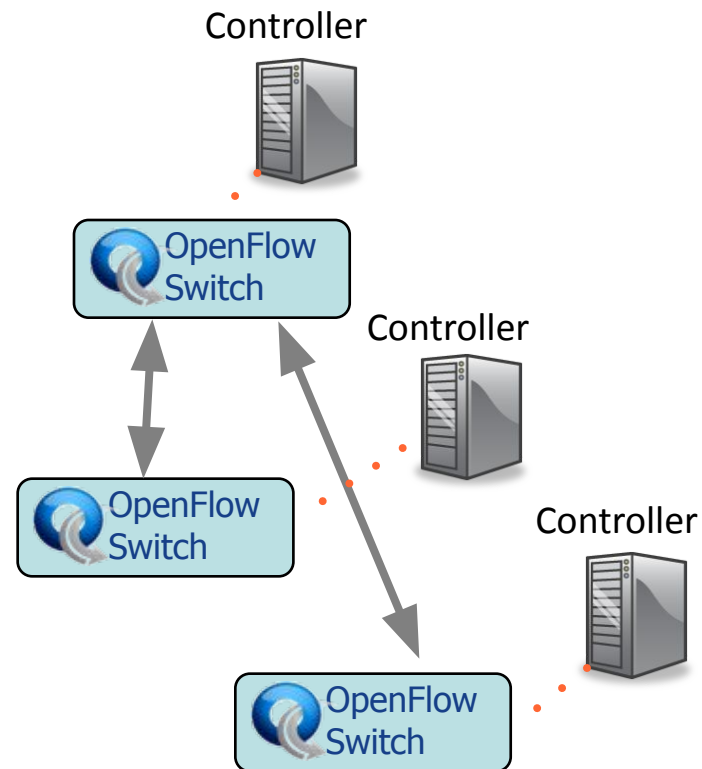
+ маска, для обозначения значащих полей

Централизованный vs. Распределённый Контроль

Централизованный Контроль



Распределённый Контроль



Flow Routing vs. Aggregation

обе модели поддерживаются OpenFlow

Flow-Based

- Каждый поток отдельно управляется контроллером
- Точное соответствие записи потоку
- Таблица потоков содержит одну запись на поток
- Применим для локальных сетей (campus network)

Aggregated

- Одна запись покрывает большую группу потоков
- Wildcard записи потоков (маска)
- Таблица потока содержит запись на группу потоков
- Применим для большого количества потоков (backbone)

Reactive

- Первый пакет потока активирует триггер добавления новой записи
- Эффективное использование таблицы потоков
- Небольшое время на регистрация потока
- Если управляющее соединение потерянно, функциональность маршрутизатора ограничивается

Proactive

- Контроллер предварительно заполняет таблицу потоков на маршрутизаторе
- Нулевое время на регистрацию потока
- Потеря управляющего соединения не нарушает работу маршрутизатора
- Требуется наличие wildcard правил (агрегации)

Какая должна быть виртуализация?

