



Cisco Expo Learning Club: Архитектура платформы ASR 9000.

Андрей Голованов

Системный инженер Cisco

agolovan@cisco.com

Содержание

- Краткое введение в архитектуру маршрутизаторов
- Платформа Cisco ASR9000
 - Обзор основных компонентов системы
 - Архитектура платформы Cisco ASR 9000
 - Технология nV: Cluster и Satellite



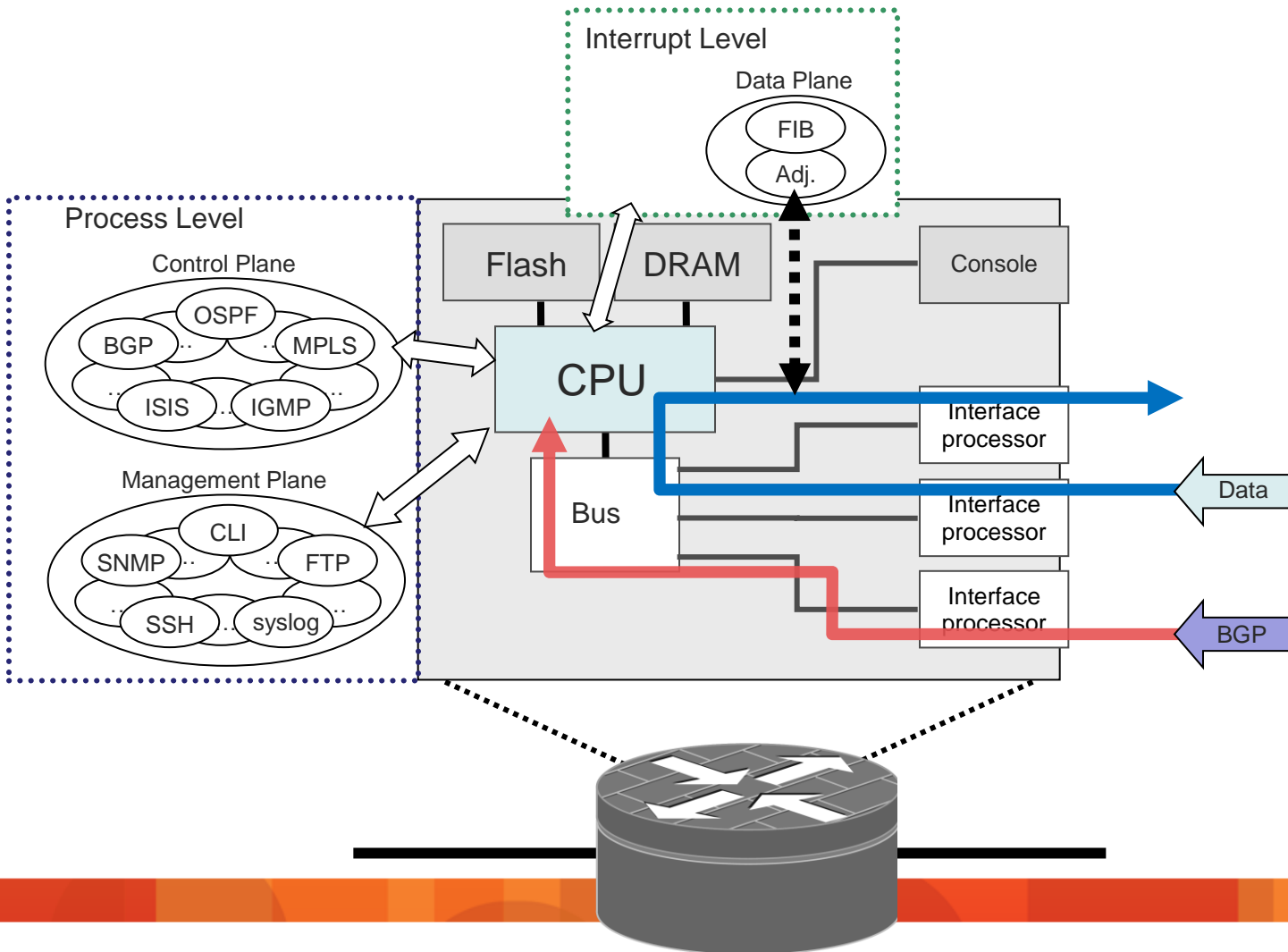
Краткое введение в архитектуру маршрутизаторов



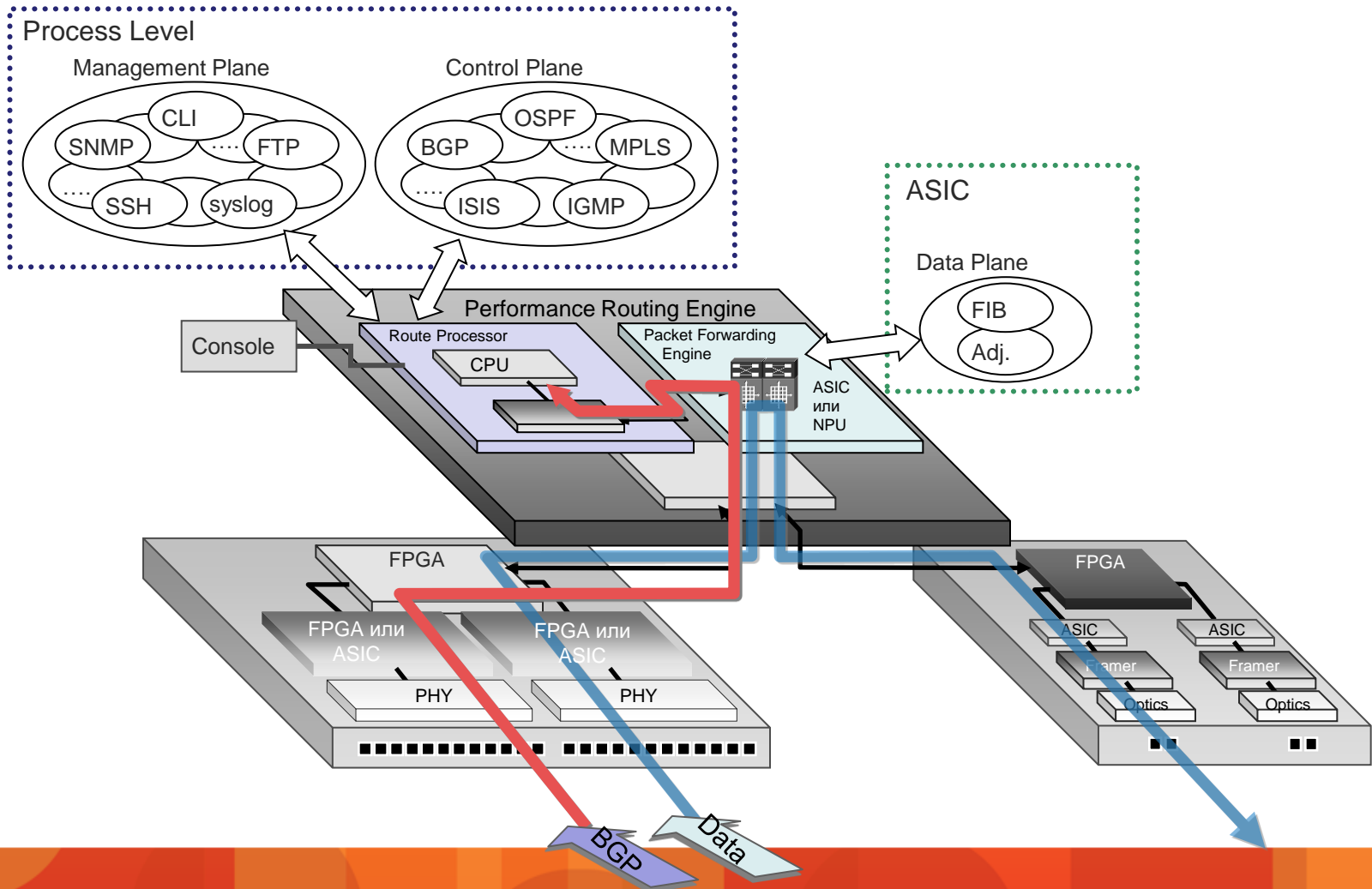
Введение в архитектуру маршрутизаторов

- Сетевые устройства условно могут быть представлены в виде трех функциональных уровней: Data Plane, Control Plane и Management Plane
 - Трафик Data Plane всегда проходит сквозь устройство и:
 - Обработывается аппаратно (ASIC/NPU) на аппаратных платформах
 - Коммутируется с помощью CEF на уровне прерываний на программных платформах
 - Трафик Control Plane и Management Plane всегда идет на устройство и обрабатывается CPU на уровне процессов:
 - В платформах с аппаратной обработкой трафик Control/Management Plane посылается сначала на RP/SUP/RSP а затем к конкретному программному процессу (OSPF, BGP, SSH, и т.д.)
 - В платформах с программной обработкой трафик посылается напрямую к процессу

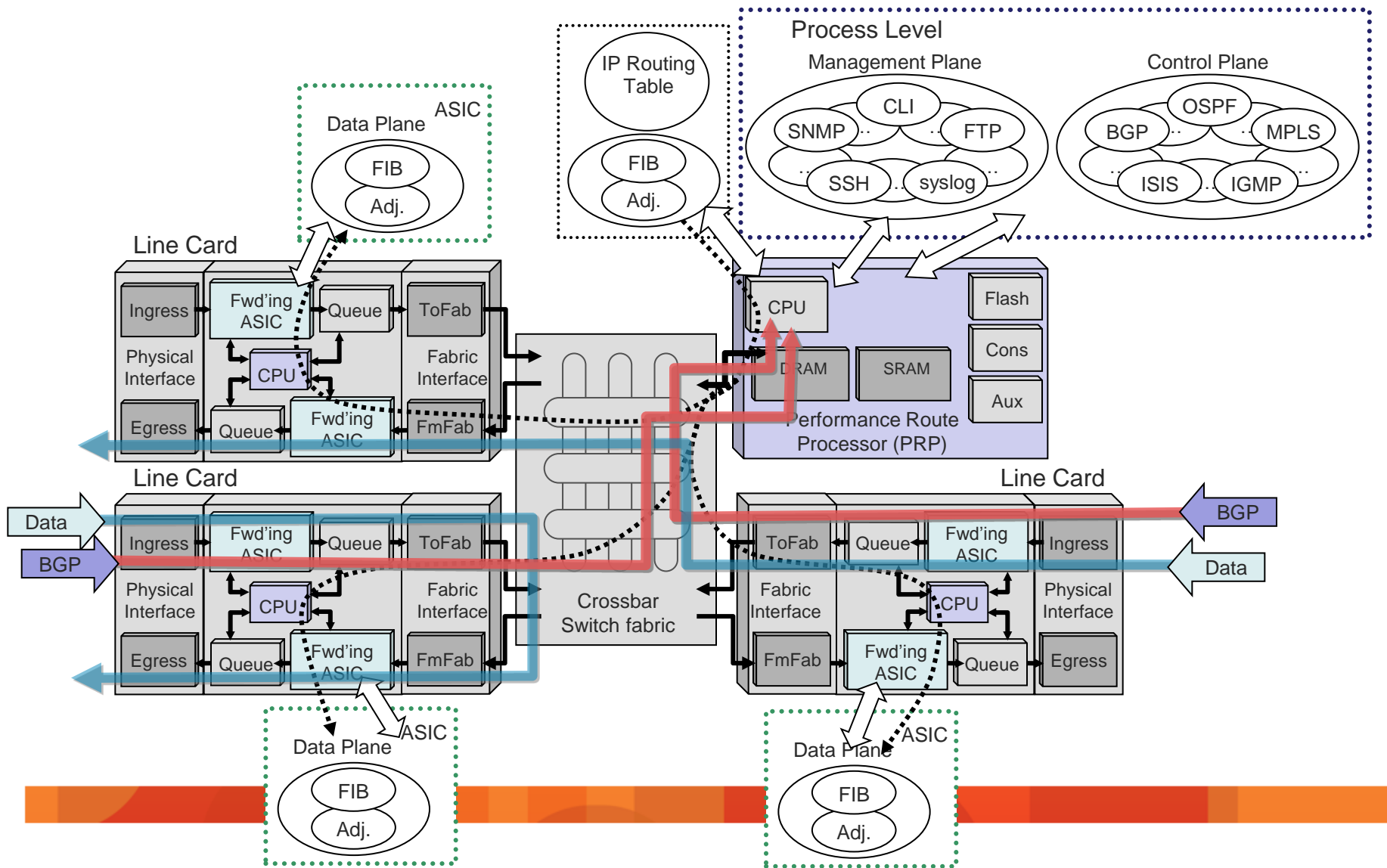
Централизованная архитектура маршрутизатора, основанная на CPU



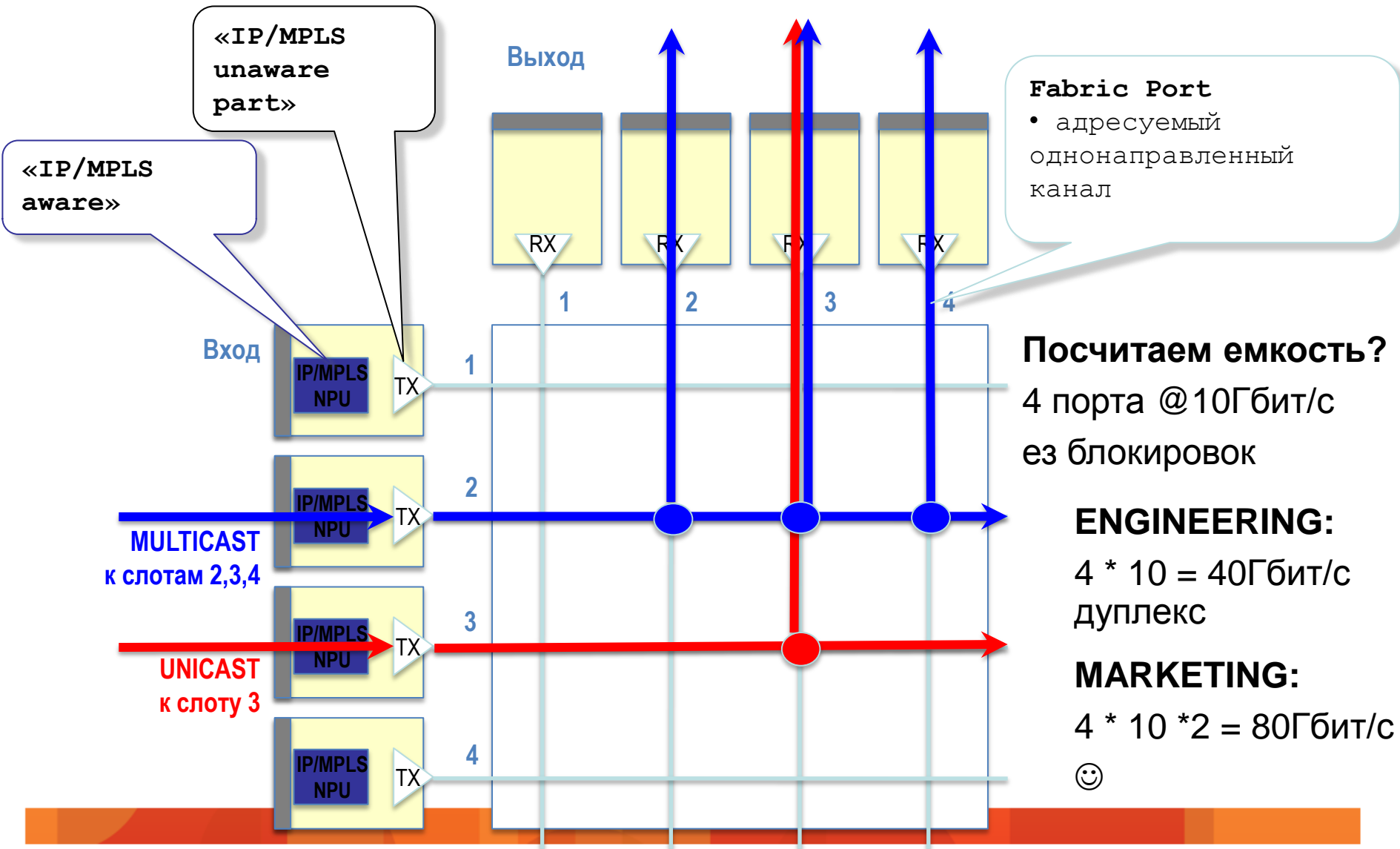
Централизованная архитектура маршрутизатора, основанная на ASIC/NPU



Распределенная архитектура маршрутизатора, основанная на ASIC/NPU



А что такое матрица коммутации?



«IP/MPLS
unaware
part»

«IP/MPLS
aware»

Вход

Выход

Fabric Port

- адресуемый
однонаправленный
канал

Посчитаем емкость?

4 порта @10Гбит/с
ез блокировок

ENGINEERING:

$4 * 10 = 40$ Гбит/с
дуплекс

MARKETING:

$4 * 10 * 2 = 80$ Гбит/с



Обработка пакетов: Производительность или Гибкость

CPU (Central Processing Unit)



- процессоры общего назначения (Freescale, Intel, AMD, ARM)
- огромная гибкость, но низкая производительность [единицы Mpps]
- высокая потребляемая и рассеиваемая мощность, низкая стоимость
- **Пример использования:** программные маршрутизаторы (ISR, 7200)

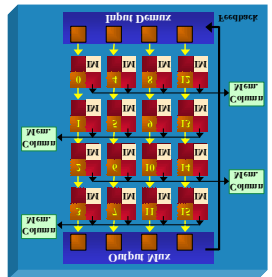
ASIC (Application Specific Integrated Circuit)



- Гибкость практически отсутствует
- Сложны и дороги в проектировании
- **Очень** высокая производительность [сотни Mpps]
- Дешевы в производстве
- **Пример использования:** коммутаторы Catalyst, 7600 (LAN cards)

NP (Network Processor) = “нечто среднее”

- Относительно высокая производительность [до порядка сотни Mpps]
+ хорошая программируемость
- **Пример использования: современные аппаратные платформы**



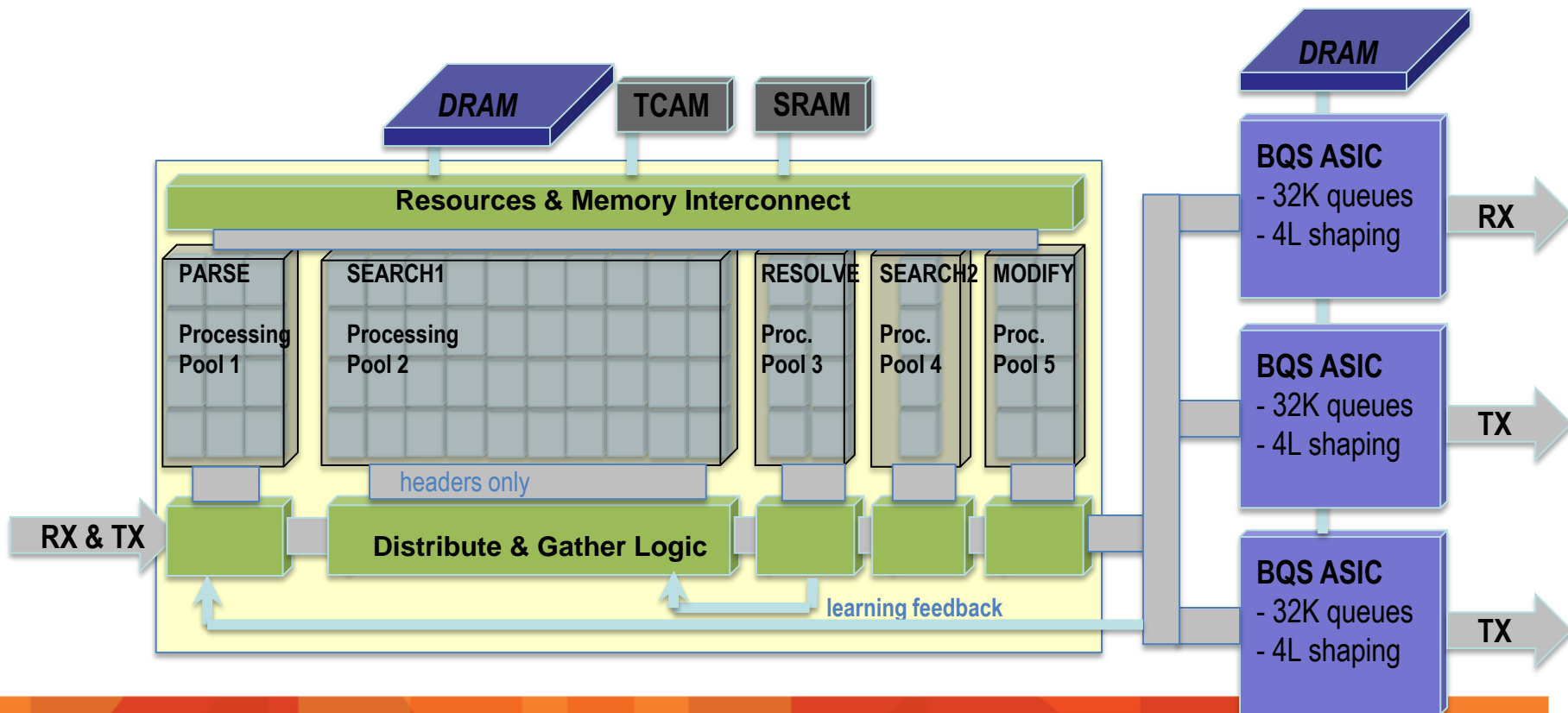
FPGA (Field Programmable Gate Array)

- Низкая стоимость проектирования, высокая гибкость
- Может быстро решать простые задачи типа трансляции заголовков

Pipelining Pool-based NPU

2008: Cisco 7600 ES+, ASR9000 [Triplet]

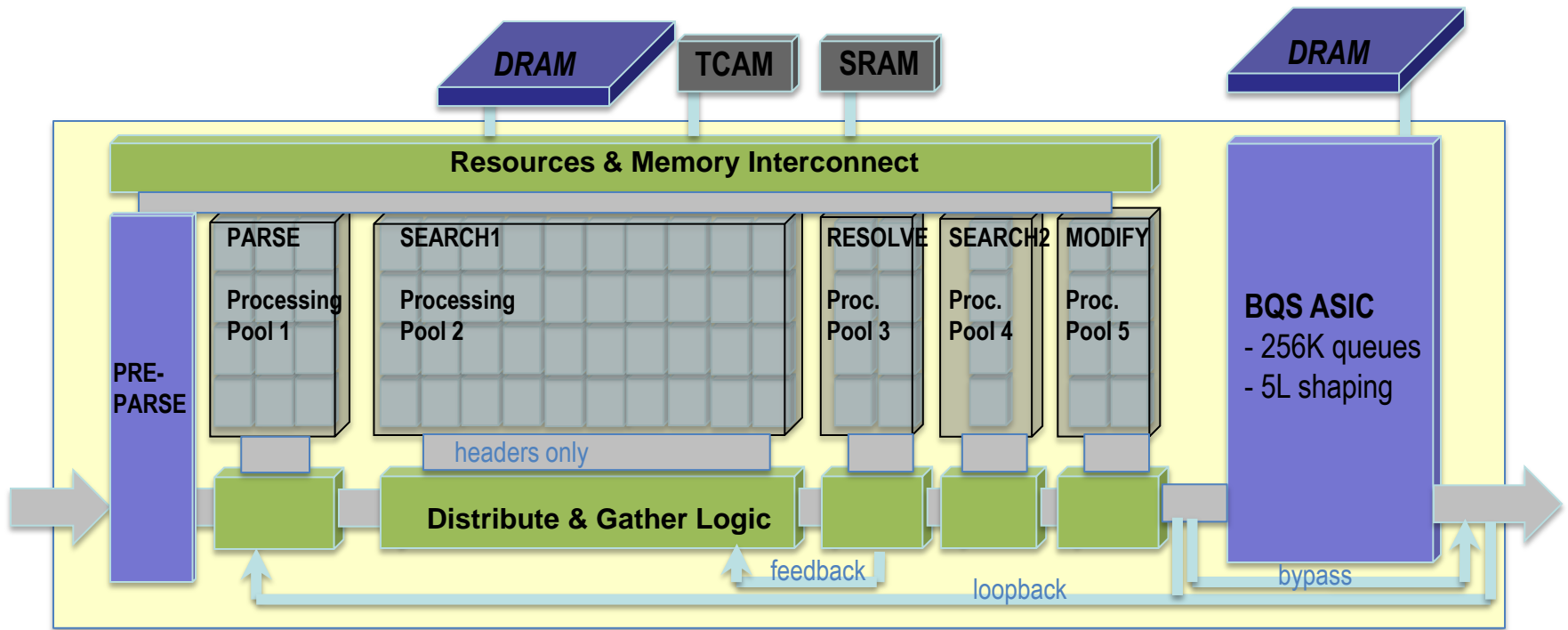
- ✓ 25 Mpps, 30 Гбит/с
- ✓ 90nm, u-programmable
- ✓ 2, 4 или 8 на LC
- ✓ Порядка 4.7 W/Gbps