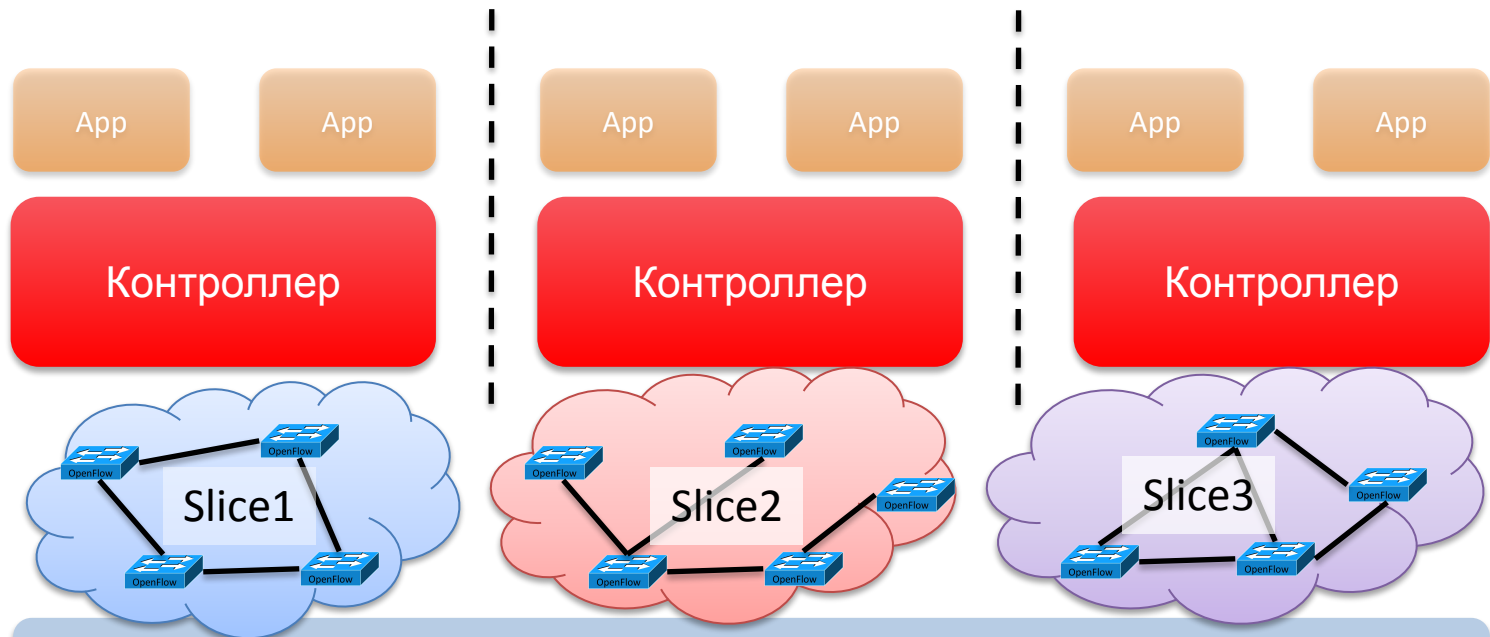


наш субъективный взгляд

- Виртуальная сеть должна быть полностью отделима от физической сети
- Не должна изменять базовые и привычные абстракции, к которым мы привыкли при работе с обычными сетями
- Должна предоставлять возможность для: создания, удаления, определения качества сервиса, миграции

Что можно виртуализировать в сети?

- Виртуализация топологии
 - Виртуальные узлы и каналы связи
- Виртуализация сетевой адресации
 - Виртуальные сетевые адреса ака виртуальная память
- Виртуализация политик маршрутизации
 - Определение своего контроллера для каждого из портов коммутатора

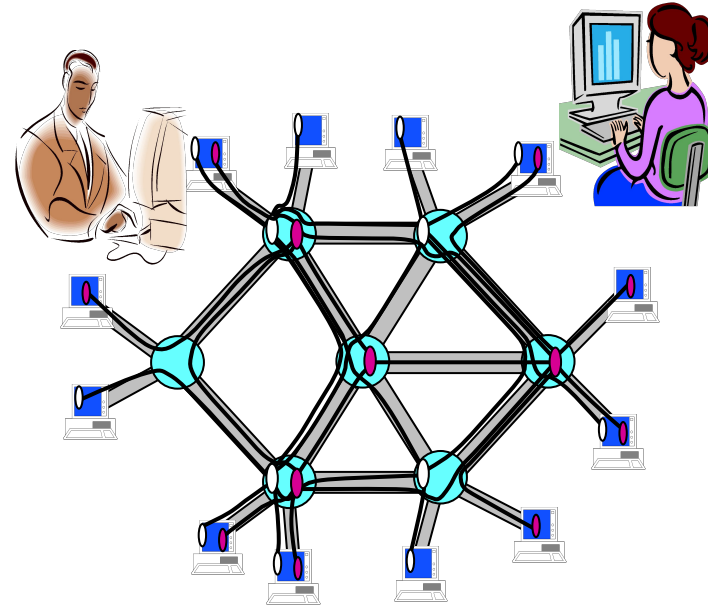



Виртуализация ("Slicing" Layer)



В части исследований и разработок ключевые заделы в обсуждаемой области связывают:

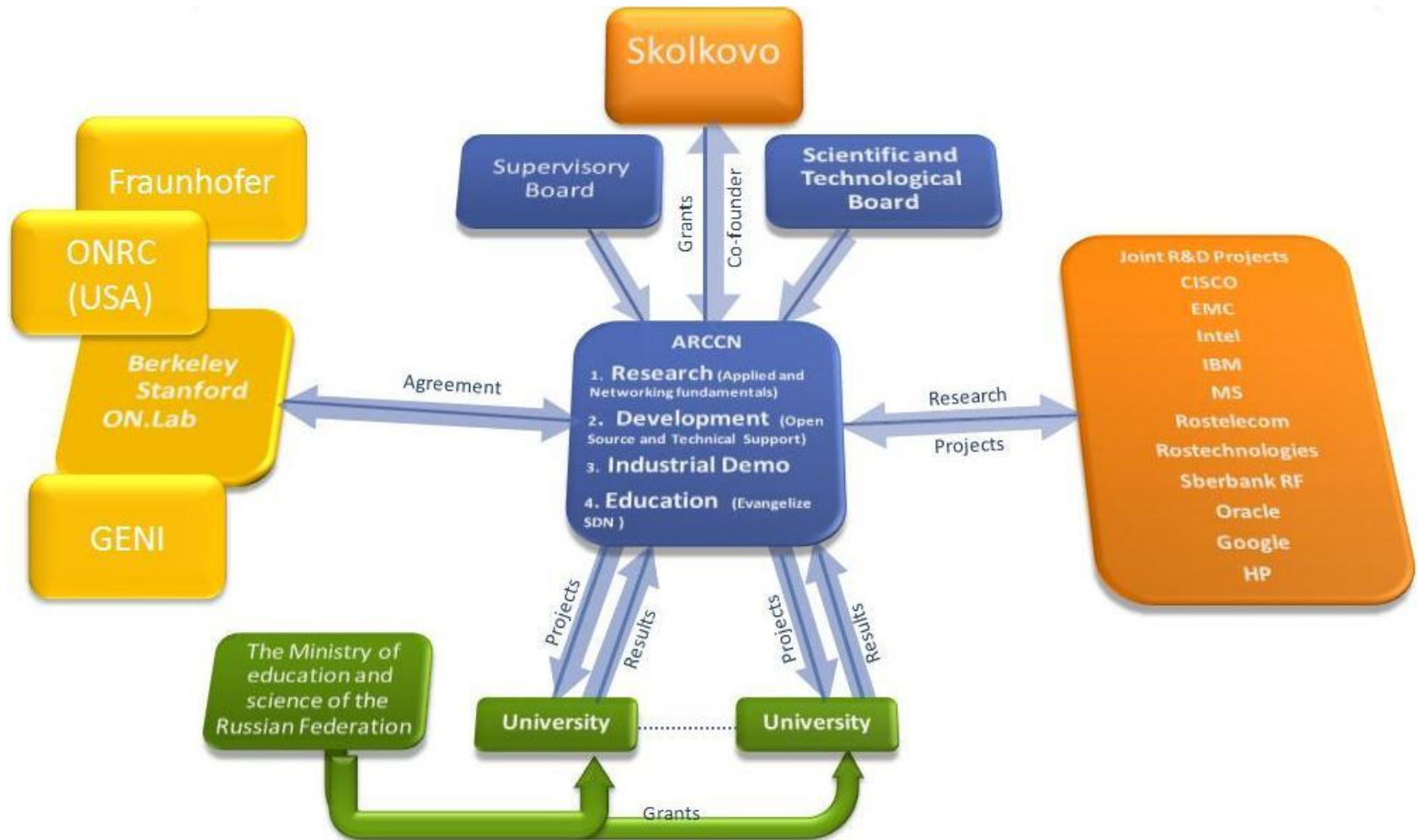
- с исследовательской программой [GENI](#) (за 3 года *The National Science Foundation (NSF)* инвестировал в эту программу \$62,5 млн.);
- с [Open Network Research Center](#) (объединенный центр университетов Стэнфорда и Беркли, годовой бюджет \$5 млн.)
- с проектами Седьмой рамочной программы исследований ЕС [Ofelia](#) и [FEDERICA](#);



The background features a complex network of blue and white Ethernet cables with RJ45 connectors, some of which are plugged into a central hub. The scene is overlaid with a grid of binary code (0s and 1s) and the word "Internet" repeated in various orientations and sizes, creating a digital and interconnected atmosphere.

4. СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Центр прикладных исследований компьютерных сетей

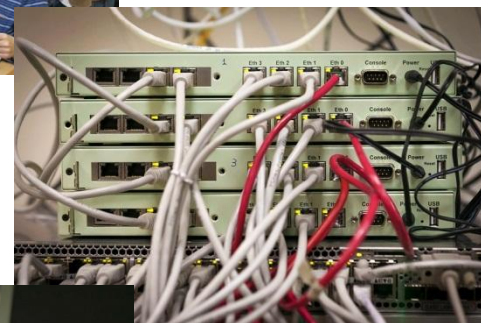


- Создать в крупных научно-исследовательских университетах (НИУ) и профильных институтах РАН сегменты ПКС сетей, выделить гранты на проведение тематических исследований;
- Создать ассоциацию по исследованиям и разработки учебно-методических материалов и программ в области ПКС сетей.
- Включить тематику сетей нового поколения (ПКС) в профильную ФЦП Министерства

Первый сегмент ПКС-сети уже построен в ЦПИ КС



**Первая Школа по
ПКС-сетям
17-19 августа 2012**



**Вторая Школа по
ПКС-сетям
18-20 сентября 2012**



The background features a complex network of blue and white Ethernet cables. The cables are intertwined, with some heads pointing towards the center and others extending outwards. The background is a light blue color with a pattern of binary code (0s and 1s) and the word "Internet" repeated in a circular, overlapping manner. The overall aesthetic is technical and digital.

Благодарю за внимание!

SMEL@CS.MSU.SU

SMEL@ARCCN.RU