Pipelining Pool-based NPU

2011: Cisco ASR9000 [Typhoon]

- ✓ 90 Mpps, 120 Гбит/с
- ✓ 55nm, u-programmable
- ✓ 2, 4 или 8 на LC
- ✓ Порядка 3.33 W/Gbps



Обзор основных компонентов платформы Cisco ASR 9000



Платформа Cisco ASR 9000



1.76 Тбит/с



3,52 Тбит/с

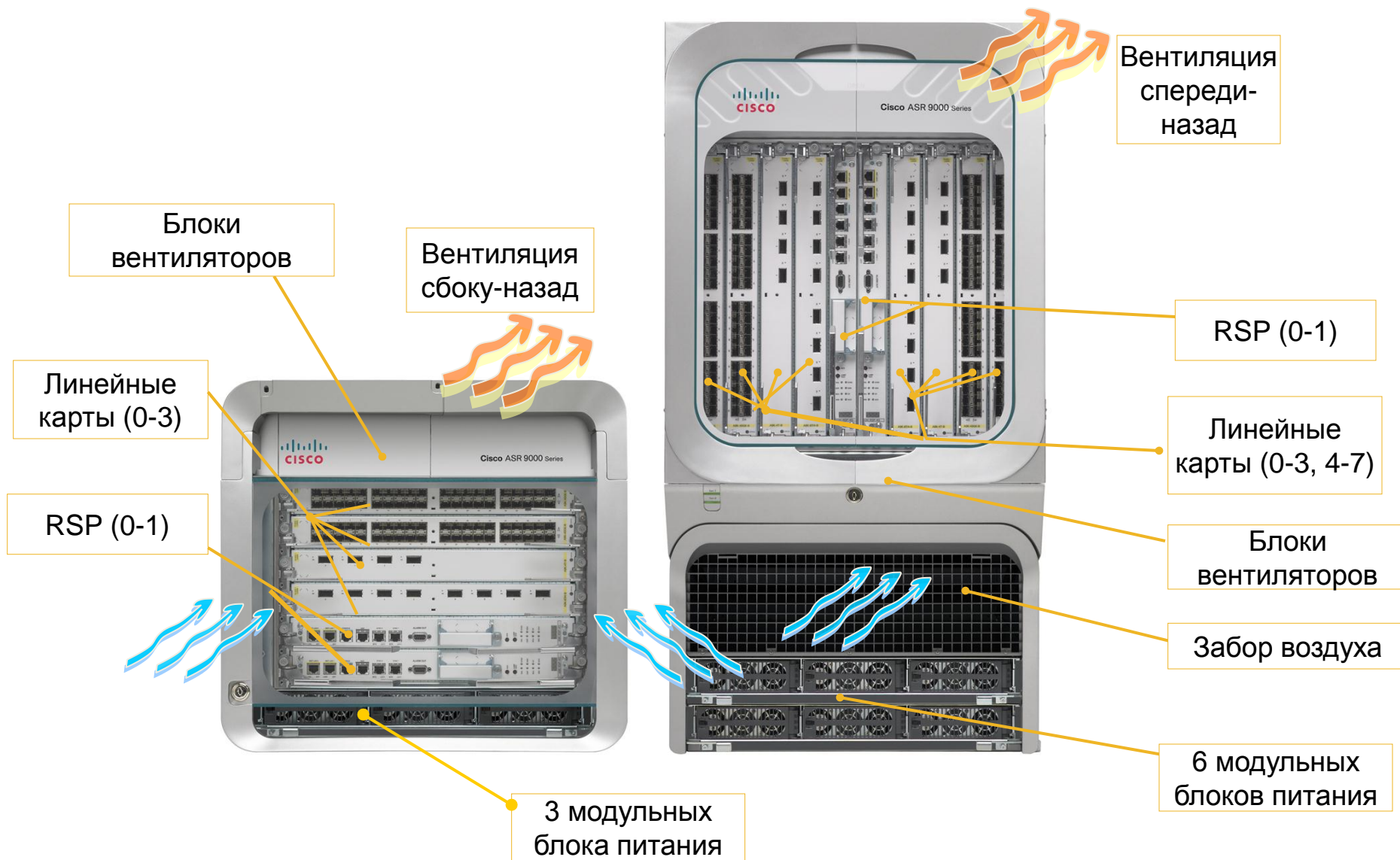


11 Тбит/с



| | ASR 9001 | ASR 9006 | ASR 9010 | ASR 9922 |
|----------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---|
| Полоса на слот | 120 Гбит/с на систему | 440Гбит/с на слот 4 LC слота | 440Гбит/с на слот 8 LC слотов | от 550Гбит/с до 1.2Тбит/с на слот 20 LC слотов |
| Размер | 2RU | 10RU | 21RU | 44RU |
| Питание | 750 Вт | До 6 кВт | До 9 кВт | До 24 кВт |
| Охлажд. | Сторона-сторона | Сторона-назад | Спереди-назад | Спереди-назад |
| Доступность | Выходит в 4.2.1 | Доступен | Доступен | Выходит в 4.2.2 |

Шасси ASR 9006 и ASR 9010



ASR 9000: Питание и вентиляция



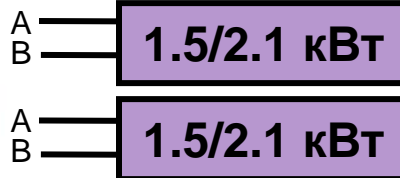
ASR 9010 Fan Tray



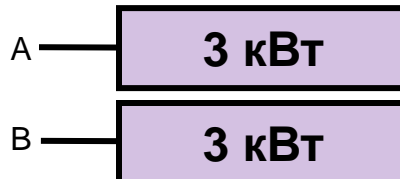
ASR 9006 Fan Tray

- Вентиляторы объединены в полки
- 2 полки в шасси (9006 и 9010)

DC БП



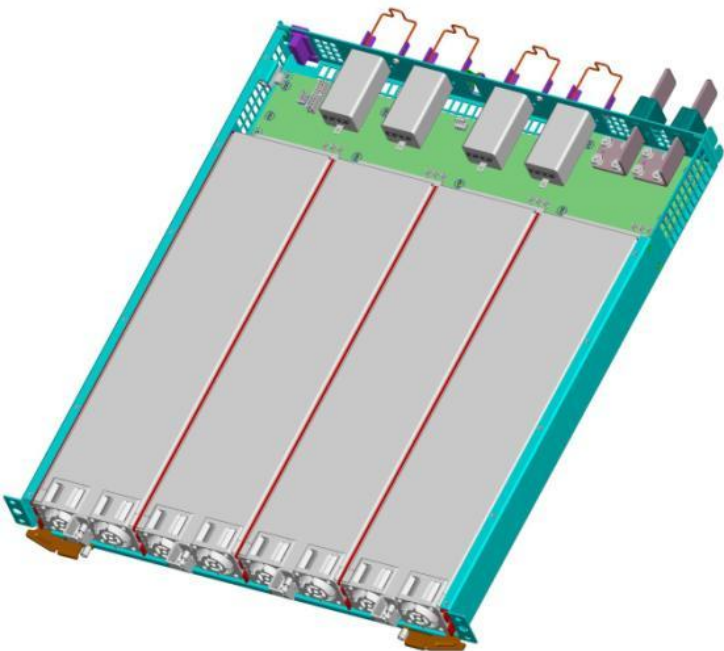
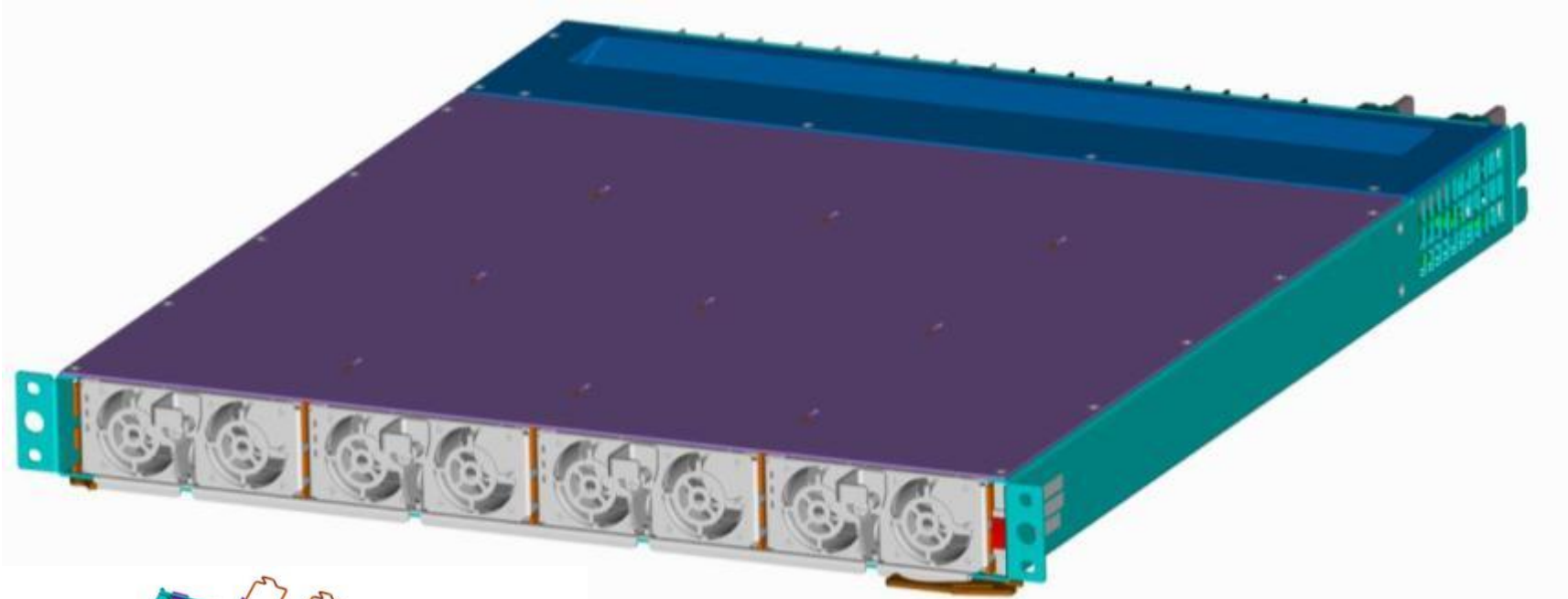
AC БП



Power Supply

- Одинаковые БП для 9006 и 9010
- До 3-х БП в 9006
- До 6 БП в 9010
- Потребление (максимальное):
 - 40G LC – 350 Вт
 - 80G LC – 650 Вт
- AC – 220В одна фаза
- DC – 40-72В

ASR 9000: Электропитание “v2”



DC БП

A
B

2.1 кВт

A
B

2.1 кВт

AC БП

A

3 кВт

B

3 кВт

- Одинаковые БП для 9006, 9010 и 9922
- До 4 БП в 9006
- До 8 БП в 9010
- До 12 DC или 16 AC в 9922
- AC – 220В одна фаза
- DC – 40-72В два ввода

ASR9k: Новый модуль управления RSP440

| | RSP2 | RSP440 |
|---|--|---|
| Процессор (CPU) | Freescape 8641D CPU 2 Core @ 1.333GHz | Intel x86 Jasper Forest 4 Core @ 2.27 GHz |
| Оперативная память (RAM) | 4GB 8GB @ 533MHz DDR2 | 6GB (RSP440-TR) 12GB (RSP440-SE) @ 1066MHz DDR3 |
| Кэш память CPU | L1: 32KB L2: 1MB | L1: 32KB per Core L2: 8MB shared |
| Основное устройство хранения данных | 4GB - FLASH | 16GB - SSD |
| Дополнительное устройство хранения данных | 30GB - HDD | 16GB - SSD |
| USB 2.0 port | Нет | Есть |
| nV Cluster – порты для кластеризации | Нет | Есть, 2 x 1G/10G SFP+ |
| Полоса пропускания матрицы коммутации | 92Гбит/с на слот 184Гбит/с на слот (с двумя активными RSP) | 220Гбит/с на слот 440Гбит/с на слот (с двумя активными RSP) |



RSP440

RSP440 – Внешний вид

1G/10G SFP+
Порты для nV

USB Type A

LEDs
Status, Alarm



Synchronization ports

BITS/J.211
Sync 0, Sync 1
RJ45

Console

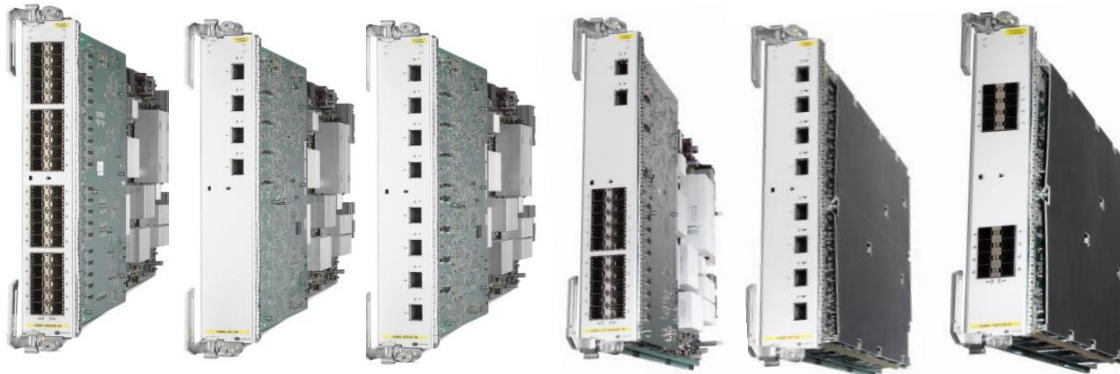
**Management
Ethernet**

Aux

ASR 9K Линейные карты

Существующие LC

-L, -B, -E



A9K-40G

A9K-4T

A9K-8T/4

A9K-2T20G

A9K-8T

A9K-16T/8

-TR, -SE

Новое поколение LC



A9K-24x10GE

A9K-2x100GE



A9K-MOD80

A9K-MOD160



A9K-36x10GE



MPA:
20x1GE
2x10GE
4x10GE
1x40GE
2x40GE

Масштабируемость линейных карт по основным параметрам*

| Metric | Low Queue L | Medium Queue B | High Queue E | |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------|
| MAC Addresses | 512k (128k/32k) | 512k (128k/32k) | 512k (128k/32k) | Общее |
| IPv4 Routes | 512k (1M/1,3M) | 512k (1M/1,3M) | 512k (1M/1,3M) | |
| VRFs | 4k | 4k | 4k | |
| Adjacency (ARP table) | 128k | 128k | 128k | |
| Bridge Domains/VFI | 8k | 8k | 8k | |
| EFPs (Subif) | 4k | 16k | 32k | Различия |
| Subif(L2+L3)/NPU | 4k | 4k | 8k | |
| Ingress Queues (40G 80G) | 8/port | 32k 64k | 128k 256k | |
| Egress Queues (40G 80G) | 8/port | 64k 128k | 256k 512k | |
| Policers (In+Out) (40G 80G) | 8k 16k | 64k 128k | 256k 512k | |
| Packet Buffer | 50ms | 50ms | 150ms | |

*Может зависеть от версии ПО

Масштабируемость НОВЫХ линейных карт по основным параметрам*

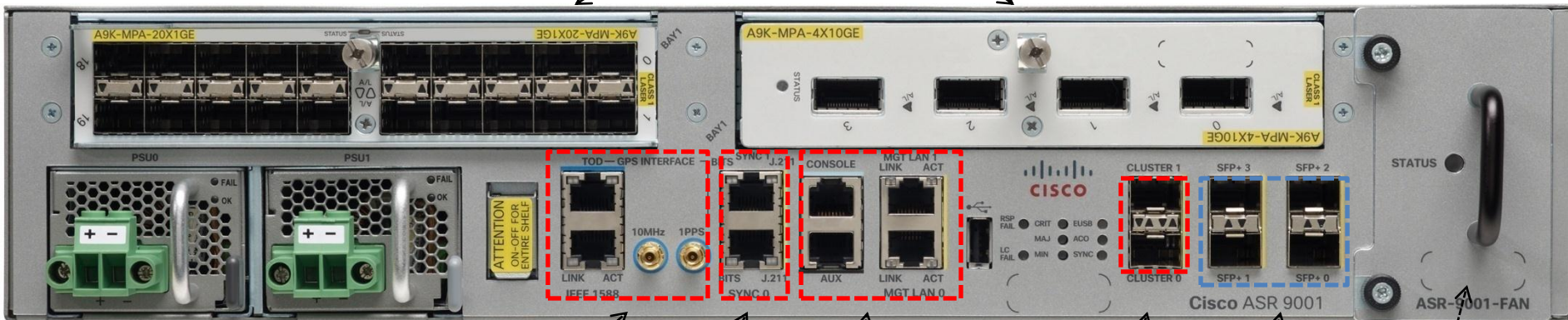
| Metric | Low Queue -TR | High Queue -SE |
|--------------------|------------------|-------------------|
| MAC Addresses | 2M | 2M |
| IPv4 Routes | 4M | 4M |
| VRFs | 8k | 8k |
| Bridge Domains/VFI | 64k | 64k |
| PW | 128k | 128k |
| L3 interfaces | 8k | 20k |
| L2 AC | 16k | 64k |
| Queues | 8/port | 512k |

Общее

Различия

Система ASR 9001

Два отсека для модулей MPA
Поддерживаемые модули: 20xGE, 2/4x10GE, 1x40GE (4.2.2*)



Два БП
(AC или DC)

Синхронизация

BITS

Console, Aux,
Management

Порты для nV
(2xSFP+)

4x10G SFP+

Блок
вентиляторов

Система ASR 9922

Слоты

- 20 слотов для LC
- 2 выделенных слота для RP
- Отдельные слоты для карт матрицы
- N+1 резервирование матрицы

Размеры

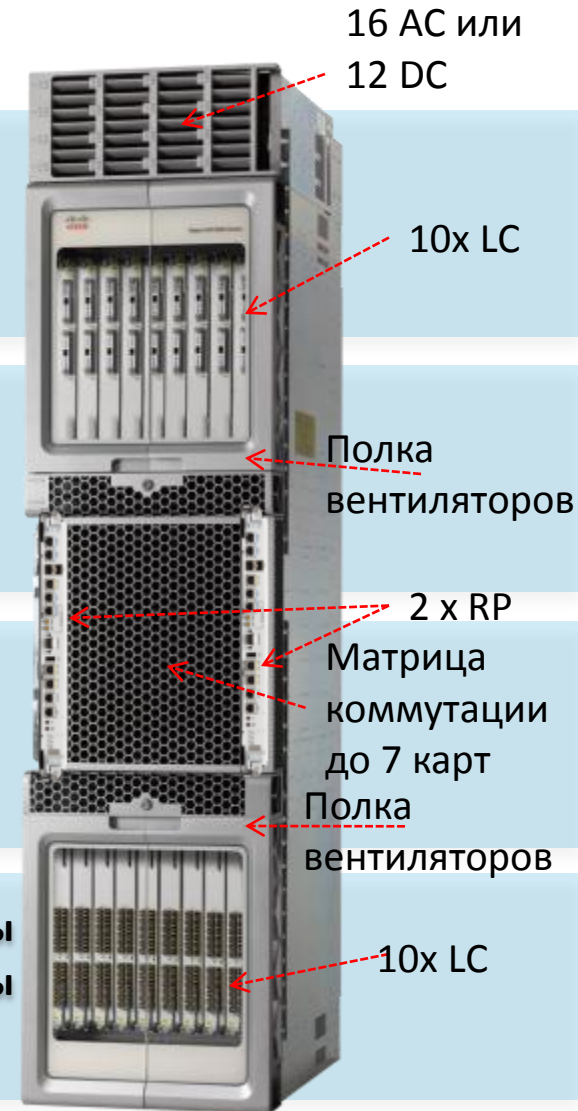
- Высота: 44 RU (AC и DC)
- Глубина: 30.0" (800mm)
- Ширина: 17.75" (19" стойка)

Питание

- AC и DC модульные БП
- ~30Вт на один порт 10GE

Производительность

- 550Гбит/с на слот при 5 картах матрицы
- 770Гбит/с на слот при 7 картах матрицы
- В перспективе новые LC и матрицы



Поддержка оптических интерфейсов

- GE: SFP (T, SX, LX, ZX)
- 10GE: SFP+ и XFP
 - XFP (для LC до 8x10GE) : SR, LR, ZR, DWDM, CWDM, Tunable DWDM
- SFP+ (для LC высокой плотности): SR, LR, ZR



Поддержка оптических интерфейсов 40/100GE

- ASR9k 40GE: QSFP
 - LR4 и SR4 в 4.2.1



- ASR9k 100GE: CFP
 - LR4 в 4.2.0, SR10 в 4.2.1

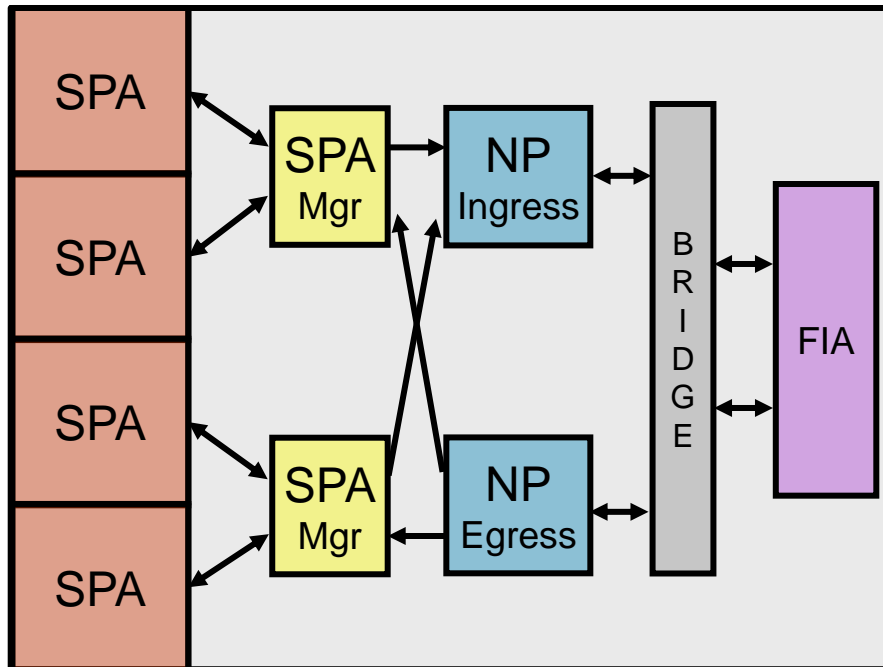


ASR9000: SIP 700

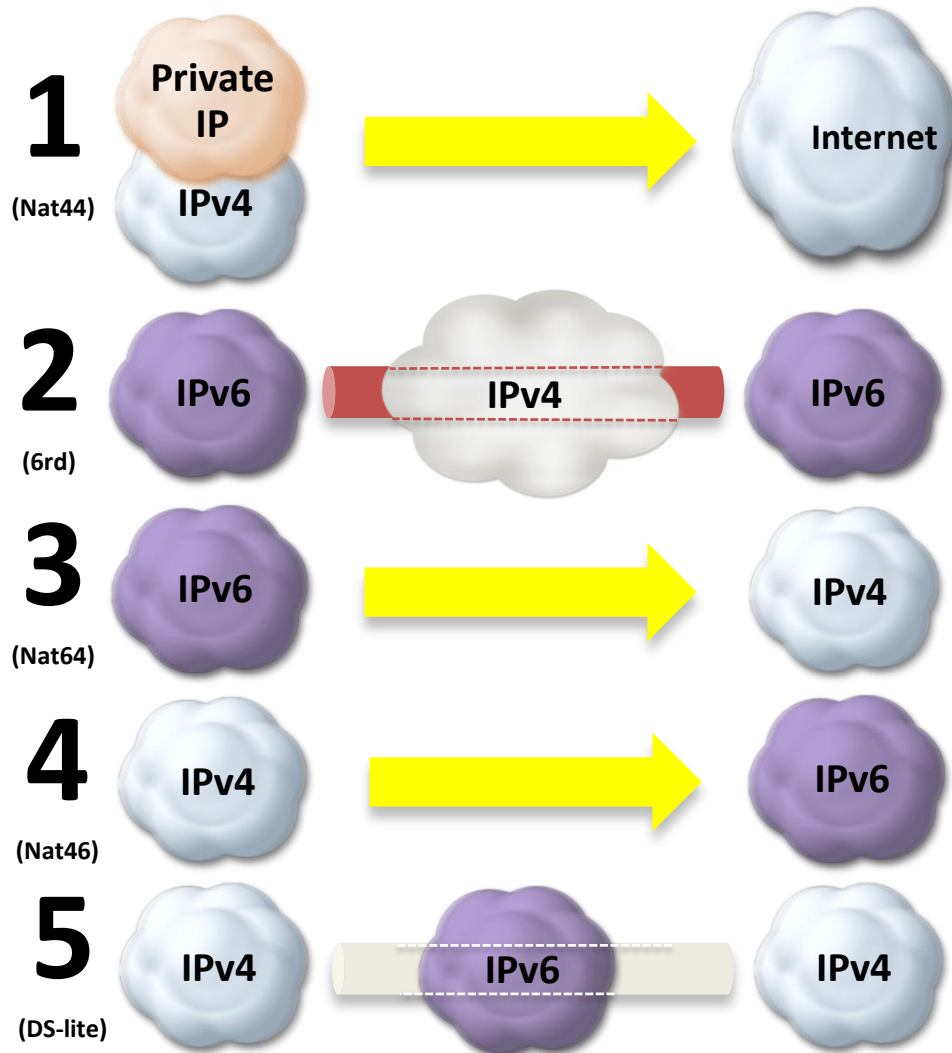
Поддержка “не-Ethernet” интерфейсов

SPA interface Processor (SIP) для ASR9000

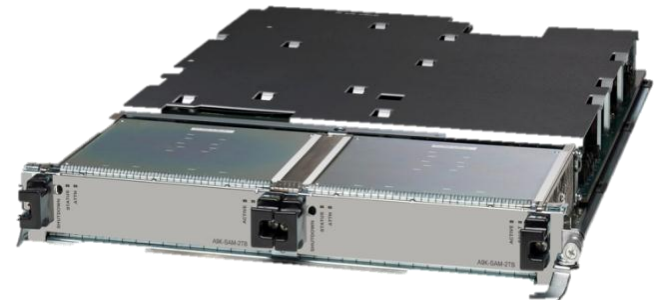
- Поддержка интерфейсов от ChE1/T1 до STM-64 с использованием кроссплатформенных SPA
- Производительность до 20Гбит/с
- SIP основан на базе Quantum Flow Processor (QFP)



Модуль ISM - функциональность CGN



Cisco ASR 9000 ISM



- ✓ 20 миллионов трансляций
- ✓ 1М трансляций в секунду
- ✓ Порядка 15 Гбит/с производительности на ISM

Новые системы и компоненты

| Part Number | Target Release |
|----------------|----------------|
| ASR 9001 | 4.2.1 |
| ASR 9000v | 4.2.1 |
| ASR 9922 | 4.2.2* |
| A9K-24x10GE-SE | 4.2.0 |
| A9K-24x10GE-TR | 4.2.0 |
| A9K-2x100GE-SE | 4.2.0 |
| A9K-2x100GE-TR | 4.2.0 |
| A9K-36x10GE-SE | 4.2.2* |
| A9K-36x10GE-TR | 4.2.2* |

| Part Number | Target Release |
|----------------|----------------|
| A9K-RSP440-SE | 4.2.0 |
| A9K-RSP440-TR | 4.2.0 |
| A9K-MOD80-SE | 4.2.0 |
| A9K-MOD80-TR | 4.2.0 |
| A9K-MOD160-SE | 4.2.1 |
| A9K-MOD160-TR | 4.2.1 |
| A9K-MPA-2x10GE | 4.2.1 |
| A9K-MPA-4x10GE | 4.2.0 |
| A9K-MPA-20x1GE | 4.2.0 |
| A9K-MPA-1x40GE | 4.2.2* |
| A9K-MPA-2x40GE | 4.2.1 |

Архитектура платформы ASR9000



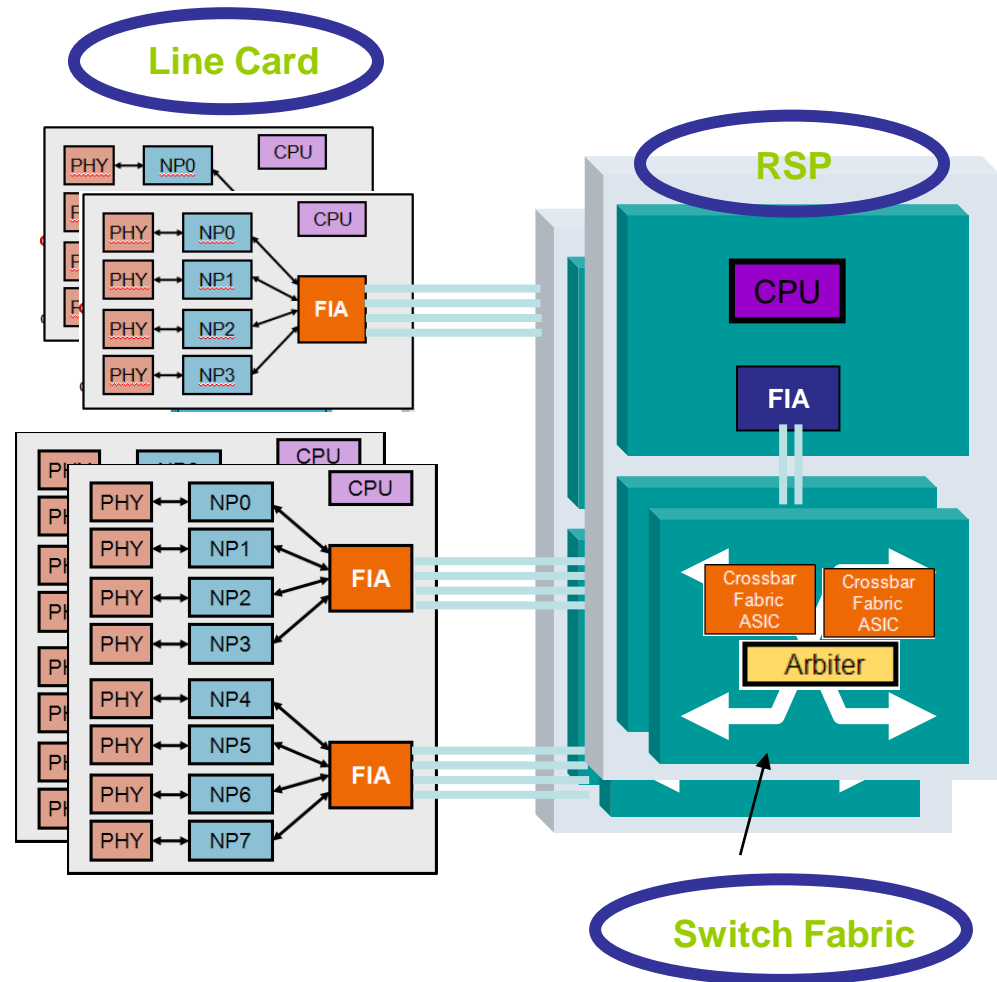
Архитектура ASR 9000

Полностью распределенная архитектура

- Обработка пакетов на NPU линейных карт
- Control plane распределён между RSP и LC CPU
- L2 протоколы, BFD, CFM, ARP, Netflow и т.д. выполняются на LC CPU

IOS-XR:

- Построена на микроядре
- Модульность, поддержка SMU
- Отказоустойчивость, SSO, NSF/NSR

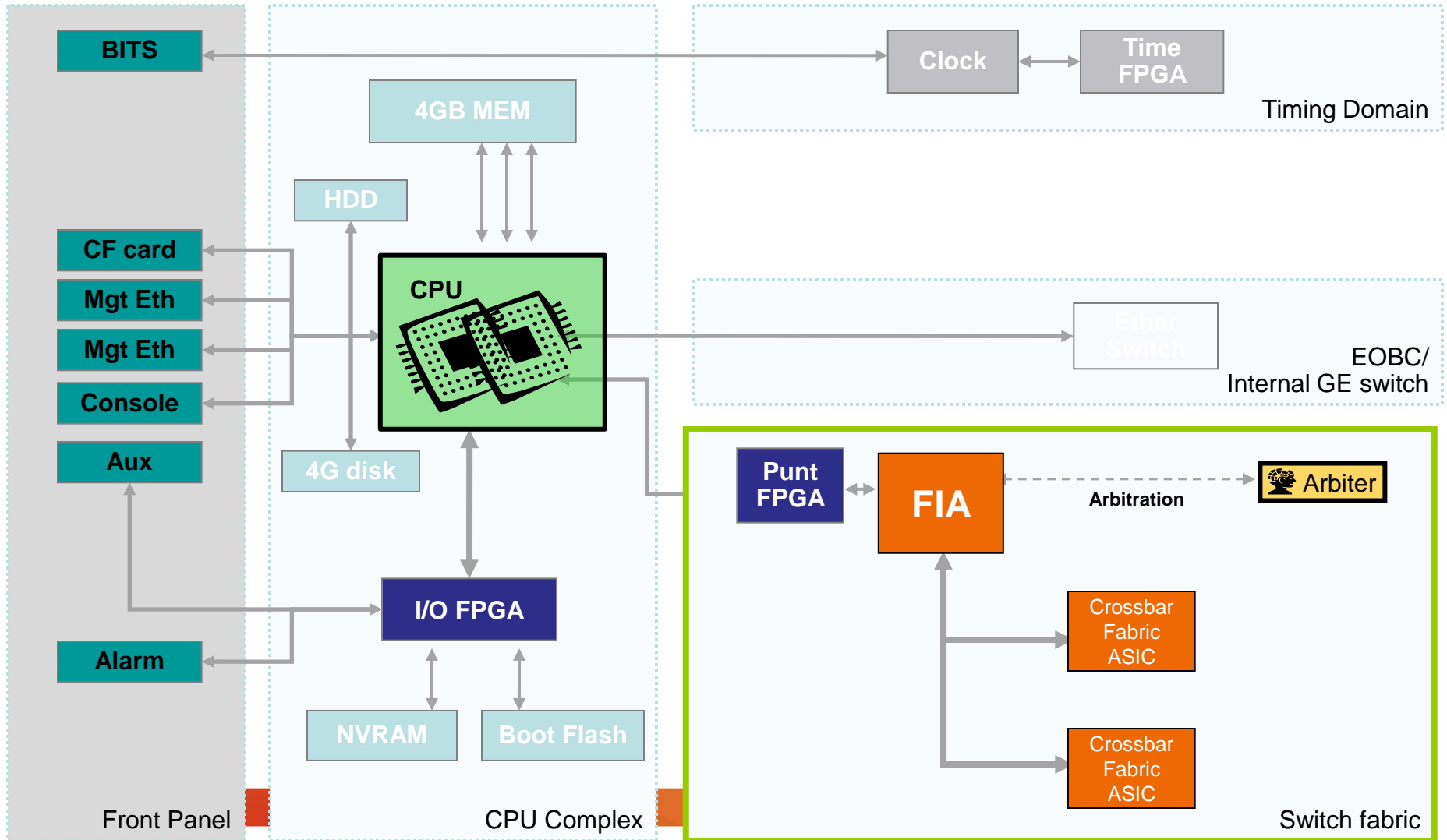


Матрица коммутации (Active-Active)

- Поддержка QoS
- Репликация multicast
- Балансировка нагрузки

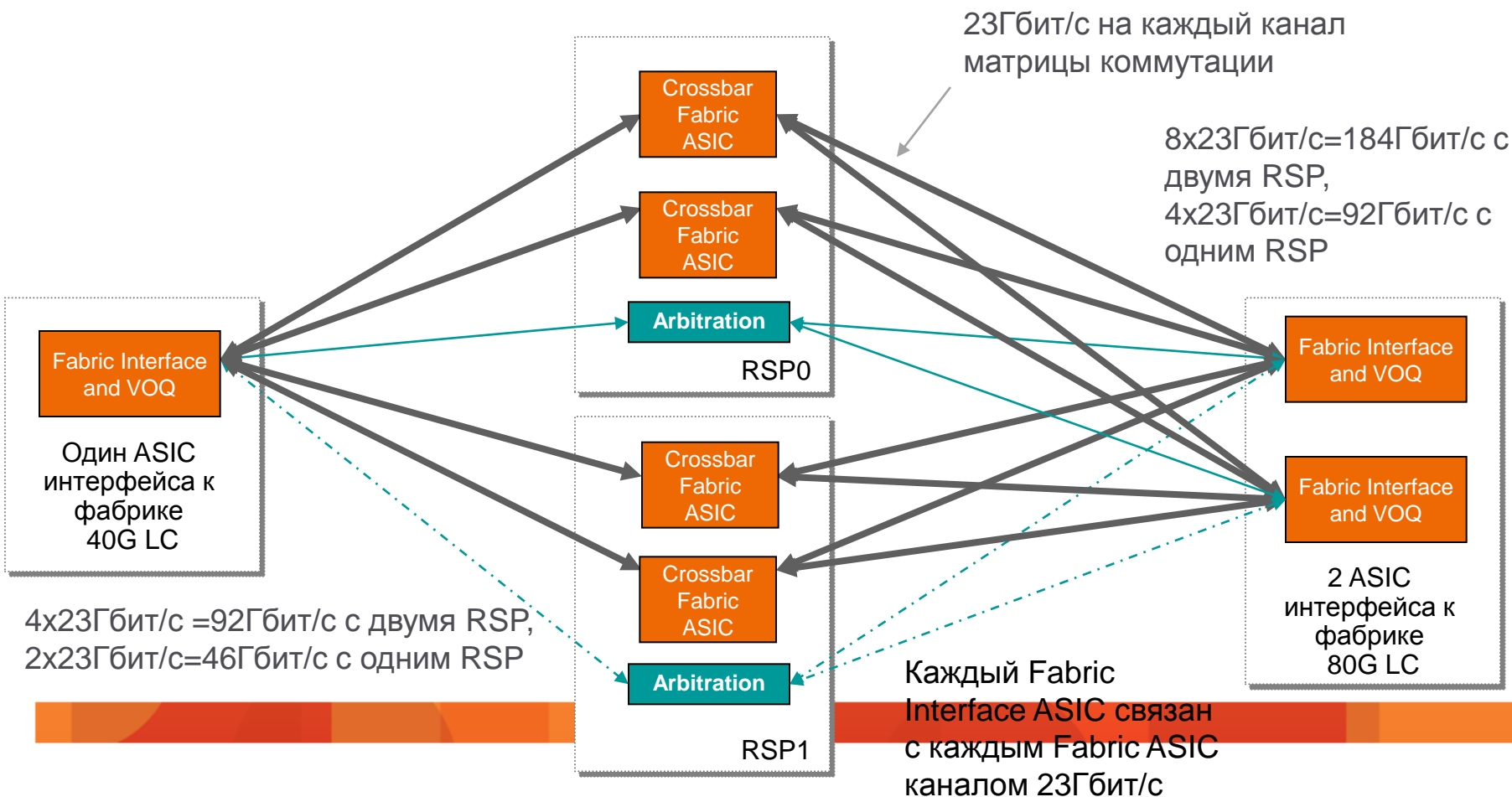
ASR9000: RSP

Компоненты модуля управления (на примере RSP2)

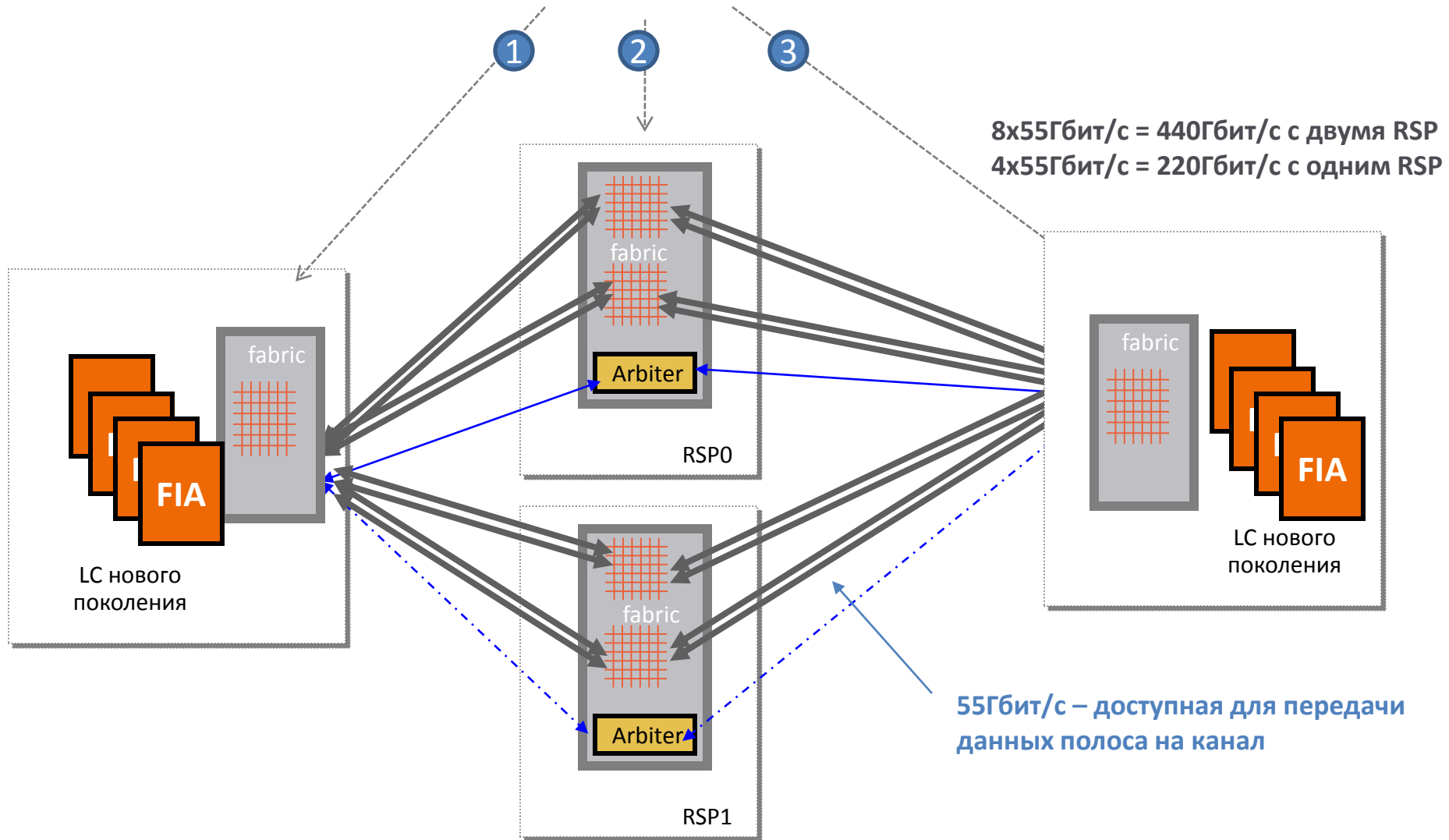


ASR9000: матрица коммутации

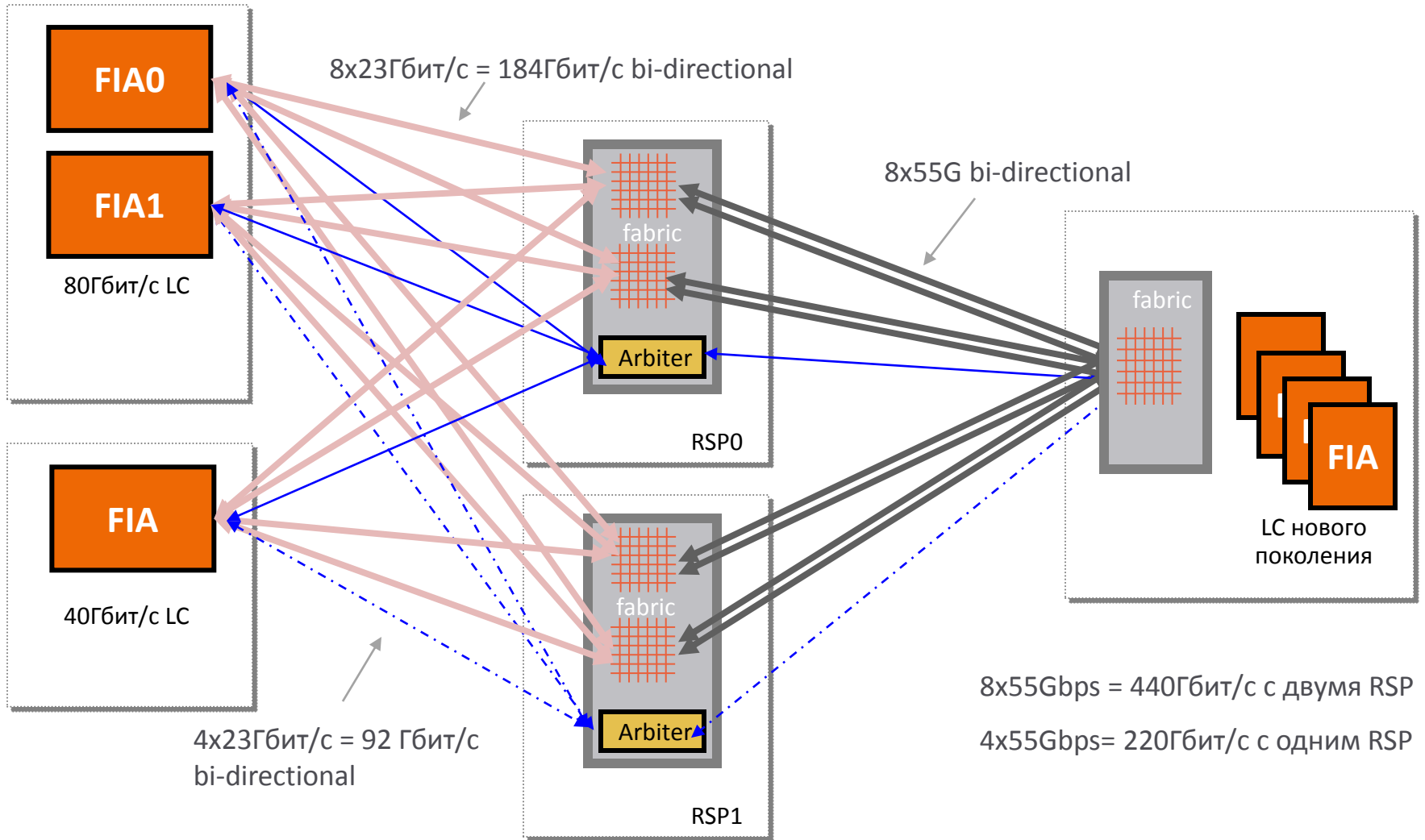
- Физически располагается на RSP
- Матрица коммутации логически разделена от RP
- RSP подключается к матрице коммутации так же как и линейные карты
- Арбитраж и пути прохождения пакетов разнесены
- Каждая линейная карта подключается и использует обе матрицы коммутации



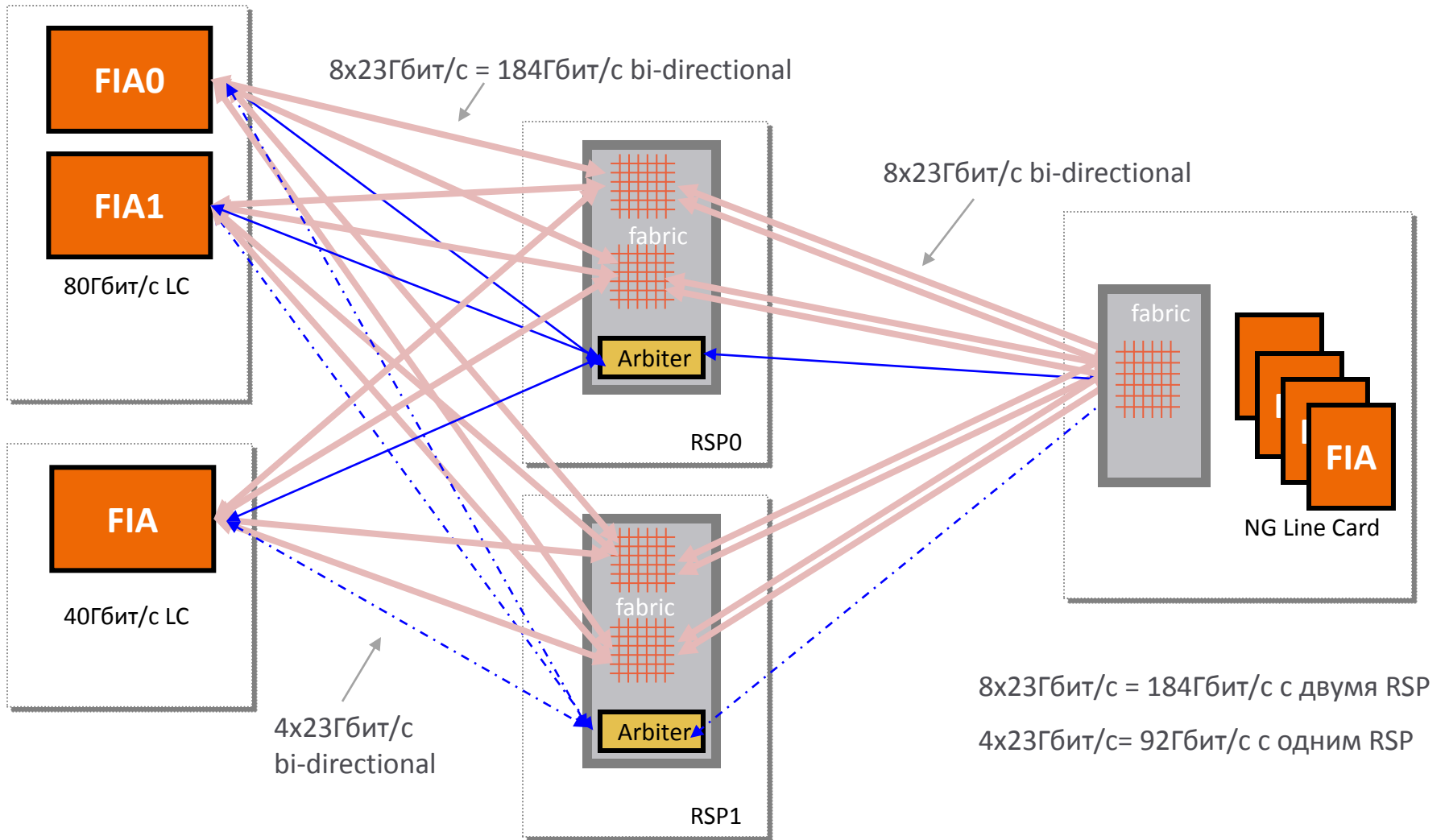
ASR9000 матрица коммутации 2-го поколения: 3-Stage Fabric (LC 2-го поколения и RSP440)



Матрица коммутации: обратная совместимость

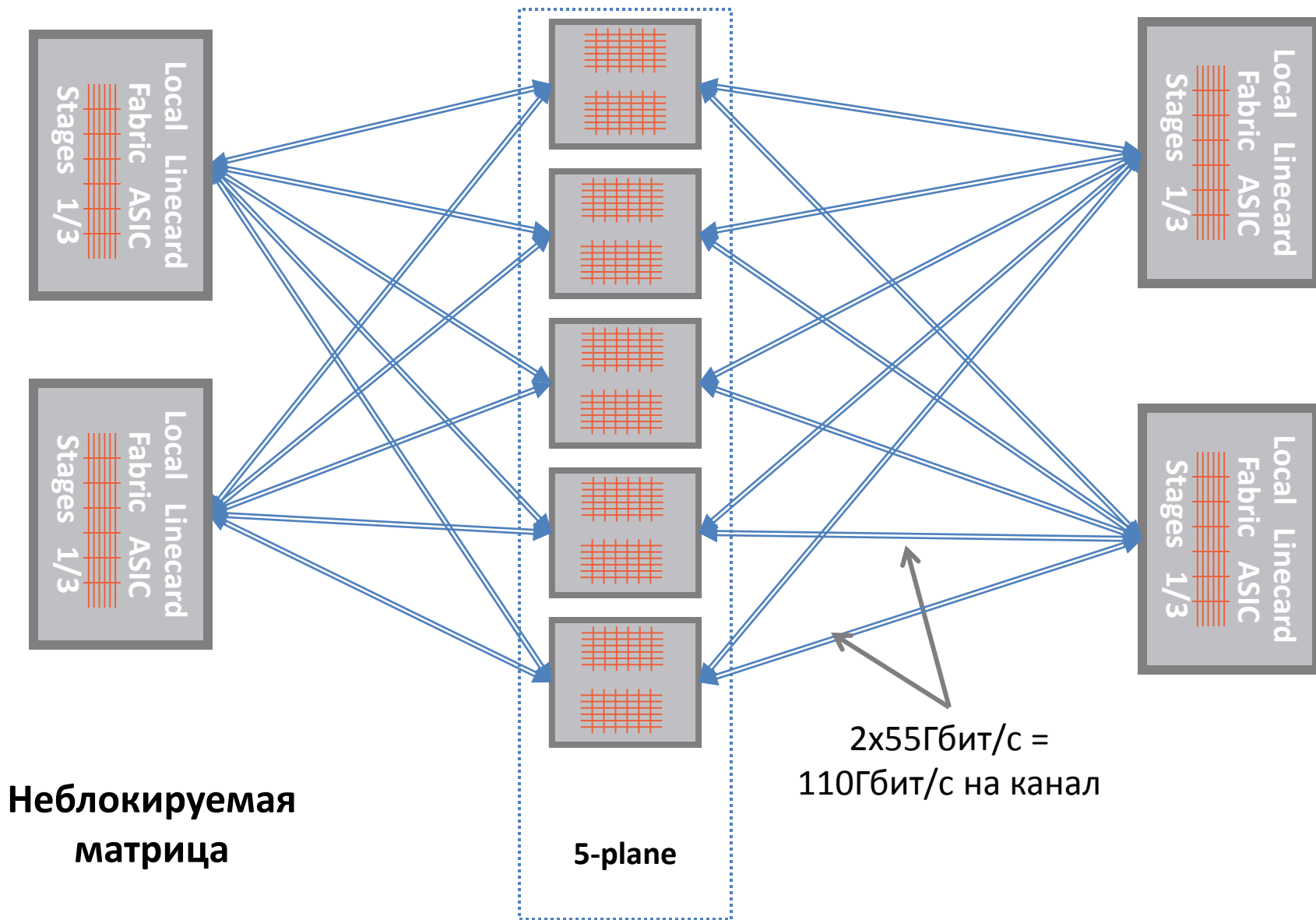


Матрица коммутации: совместимость существующих матриц с новыми картами



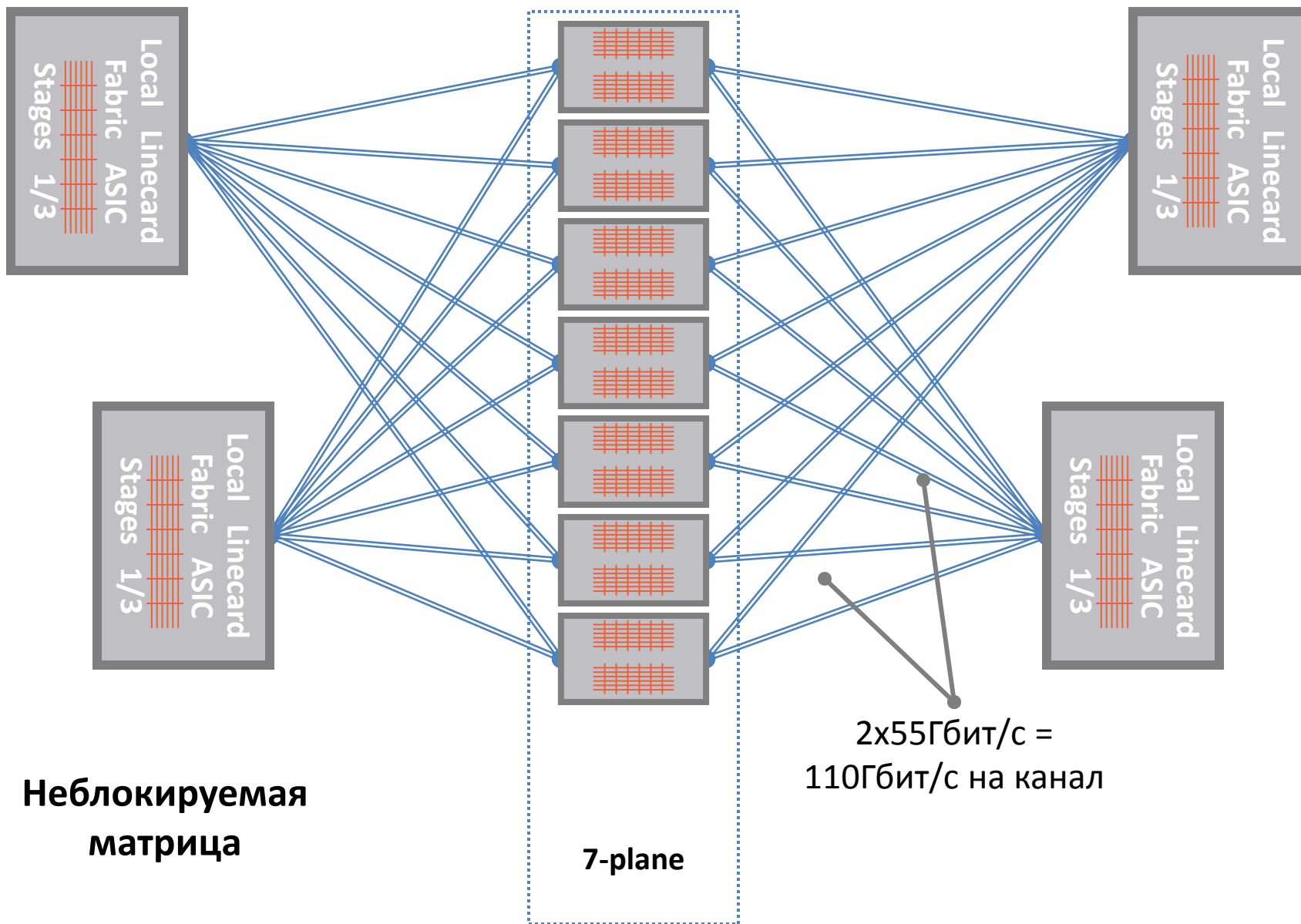
ASR 9922: архитектура матрицы

5-plane system

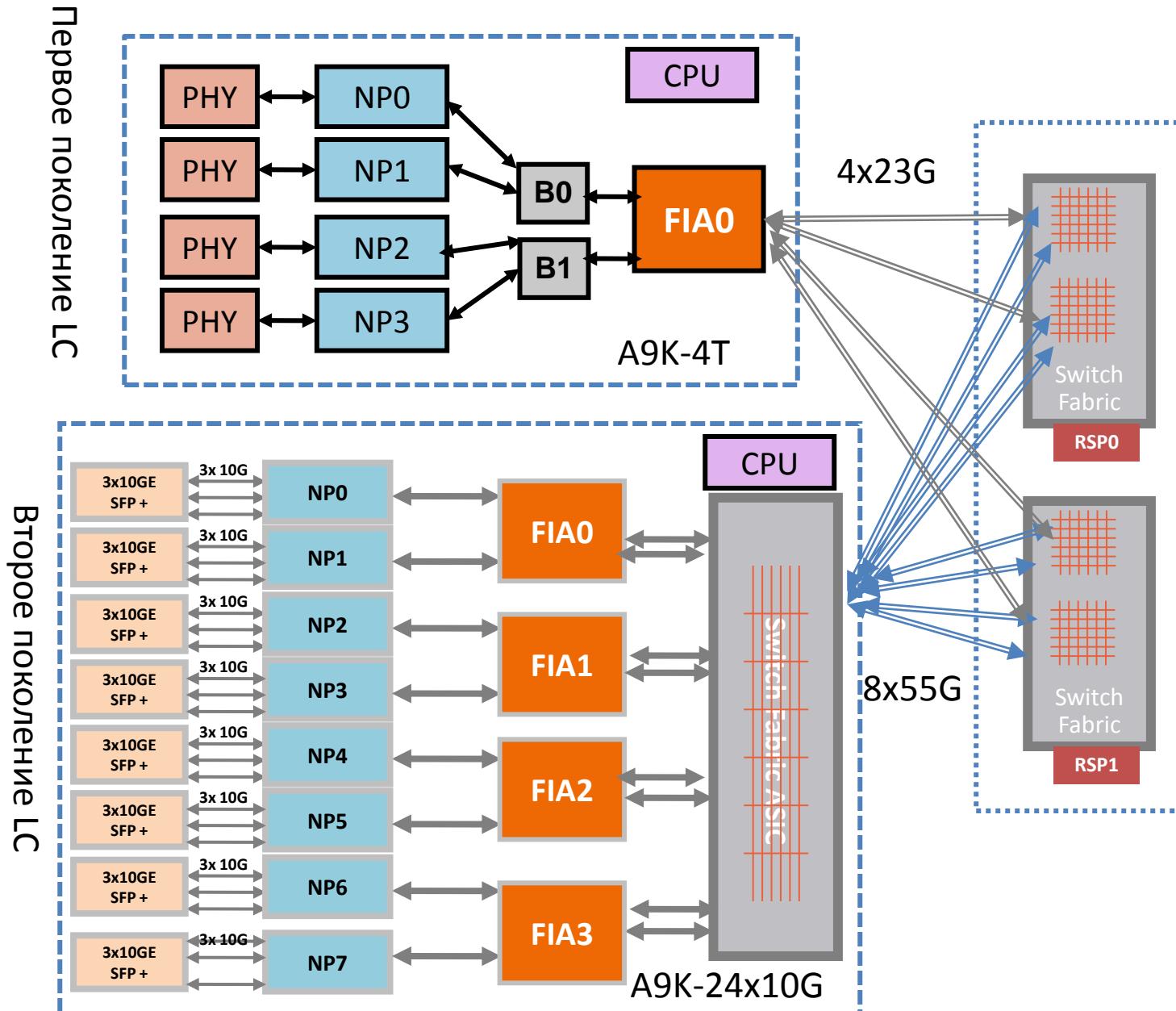


ASR 9922: архитектура матрицы 7-plane system

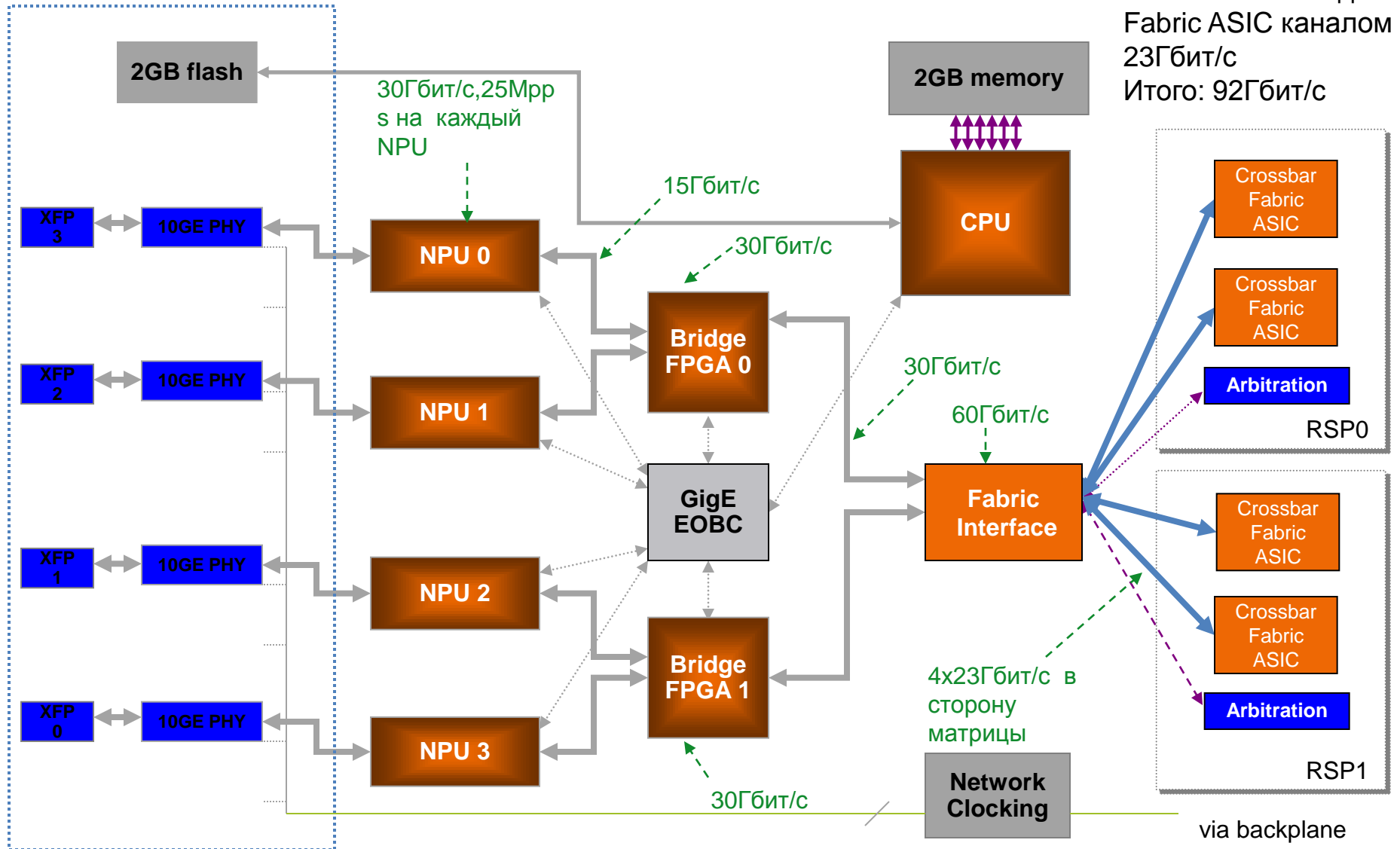
В перспективе



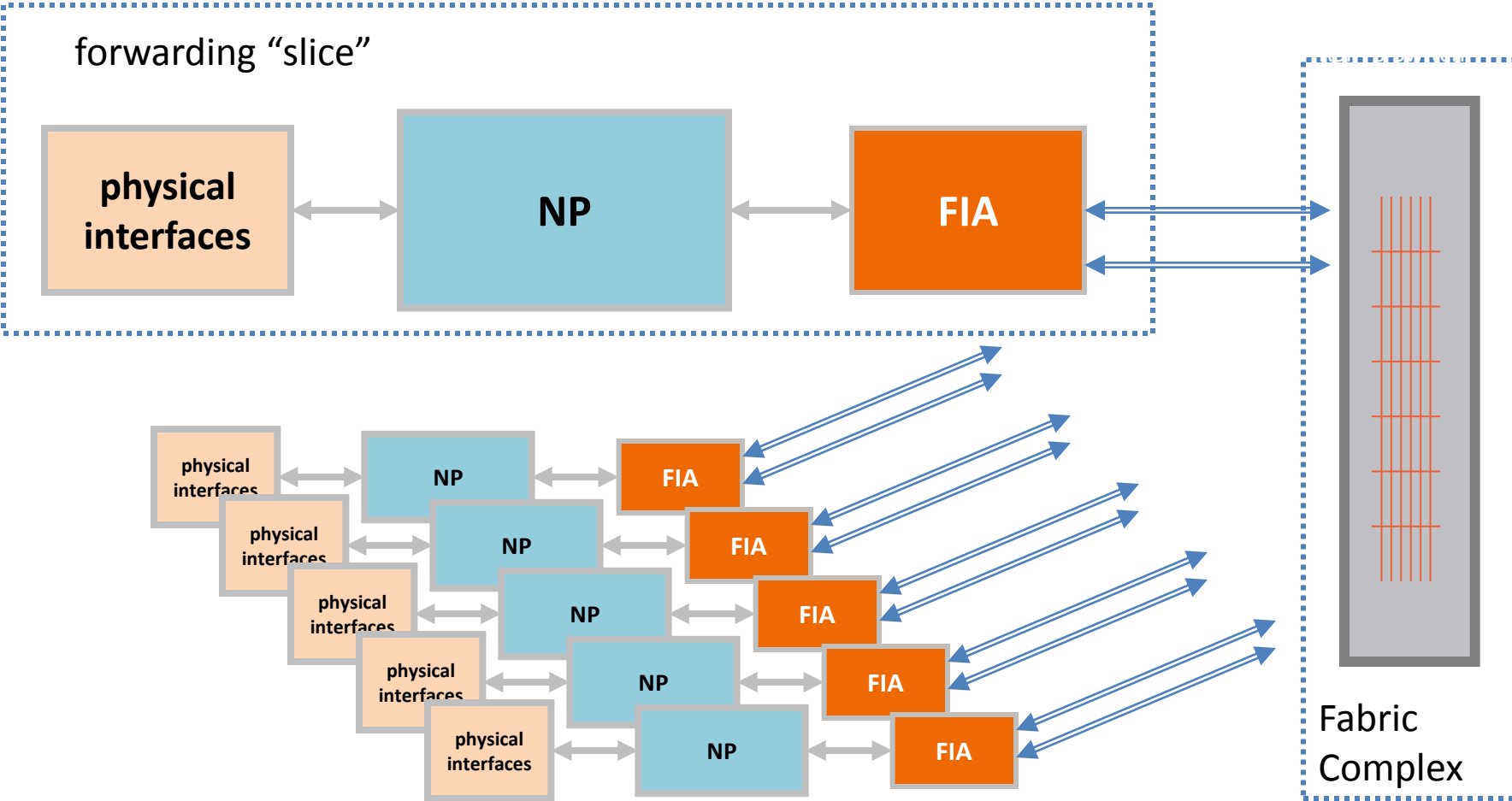
Обзор архитектуры LC



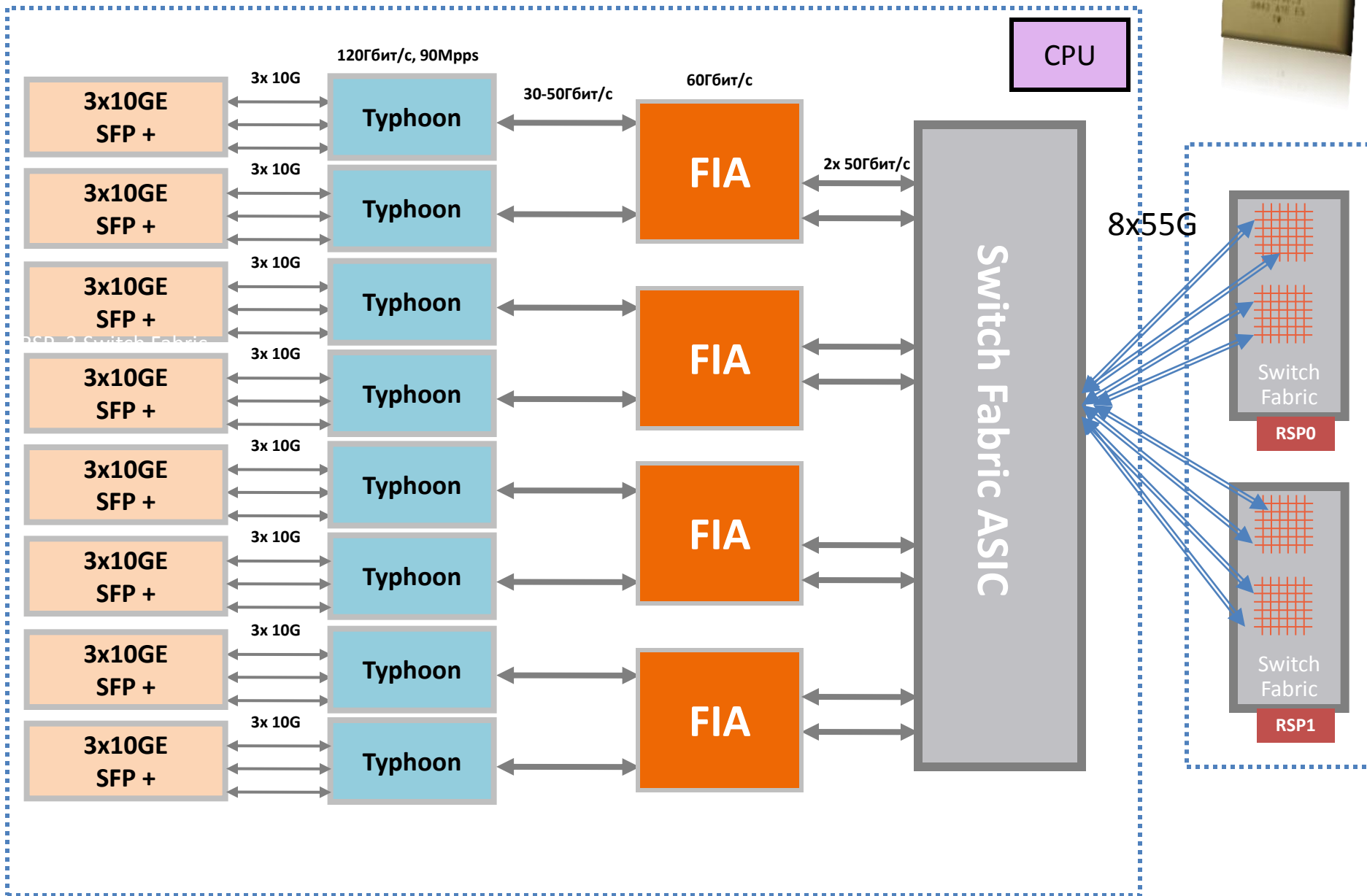
ASR9000: линейная карта A9K-4T (4x10GE)



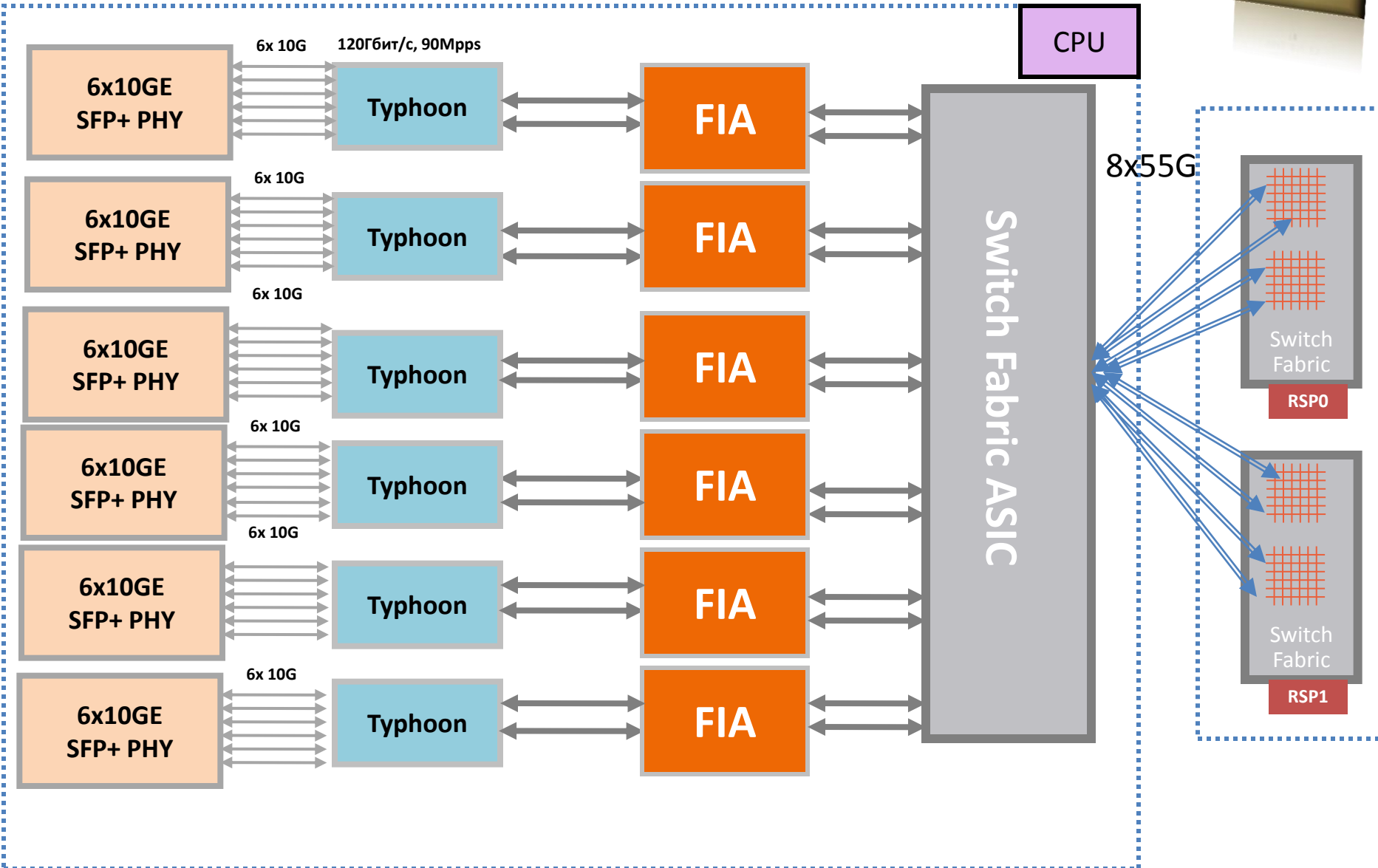
Архитектура LC второго поколения: типовой элемент



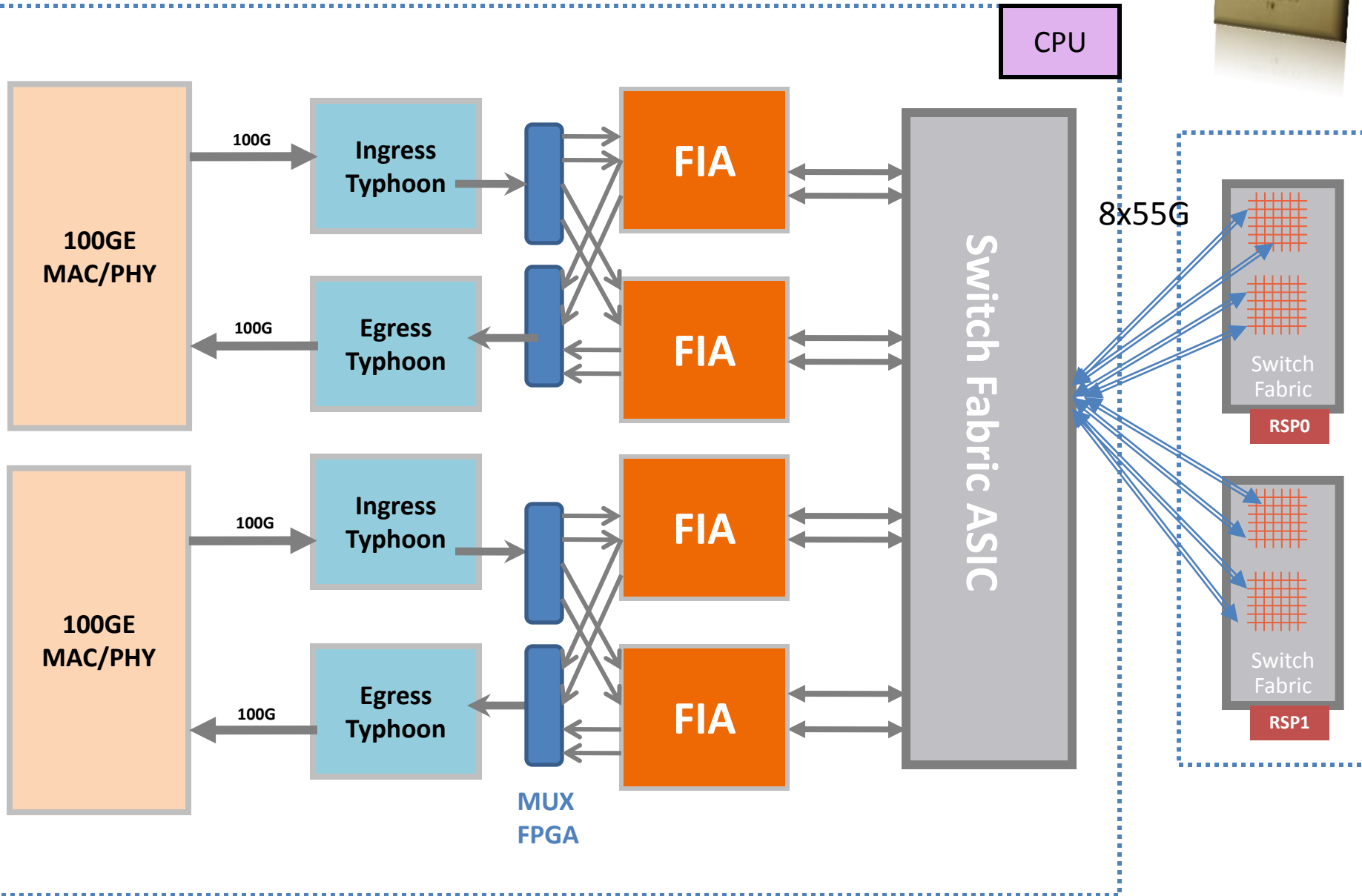
ASR 9000: архитектура карты 24x10G



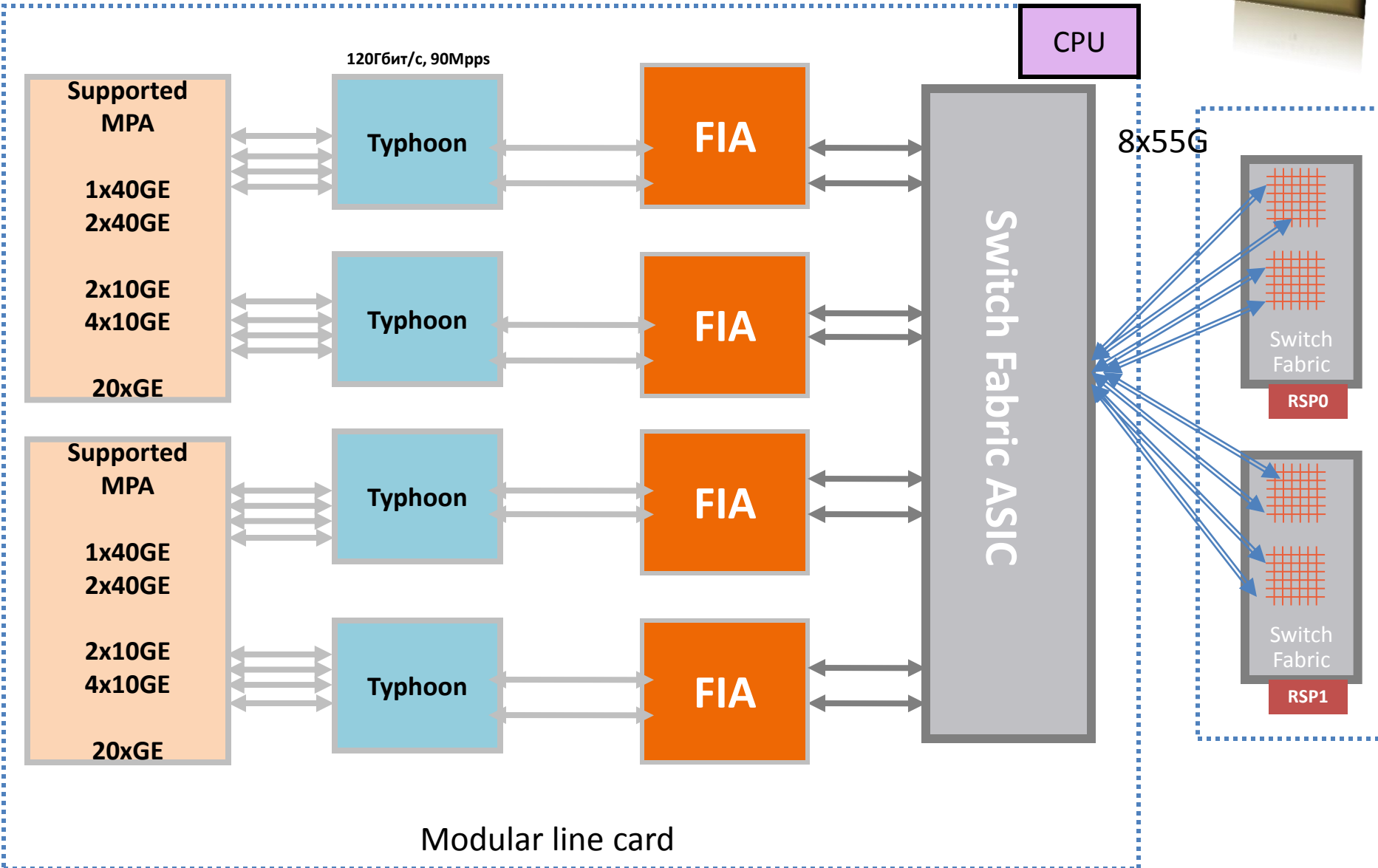
ASR 9000: архитектура карты 36x10G



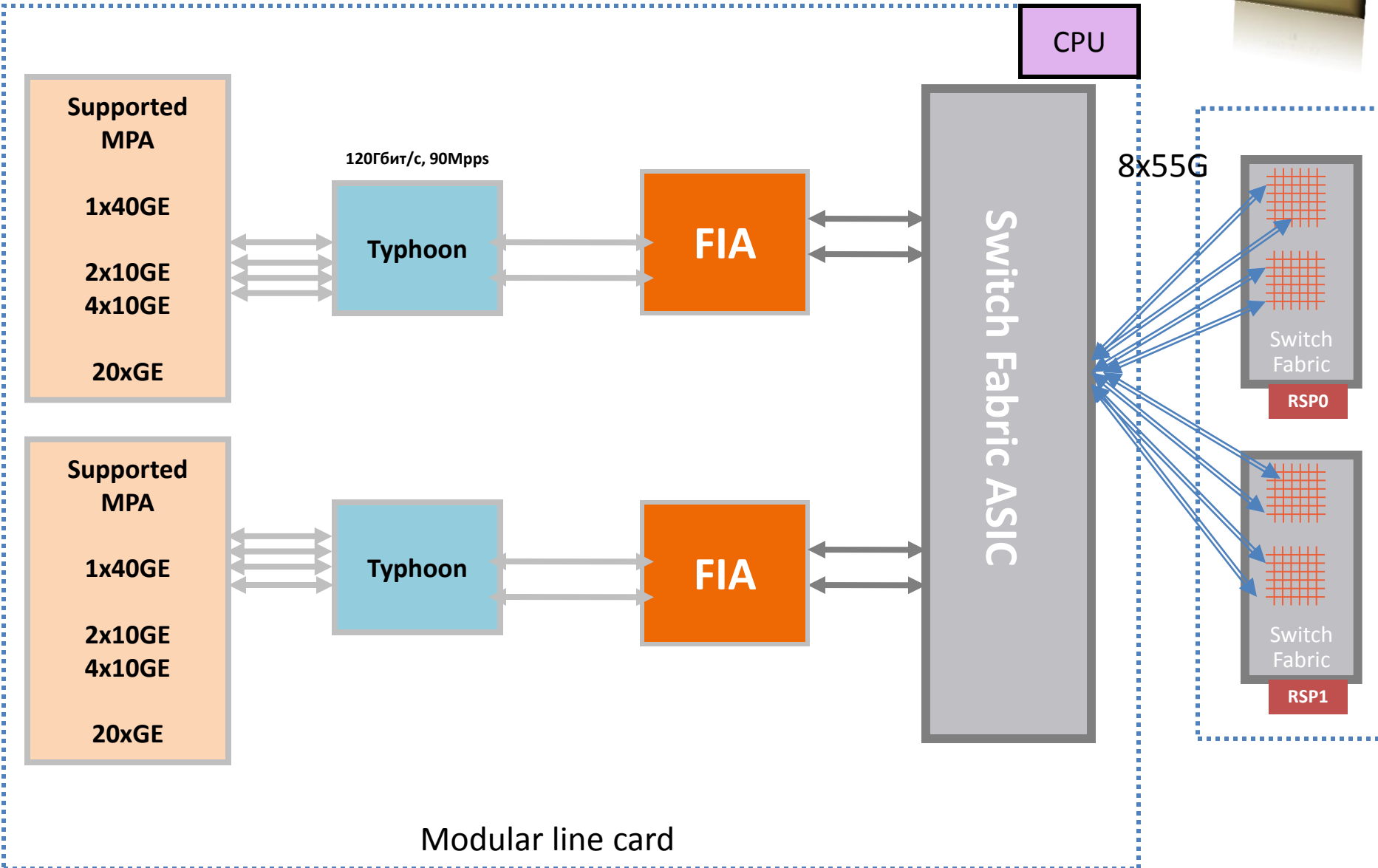
ASR 9000: архитектура карты 2x100G



ASR 9000: архитектура модульной карты MOD160

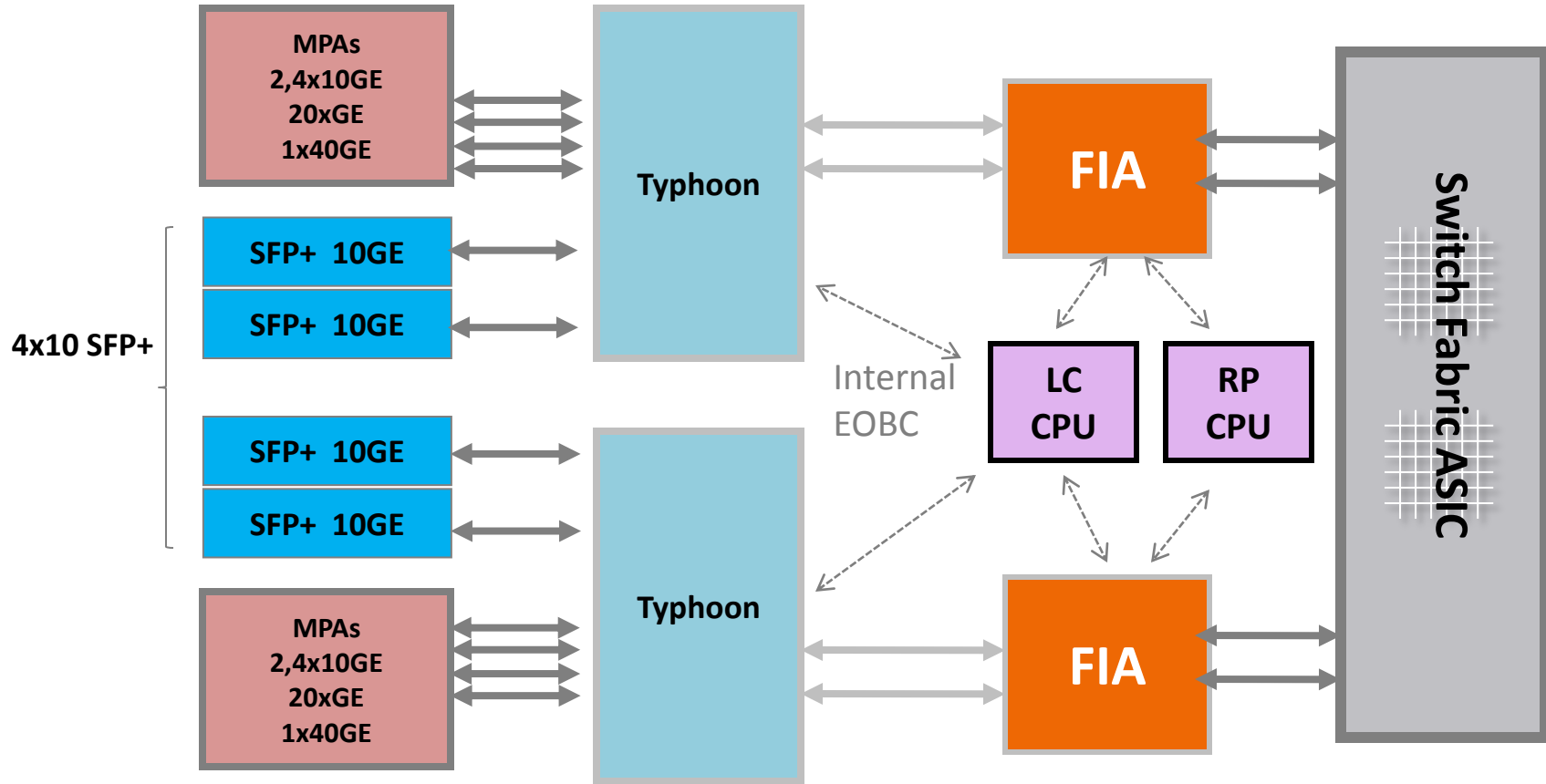


ASR 9000: архитектура модульной карты MOD80



Modular line card

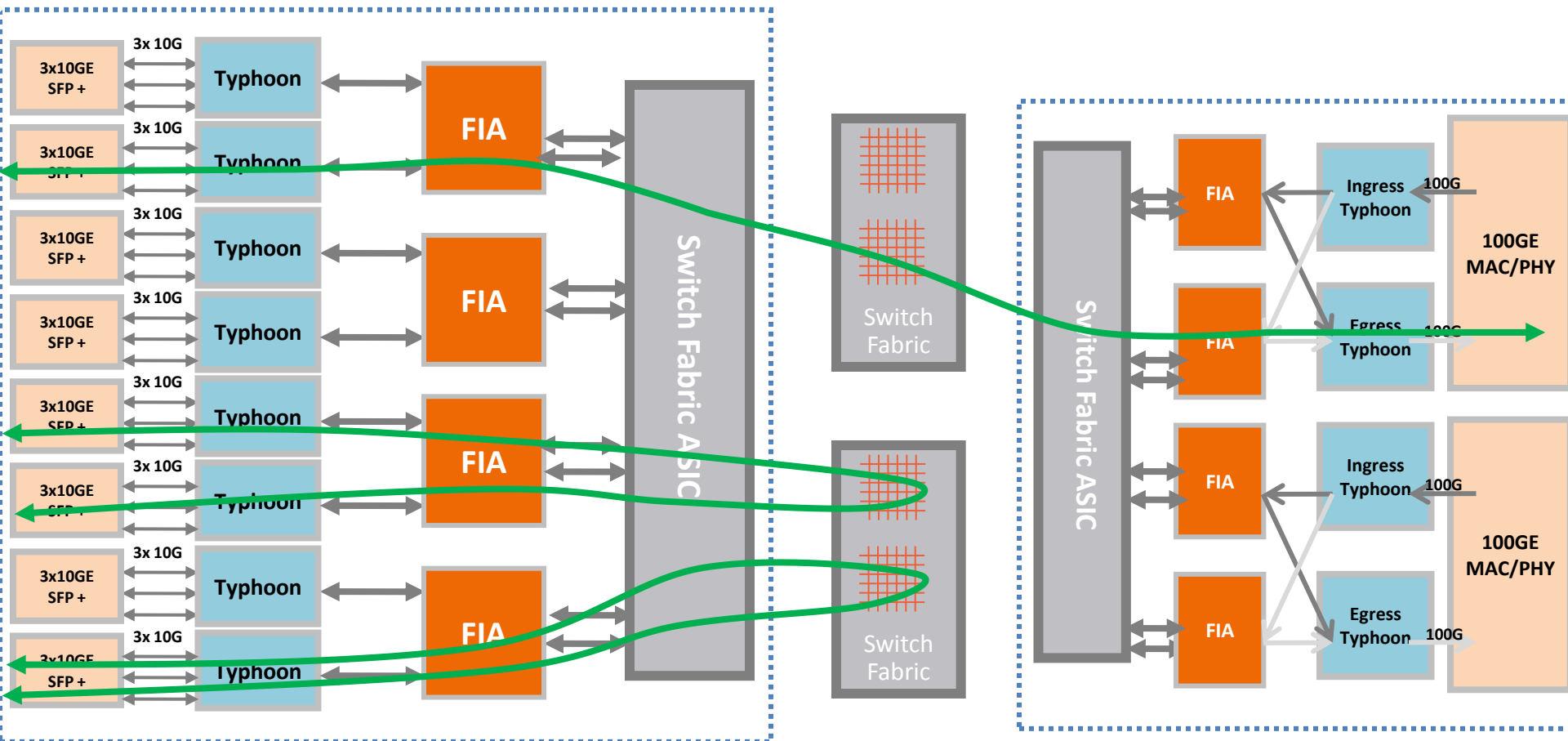
ASR 9001: обзор архитектуры



Один день из жизни пакета

NP производят lookup на входе и выходе

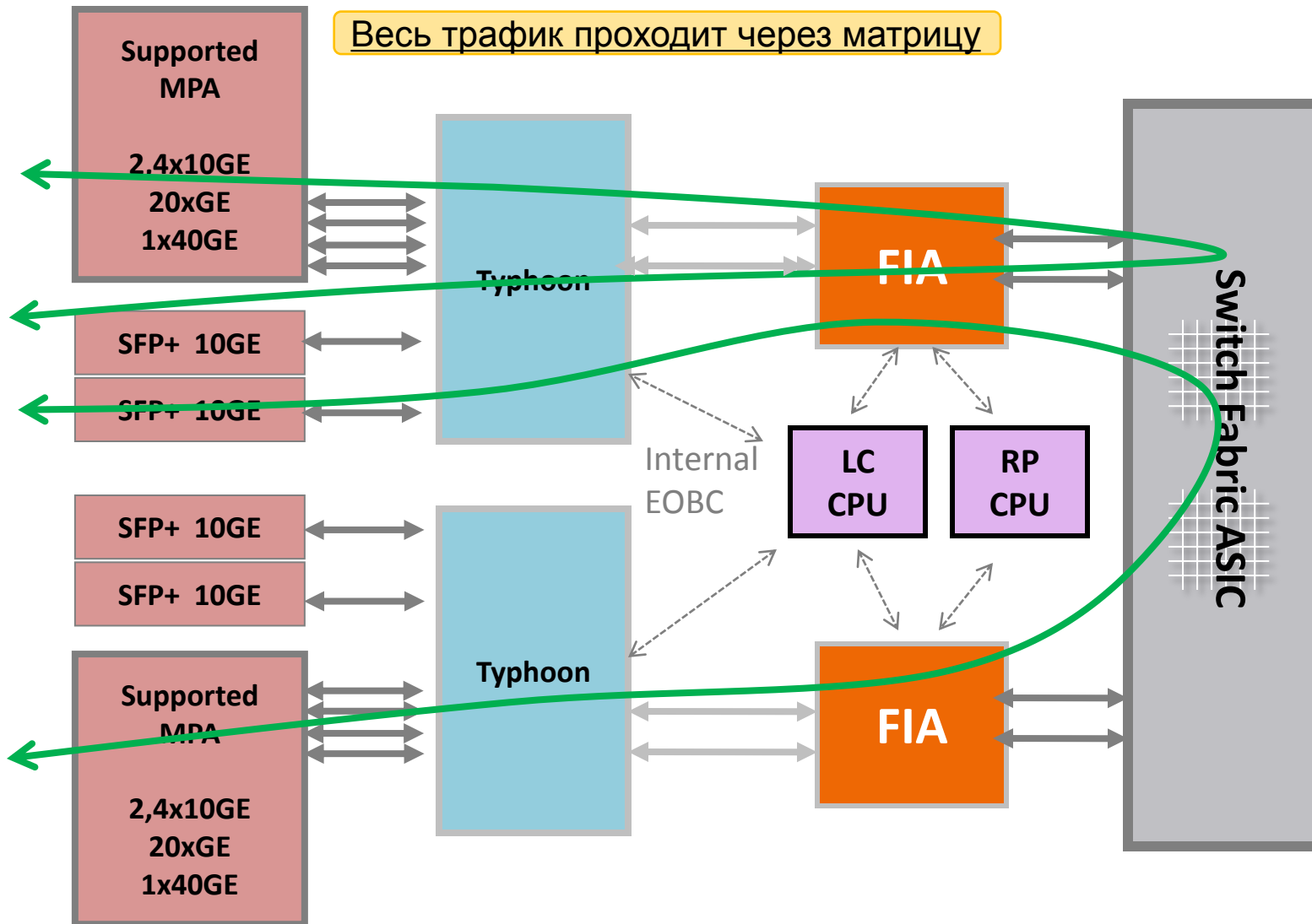
Весь трафик проходит через матрицу



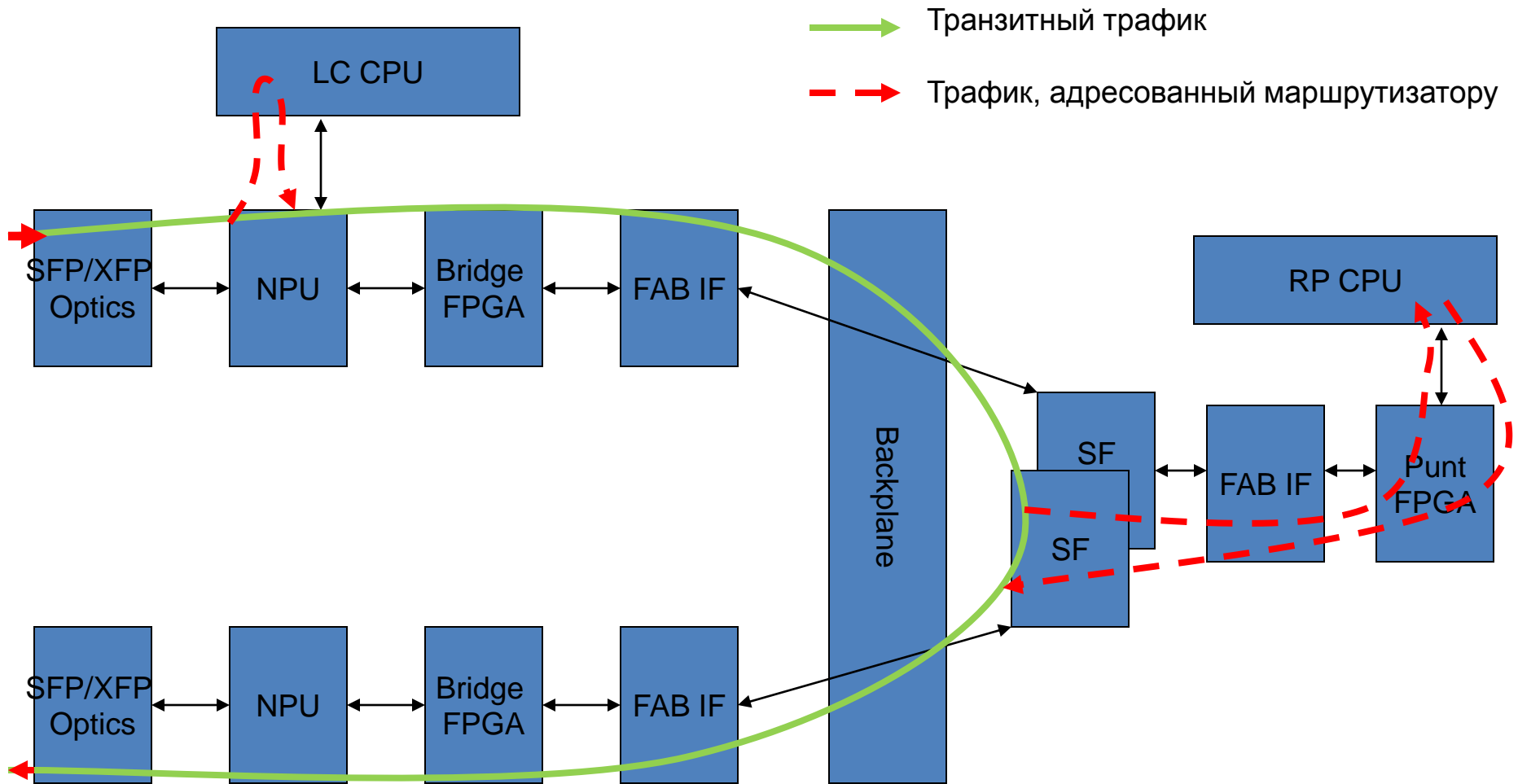
ASR 9001: один день из жизни пакета

NP производят lookup на входе и выходе

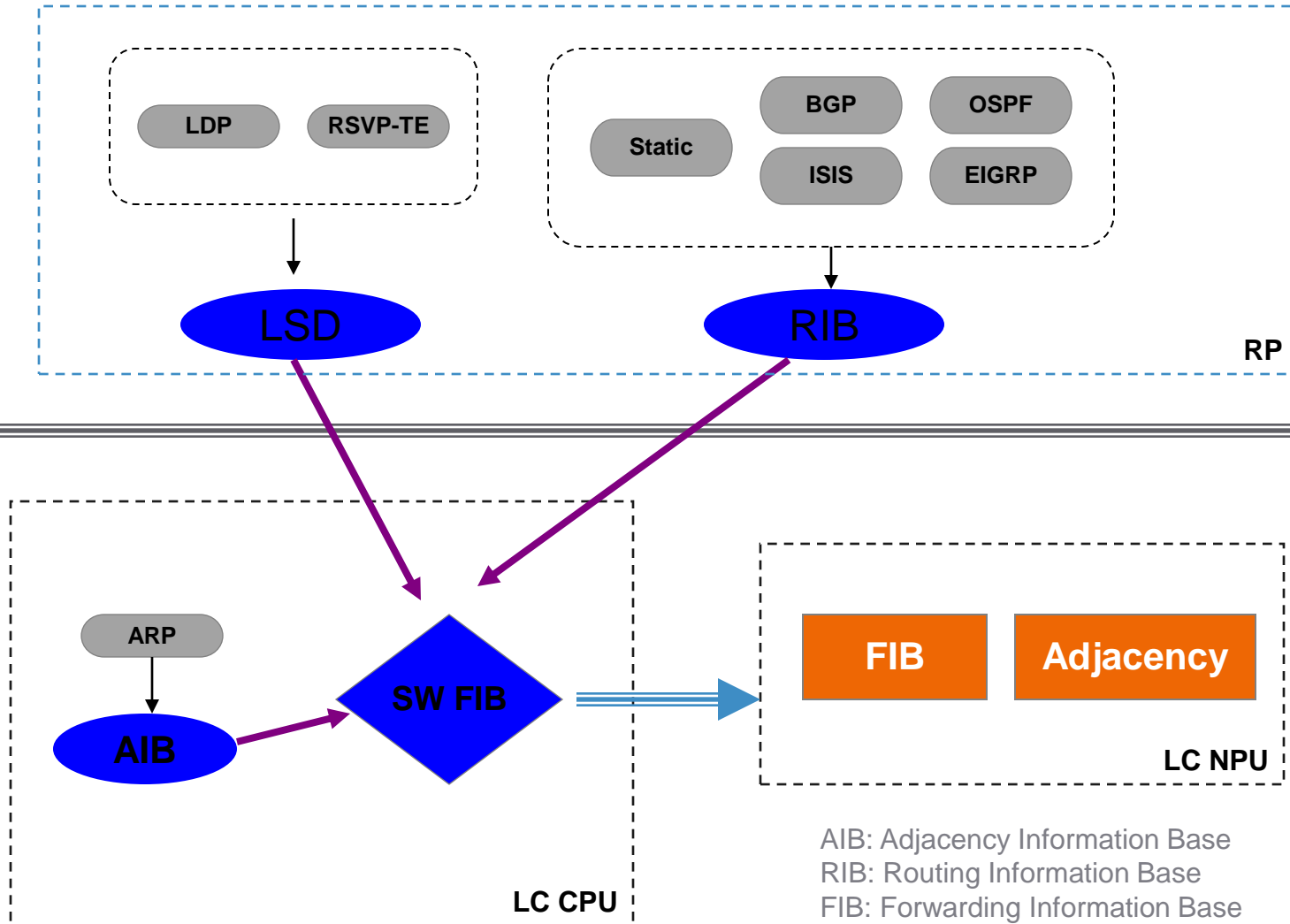
Весь трафик проходит через матрицу



ASR9000: Control Plane и Data Plane трафик



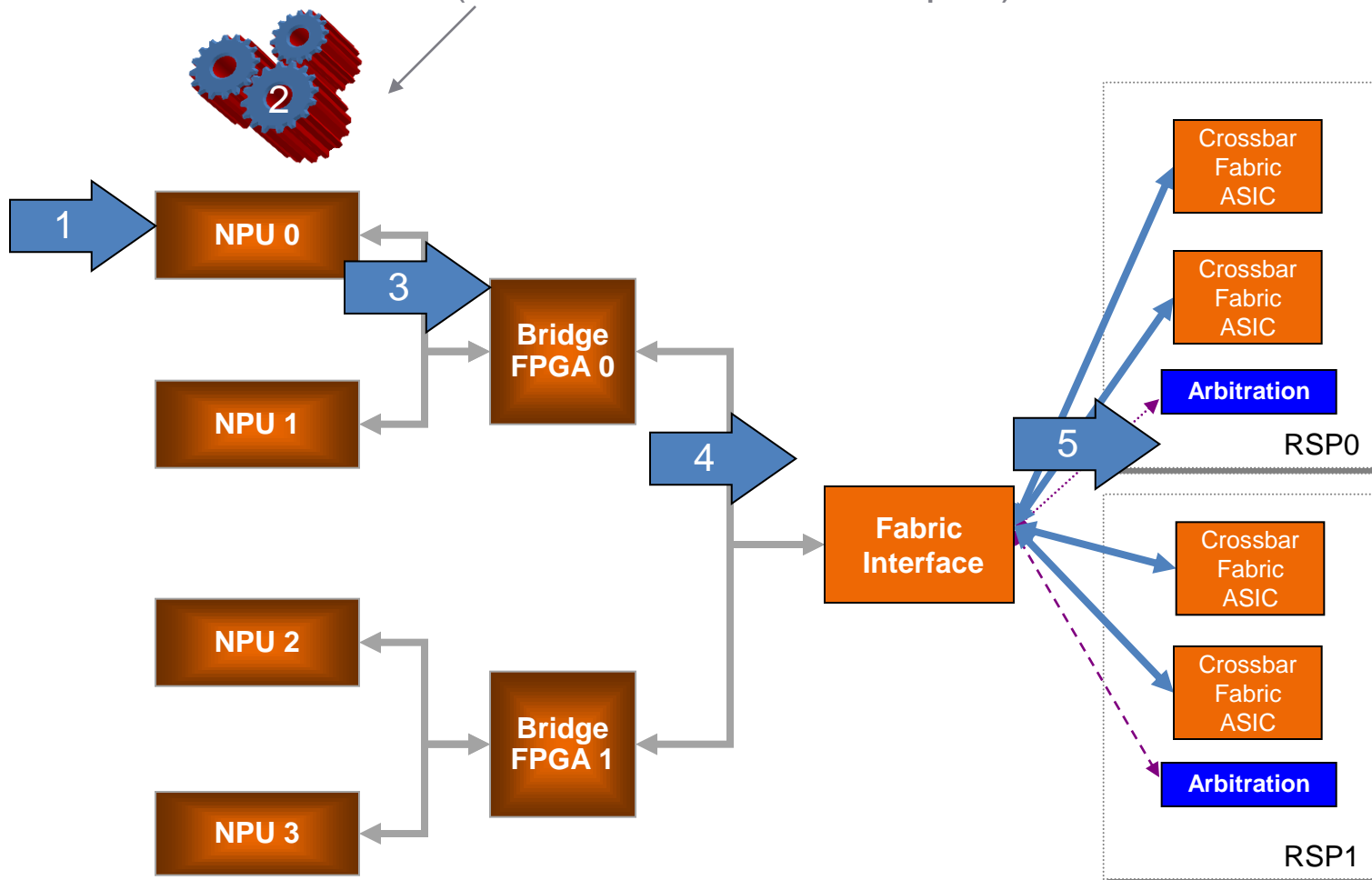
ASR9000: L3 Control Plane



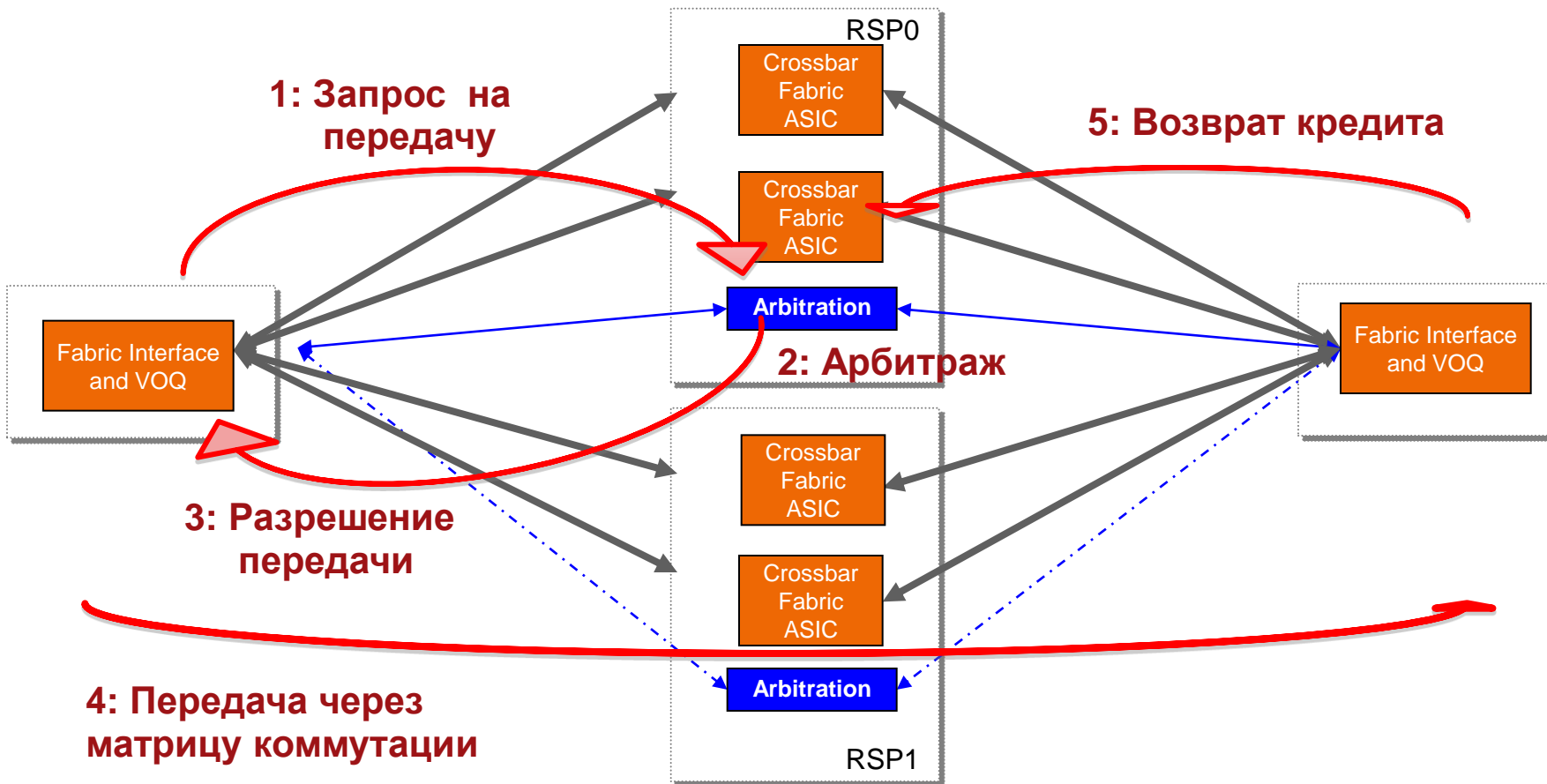
AIB: Adjacency Information Base
RIB: Routing Information Base
FIB: Forwarding Information Base
LSD: Label Switch Database

ASR9000: Обработка пакетов На входе линейной карты

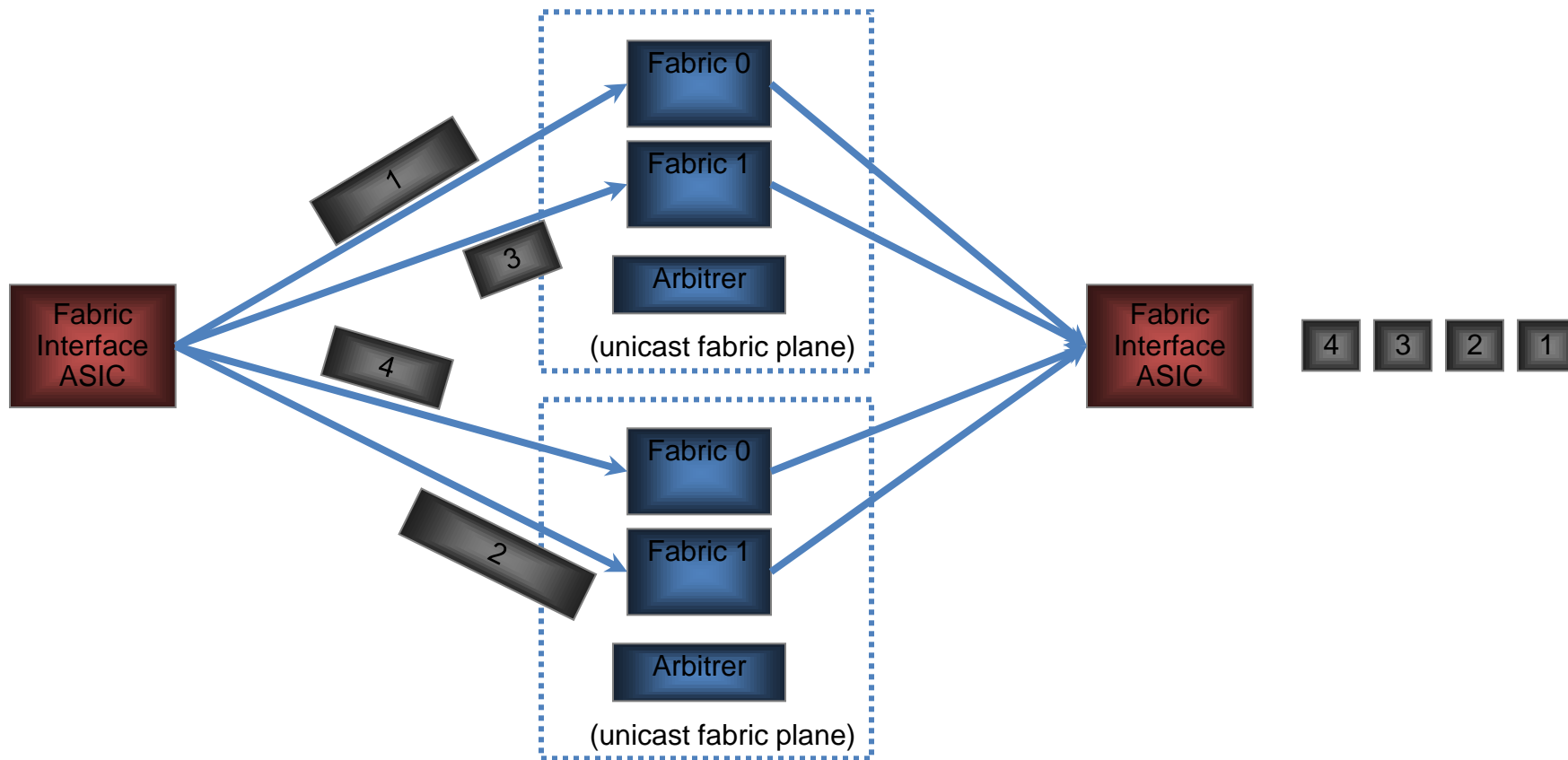
Первый lookup на входном NPU → Выходной NPU (или SFP: switch fabric port)



ASR9000: Обработка пакетов Через матрицу коммутации



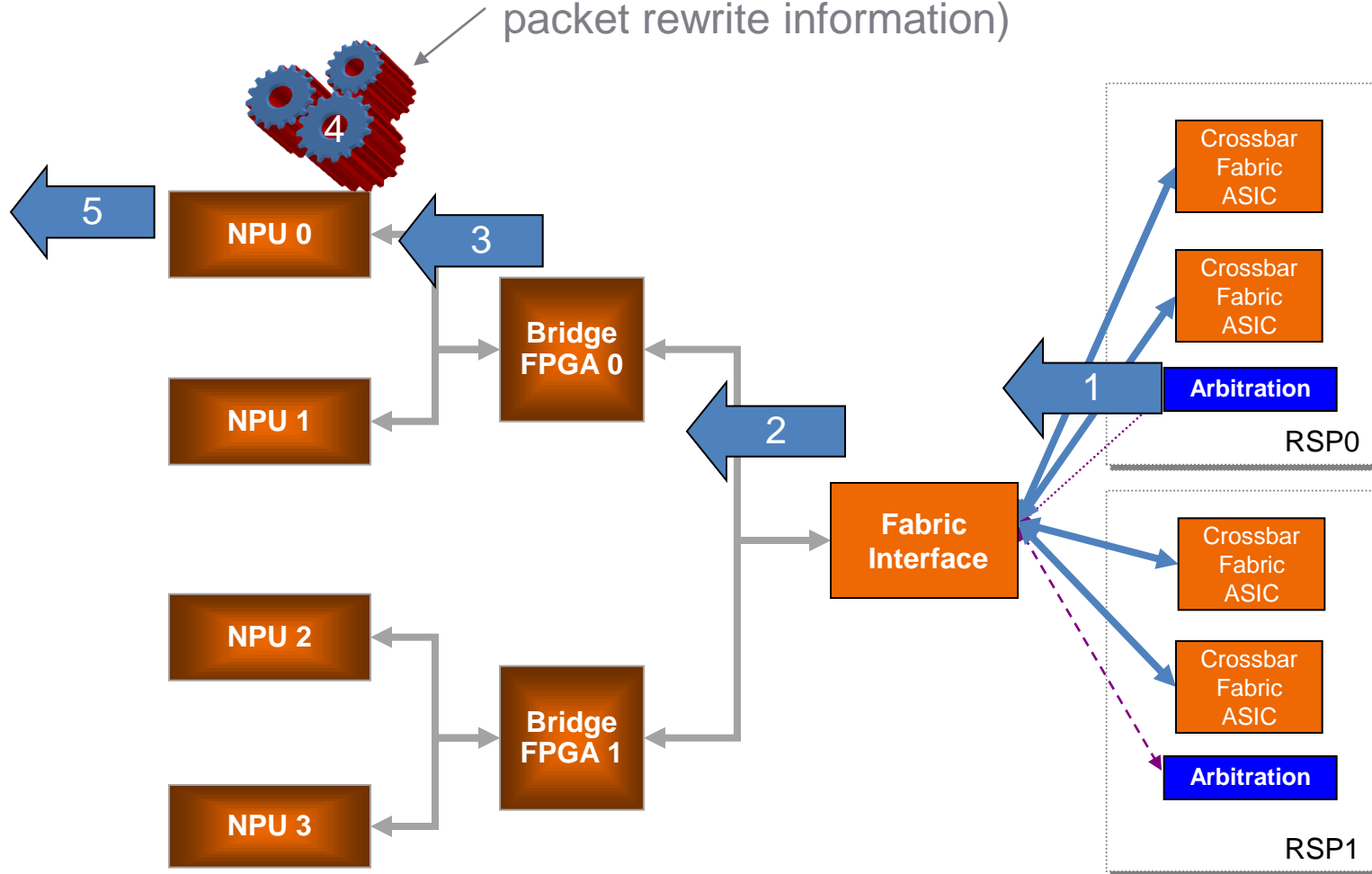
ASR9000: Обработка пакетов Через матрицу коммутации



- Unicast трафик отправляется по первому доступному каналу к фабрике
- Каждый пакет содержит информацию о порядковом номере в последовательности
- Микросхемы интерфейса к фабрике восстанавливают порядок следования пакетов
- Задержка на восстановление последовательности составляет наносекунды

ASR9000: Обработка пакетов На выходе линейной карты

Lookup второго уровня на выходном NPU
→ Выходной порт (результат содержит packet rewrite information)



ASR 9000 Multicast:

Поддержка репликации на всех компонентах

1 Fabric Replication →

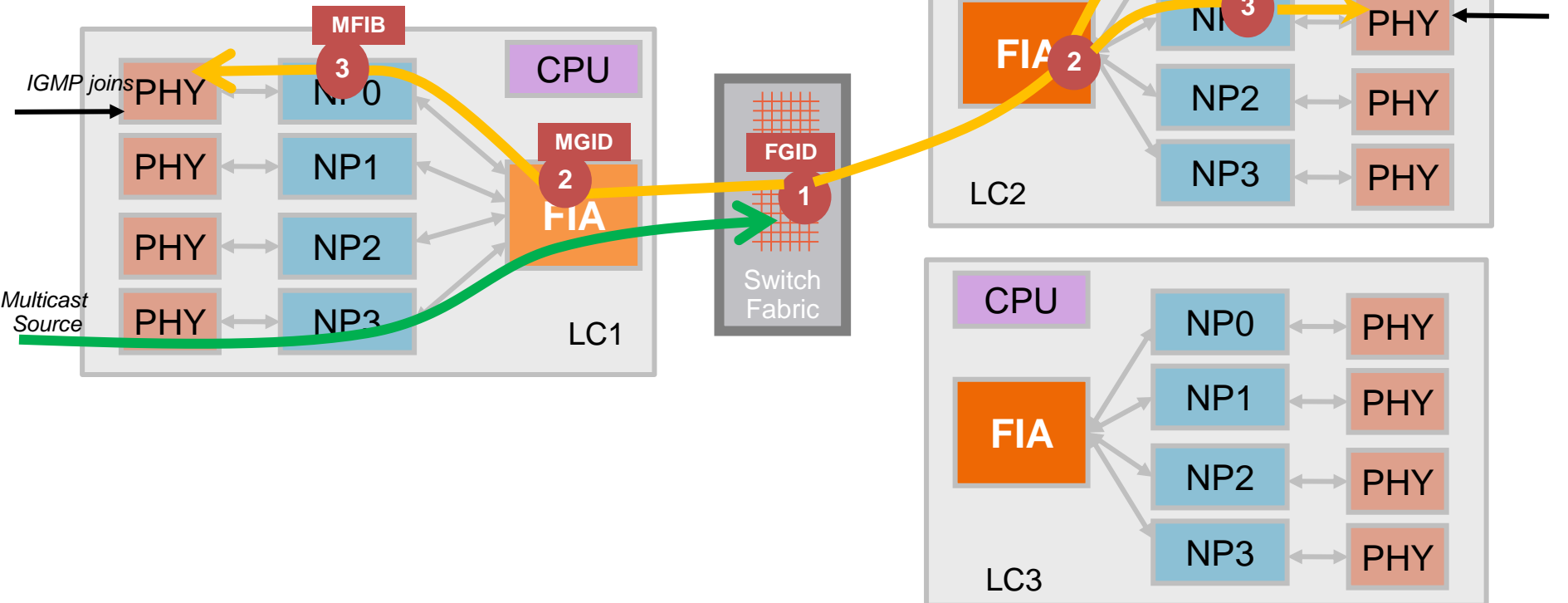
по одной копии на каждую LC, на которой запрошена данная группа

2 FIA Replication →

По одной копии на каждый NP, на котором запрошена данная группа

3 NP Replication →

репликация на все интерфейсы, на которых запрошена данная группа



ASR 9000: QoS

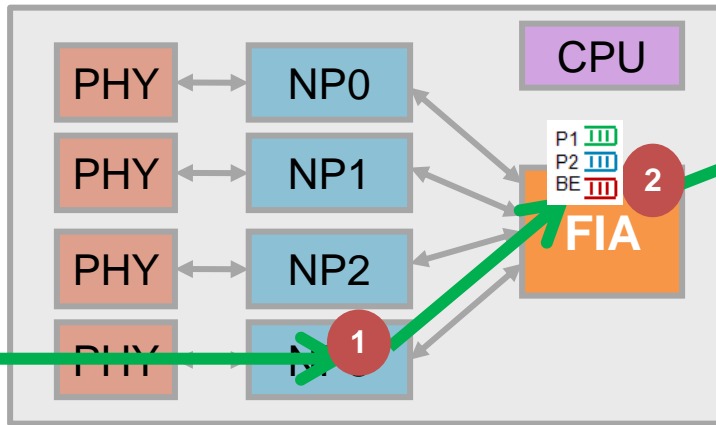
- Масштабируемость
 - До 6 миллионов очередей на систему
 - До 4 миллионов полисеров на систему
- Иерархический QoS
 - 4 уровня иерархии (порт, группа абонентов, абонент, класс)
 - Применение QoS политик как на выходе, так и на входе (shaping, policing)
- Гибкость классификации и маркировки
 - L2, MPLS, L3/L4
- Целостный QoS внутри системы
 - Управление потоком на всех компонентах
 - Две strict priority очереди



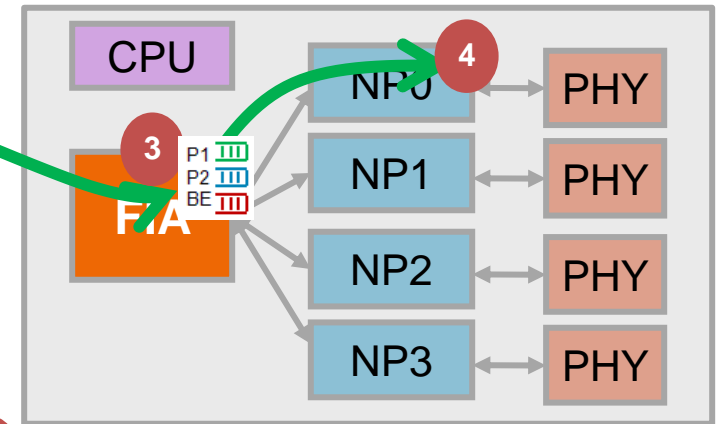
ASR 9000 QoS: Целостный QoS внутри системы

Поддержка приоритезации на всех компонентах
(P1,P2, Best-effort) →
Гарантия обеспечения качества обслуживания

Входная LC



Выходная LC



1

Входные (sub-)interface очереди

Конфигурируется при помощи MQC
4-layer H-QoS
2 strict high priority +
Normal priority

2

Virtual Output Queues

Поддерживается
2 strict high priority +
Normal priority
(конфигурация не требуется)

3

Выходные очереди

4

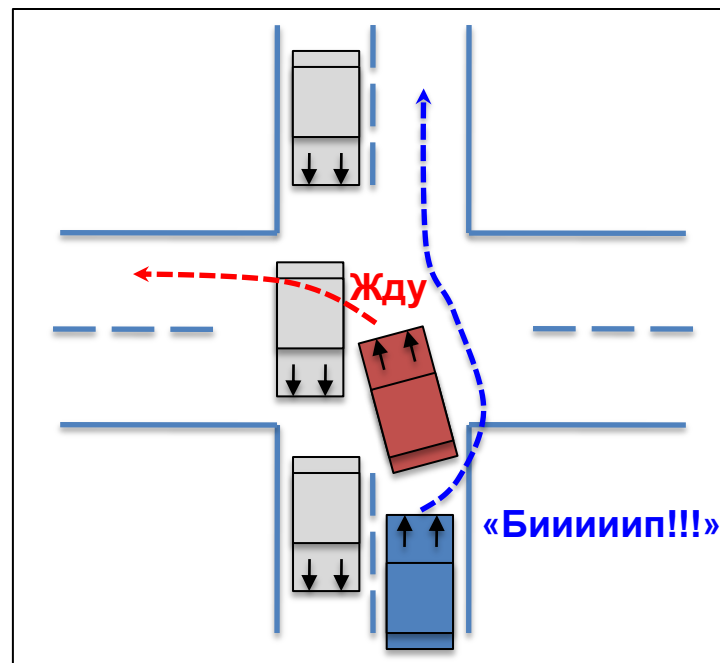
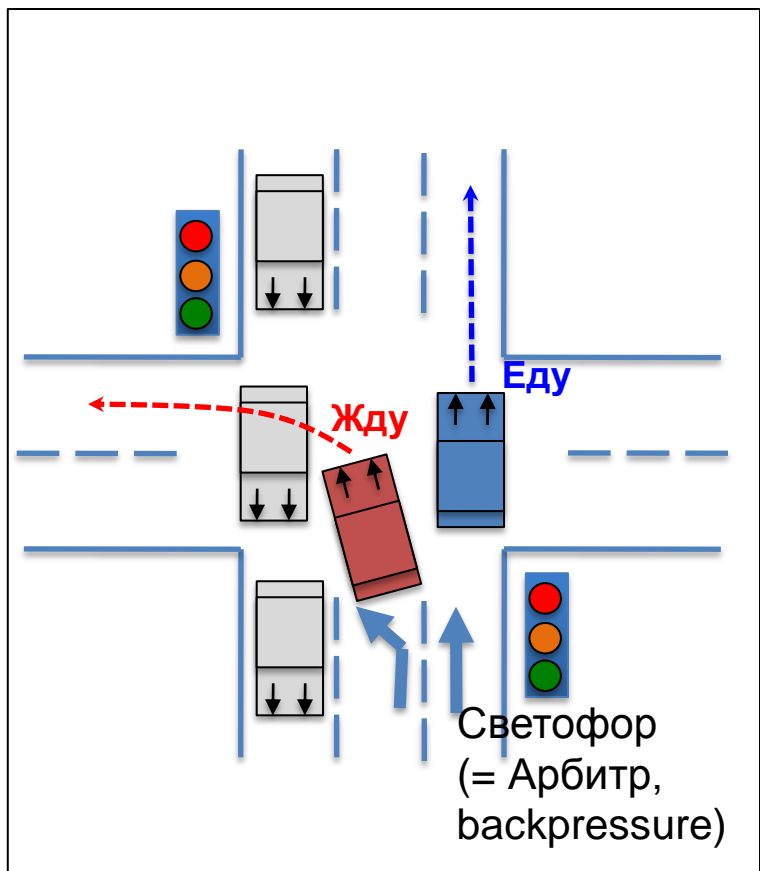
Выходные (sub-)interface очереди

Конфигурируется при помощи MQC
4-layer H-QoS
2 strict high priority +
Normal priority

HoLB (Head of Line Blocking)

Решение:

Независимые полосы для движения
прямо и поворотов
(= Virtual Output Queues)



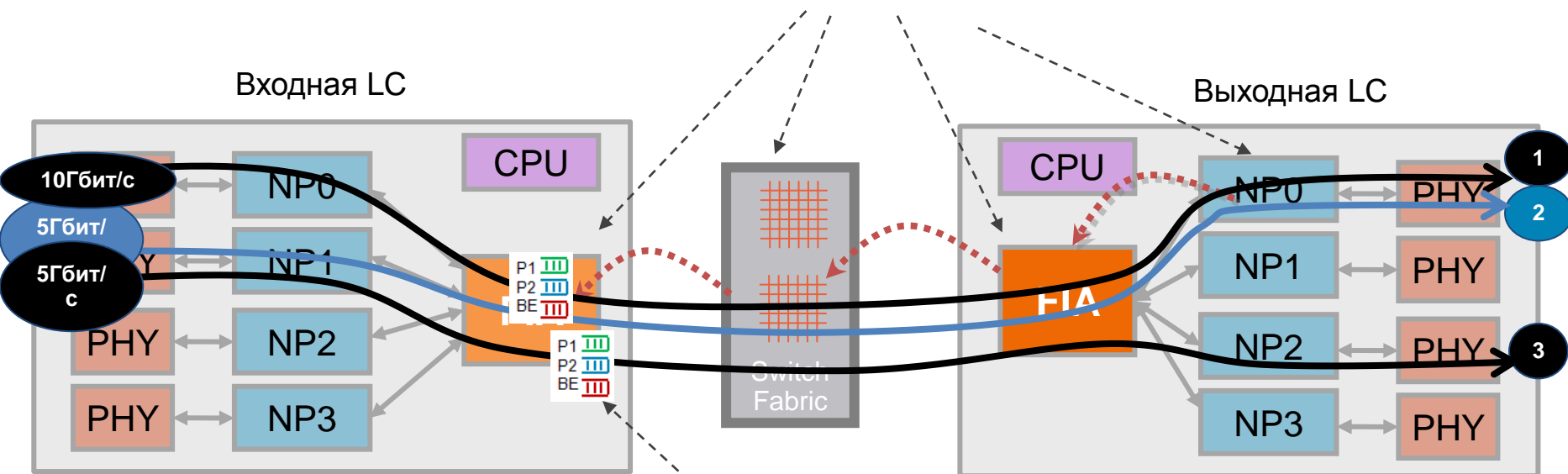
ASR 9000 QoS:

Механизмы Backpressure и VoQ

VoQ: Каждый FIA имеет набор очередей P1/P2/BE под каждый NP и RSP в системе

Затор на Egress NP → → backpressure в сторону ingress FIA →
Пакет помещается в соответствующую VoQ →
Затор не влияет на пакеты идущие к другому NPU →
Отсутствие проблемы head-of-line-block

Backpressure: выходной NP → выходной FIA → fabric Arbiter → входной FIA → VoQ



Пакеты, адресованные другим NP попадают в другой набор VoQ → Затор на одном NP не приводит к блокировке других NP

Технология nV: Cluster и Satellite



ASR 9000 с технологией nV

До технологии nV

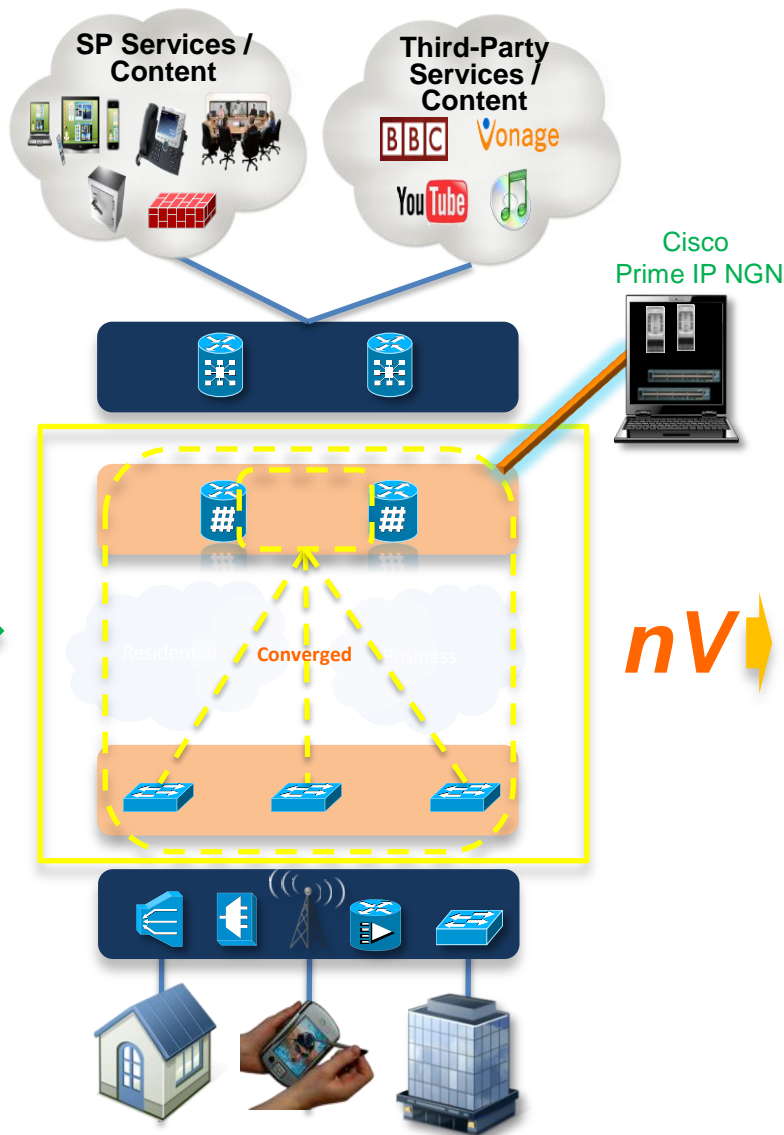
Каждое устройство управляется отдельно.

Сложный дизайн для обеспечения отказоустойчивости

Нестыковка отдельных функций на границе и агрегации.

Разрозненный сервисный сегмент.

Плотность портов ограничена размерами шасси.



С использованием технологии nV:

Единая виртуальная система.

Единый релиз OS обеспечивает целостность функций во всей системе.

Снижение OPEX

Отсутствие сложных протоколов взаимодействия агрегации и границы

До 84,480 GE портов в единой системе

Применение в сетях агрегации

- Протоколы для резервирования сервисов (MC-LAG, VRRP, PW Redundancy)
- Сложность обеспечения синхронизации состояний между шасси (для BNG)
- Скорость сходимости зависит от количества сервисов

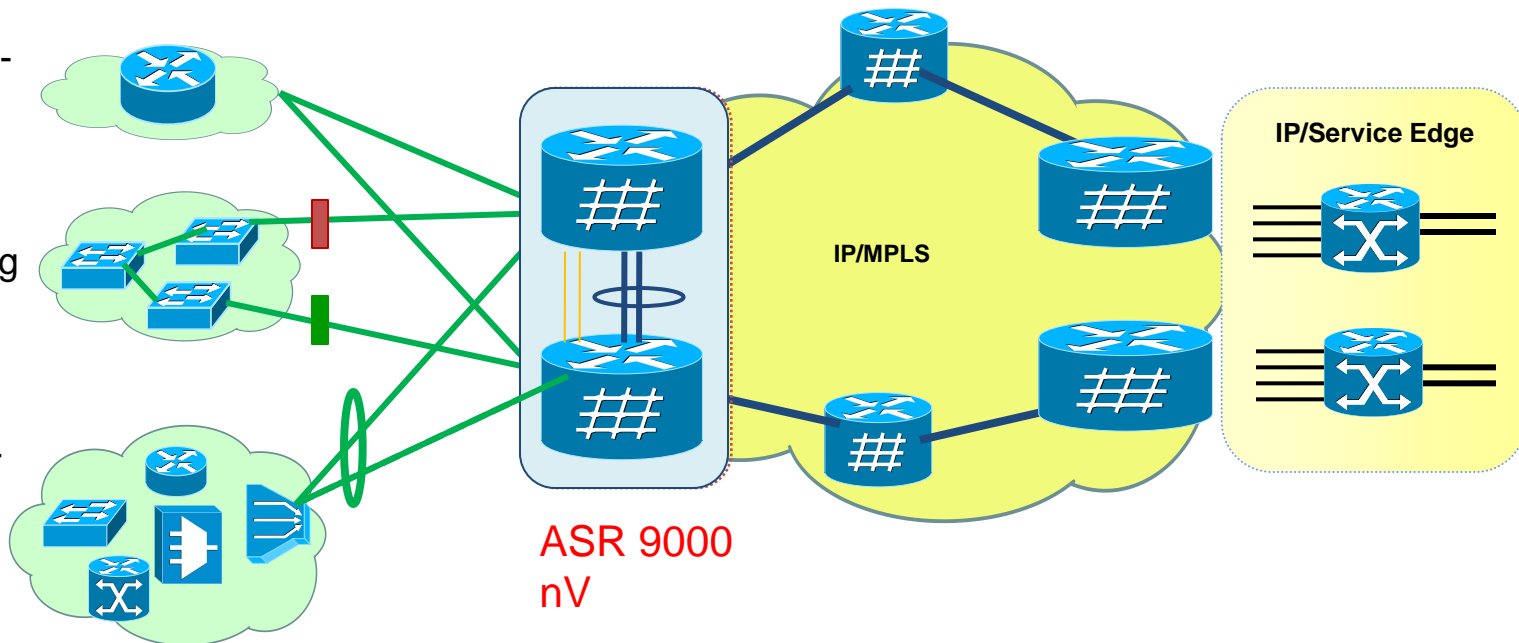


- Одна система с точки зрения Control Plane, Active/Active link bundle, не требуются протоколы типа VRRP/HSRP
- Синхронизация состояний системными средствами (BNG)
- Сходимость за время порядка 50мс вне зависимости от количества сервисов

L3 Router dual-homing

L2 Ethernet Ring (MST/REP-AG, G.8032)

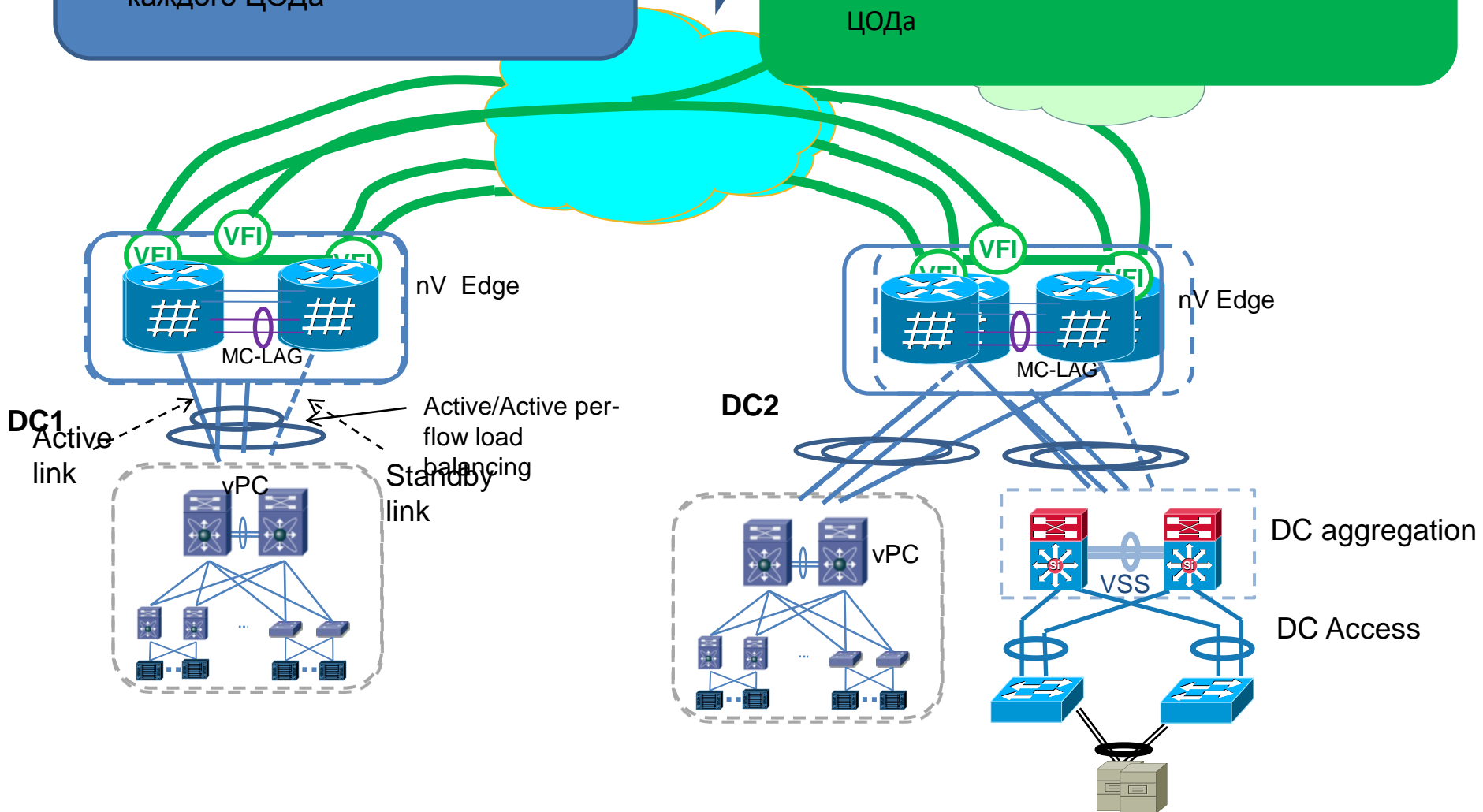
Ethernet spoke-and-hub (MC-LAG)



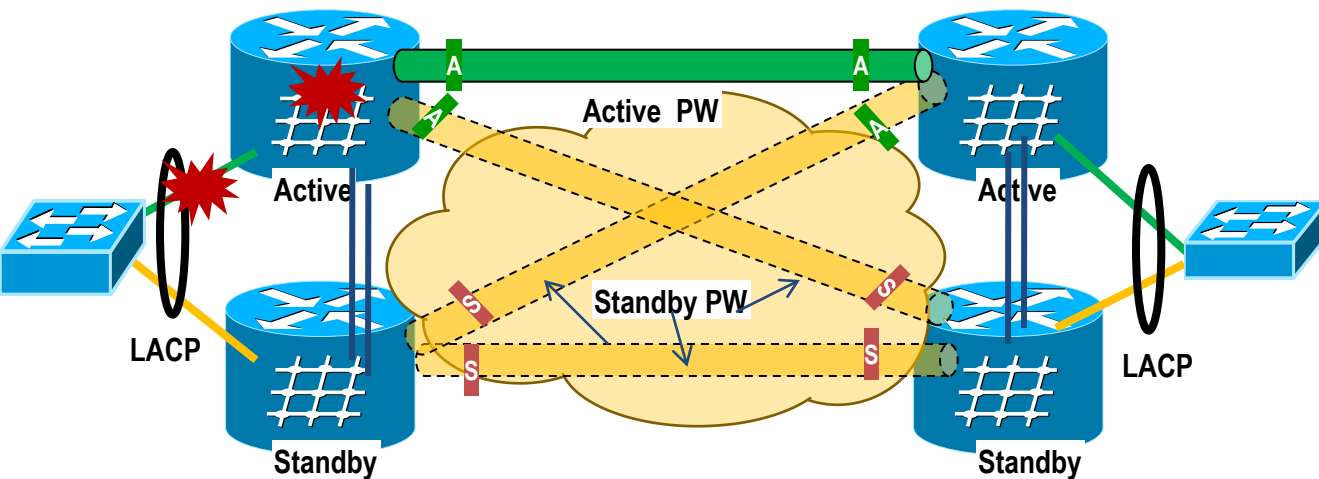
Объединение ЦОД

- Active/standby MC-LAG, субсекундное время сходимости
- Full mesh PW , два PE на границе каждого ЦОДа

- Active/active link bundle, сходимось за 50мс
- Одна кластерная система на границе каждого ЦОДа

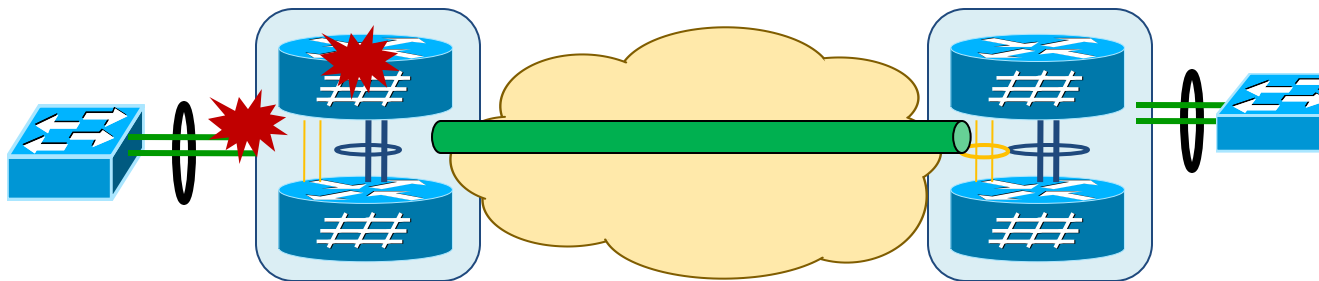


L2VPN Dual-homing



- Active/standby MC-LAG → 50% полосы не работает
- 4 PW из которых 3 standby → нагрузка на control plane
- Время переключения PW зависит от их количества

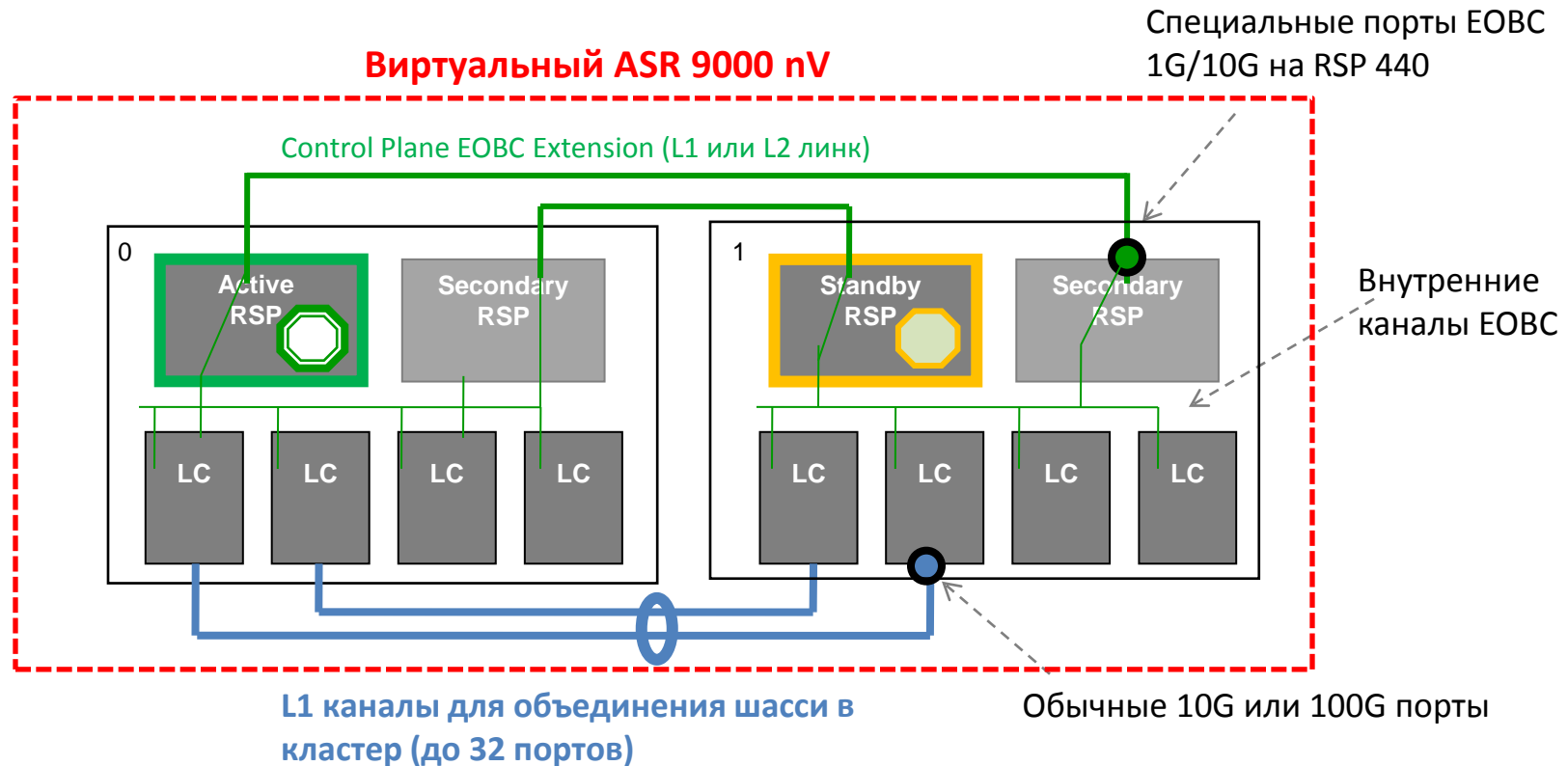
Вариант 1: MC-LAG + 2-way PW redundancy



- Active/active LAG
- Один PW
- Отказ Link/Node защищен механизмами LAG, PW не «падает» → очень быстрая сходимость (порядка 50мс) не зависящая от количества сервисов

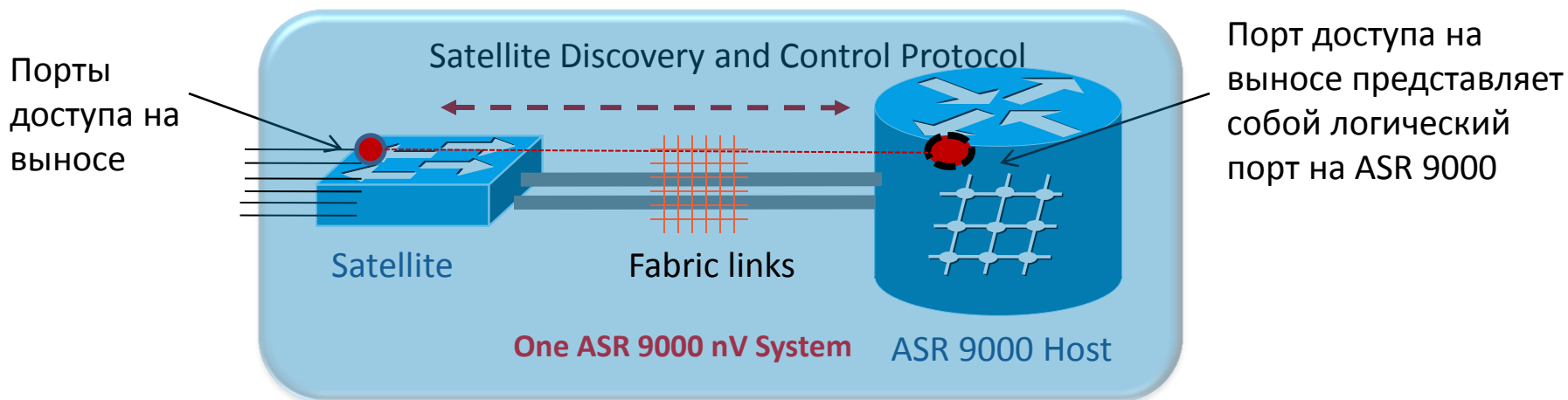
Вариант 2: ASR 9000 nV

Архитектура кластерной системы



- ОДНО устройство с точки зрения администрирования и функционирования сетевых протоколов

Обзор технологии Satellite nV



- Вынос не требует конфигурирования
- ОДНО устройство с точки зрения администрирования и функционирования сетевых протоколов
- Нет ограничения на расстояние между основной системой и выносами
- В перспективе поддержка разнообразных устройств доступа

ASR 9000v

Питание:

- Два ввода -48vDC
- Один ввод AC

1 RU

Сменный блок вентиляторов

- Набор вентиляторов
- Порт ToD/PSS
- Порт BITS



44x10/100/1000 "Line rate"

4x10G SFP+

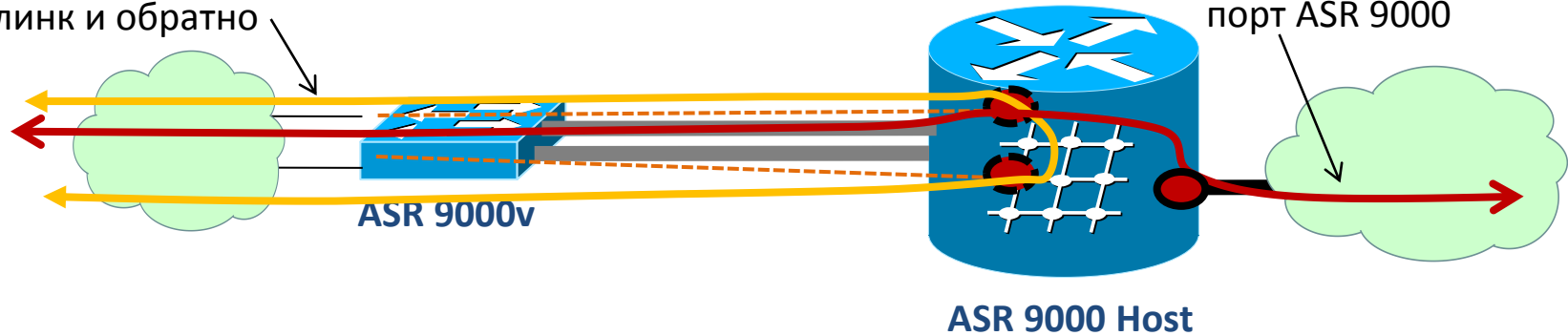
- Порты для связи с ASR 9000
- Plug-n-Play – не требует конфигурации

Расширенный диапазон рабочих температур:

- от -40C до +65C

Обработка пакетов в распределенной системе

Вынос осуществляет
ТОЛЬКО перенаправление
трафика от портов доступа в
аплинк и обратно



- Нет локальной обработки пакетов на выносе (кроме QoS), вся обработка на ASR9000
- Вынос осуществляет ТОЛЬКО перенаправление трафика от портов доступа в аплинк и обратно. Нет изучения MAC адресов.
- Вся конфигурация делается на ASR 9000

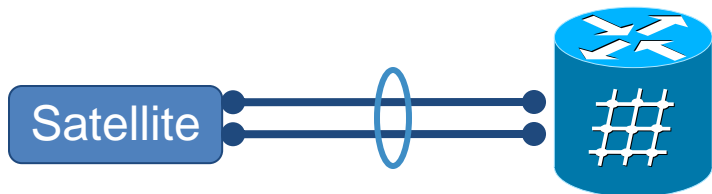
Управление распределенной системой

- В нормальном режиме все CLI команды выполняются на ASR9000:
 - Show/debug команды относящиеся к интерфейсам и протоколам
 - Счетчики на интерфейсах
 - SNMP MIB, взаимодействие с NMS
- Debug «низкого уровня» делается на выносе:
 - Администратор может подключиться к выносу используя telnet через консоль, out-of-band management port или in-band с ASR9000. Далее используется show/debug CLI

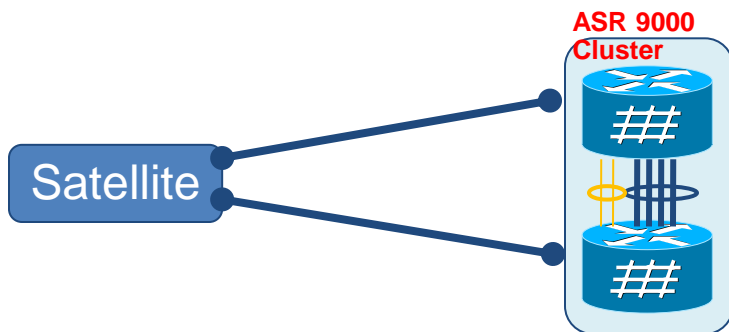
Поддерживаемые топологии



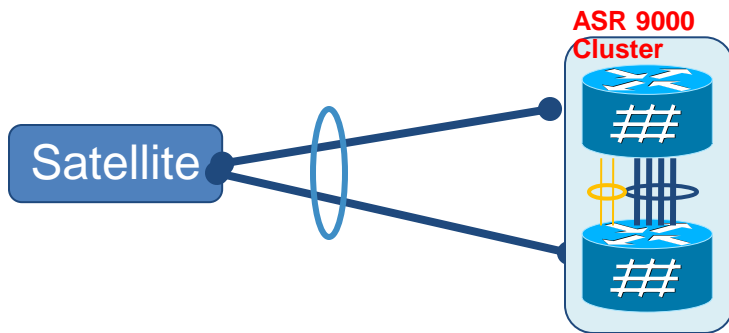
Один ASR9000, статическая привязка аплинков



Один ASR9000, аплинки в бандле



Два ASR9000 в кластере, статическая привязка аплинков



Два ASR9000 в кластере, аплинки в бандле

Спасибо!!!



Fast Lane – единственный партнер по обучению в России, предлагающий курсы уровня Advanced Services Education в рамках глобального сотрудничества с департаментом Cisco Advanced Services в России и СНГ.

Advanced Services - ASR 1000 Series Essentials (ASR1K)

Пятидневный курс, проводится инструктором. В курсе подробно описаны главные функции, характеристики, возможности маршрутизаторов Cisco ASR 1000 в масштабе инфраструктуры предприятия и сервис-провайдера.

Программа:

- Cisco ASR 1000 Обзор системы
- Cisco ASR 1000 Архитектура маршрутизатора
- Cisco ASR 1000 Архитектура ПО
- Обеспечение высокой доступности
- Cisco ASR 1000 In-Service Software Upgrade
- Quality of Service
- Сервисы многоадресной рассылки (multicast)
- Настройки безопасности



Полная программа курса доступна по ссылке <http://www.flane.ru/course/ci-asr1k>

Advanced Services - ASR 9000 Series Essentials (ASR9K)

В этом курсе Вы познакомитесь с функциями и особенностями маршрутизаторов Cisco ASR 9000 Series.

Программа:

- Аппаратная часть Cisco ASR 9000
- Обзор программной части Cisco IOS XR
- Установка программной части Cisco IOS XR
- Безопасность программной части Cisco IOS XR
- Функционирование программной части Cisco IOS XR
- Протоколы маршрутизации на Cisco IOS XR
- Cisco IOS XR MPLS
- Layer 2 архитектура Cisco ASR 9000
- Cisco ASR 9000 Point-to-Point Layer 2 сервисы
- Cisco ASR 9000 Multipoint Layer 2 сервисы
- Cisco ASR 9000 Layer 2 Multicast
- Layer 3 VPN
- Layer 3 Multicast
- Cisco ASR 9000 QoS



Полная программа курса доступна по ссылке <http://www.flane.ru/course/ci-asr9k>

Регистрация на тренинги осуществляется через сайт www.flane.ru

Более подробную информацию по тренингам Cisco можно получить у менеджеров учебного центра

по телефонам:

8 (495) 505 63 39 Москва

8 (812) 448 39 41 СПб

email:

info@flane.ru

| | | | | |
|------------|---|---|--------------------|-----------------|
| CLARCH | Designing Cisco Network Service Architectures | ✓ | 12.12 - 16.12.2011 | Киев |
| CLROUTE | Implementing Cisco IP Routing | ✓ | 12.12 - 16.12.2011 | Санкт-Петербург |
| CLCAPPS 8 | Integrating Cisco Unified Communications Applications | ✓ | 12.12 - 16.12.2011 | Киев |
| CLICND1 | Interconnecting Cisco Network Devices Part 1 | ✓ | 12.12 - 16.12.2011 | Санкт-Петербург |
| CLPAIETVS | Implementing Express TelePresence Video Solutions | ✓ | 13.12 - 14.12.2011 | Москва |
| CLDCUCI | Data Center Unified Computing Implementation | ✓ | 19.12 - 23.12.2011 | Киев |
| CLCVOICE 6 | Implementing Cisco Unified Communications Voice over IP and QoS | ✓ | 19.12 - 23.12.2011 | Санкт-Петербург |
| CLICND2 | Interconnecting Cisco Network Devices Part 2 | ✓ | 19.12 - 23.12.2011 | Санкт-Петербург |
| CLQOS | Implementing Cisco Quality of Service | ✓ | 30.01 - 03.02.2012 | Санкт-Петербург |
| CLDCHXK | Implementing the Cisco Nexus 5000 and 2000 | ✓ | 30.01 - 03.02.2012 | Москва |
| Microsoft | | | | |
| MS-50216B | Microsoft System Center Operations Manager 2007: Дополнительные Возможности Настройки и Администрирования | ✓ | 12.12 - 16.12.2011 | Киев |
| MS-10174A | Настройка и Администрирование Microsoft SharePoint 2010 | ✓ | 12.12 - 16.12.2011 | Киев |
| MS-10175A | Microsoft SharePoint 2010: Разработка Приложений | ✓ | 19.12 - 23.12.2011 | Киев |
| MS-6425AL | Настройка и Устранение Неисправностей в Windows Server 2008 Active Directory Domain Services | ✓ | 26.12 - 30.12.2011 | Киев |
| Oracle | | | | |
| OR-011GPT | Oracle Database 11g: Оптимизация производительности | ✓ | 16.01 - 20.01.2012 | Киев |
| NetApp | | | | |
| NA-DTADM | Администрирование Data ONTAP 7-Mode | ✓ | 19.12 - 23.12.2011 | Москва |

Наш новый адрес в
Москве

Плеханова, 4а