



Cisco Expo  
2007

# IOS-XR Быстрая сходимость IGP, BGP и PIM

(BRKIPM-3004)



**Дмитрий Афанасьев**

[dafanasi@cisco.com](mailto:dafanasi@cisco.com)

**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Содержание

- Быстрая сходимость – что и как
- Инфраструктура IOS-XR для быстрой сходимости
- Быстрая сходимость IGP
- Быстрая сходимость BGP
- Локальная сходимость BGP при сбое линка PE-CE
- Независимость сходимости BGP от количества префиксов (BGP Prefix Independent Convergence)
- Сходимость PIM SSM для IPTV



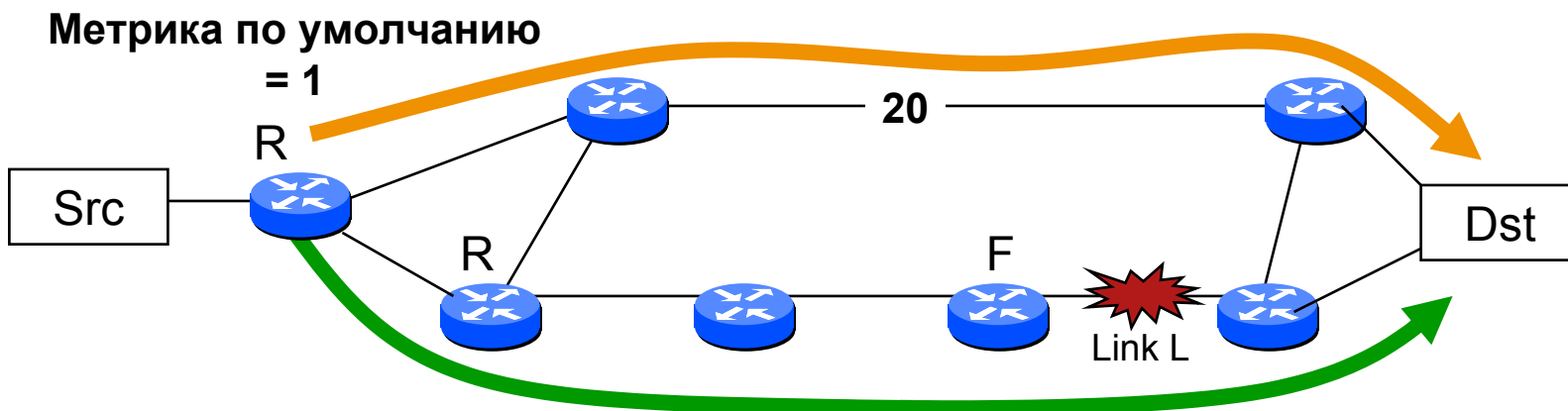
Cisco Expo  
2007

## Быстрая сходимость — что и как



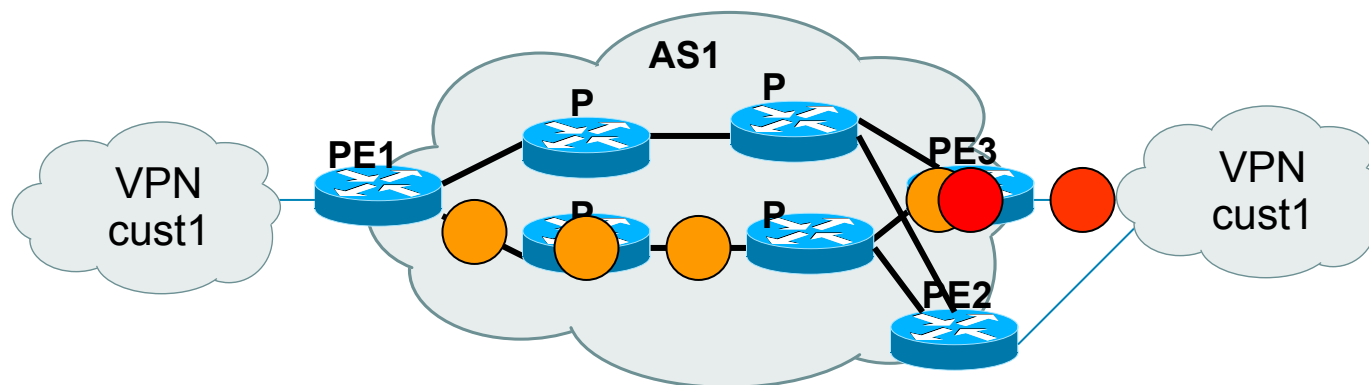
**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Сходимость при сбое (down convergence)



- Предположим, трафик идет от Src к Dst
- T1: падение линка L делает кратчайший путь недоступным
  - потеря трафика
- T2: когда процесс сходимости завершился, вычисляется новый кратчайший путь
  - трафик снова достигает пункта назначения
- Потеря связности: T2 – T1 далее называется сходимостью при сбое
- Интересует минимизация времени сходимости при сбое, особенно для BGP

# Возможные сценарии сбоев и механизмы обработки



- Внутри AS1:
  - Сбои каналов (PE-P, P-P) или транзитных узлов (P): сходимость IGP + сходимость BGP (изменение next hop, не зависит от количества префиксов)
  - Сбой PE узла: сходимость IGP + сходимость BGP (независимо от количества префиксов, если нет multipath – обычная сходимость BGP)
- За пределами AS1
  - Сбой линка PE-CE: сходимость BGP



Cisco Expo  
2007

## Инфраструктура IOS-XR для быстрой сходимости



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Инфраструктура IOS XR для быстрой сходимости

- Инфраструктура OS
  - маленький квант времени планировщика (4ms) по умолчанию
  - оптимизированное распределение нагрузки по умолчанию
  - Высокая доступность всех процессов, реализующих протоколы маршрутизации
- FIB
  - использование структуры BGP loadinfo по умолчанию
  - Другие нововведения – подробности далее

# Инфраструктура IOS XR для быстрой сходимости

- Обнаружение сбоев

- демпфирование интерфейсов (interface dampening)
- `carrier-delay down <ms> up <ms> ;;` по умолчанию =0msec

Carrier-delay ~2-3s может потребоваться, если маршрутизатор подключен к L2 коммутатору

- Распределенная реализация BFD

- Линейные карты CRS поддерживают до 1024 сессий общей производительностью до 7000 BFD пакетов/с на прием и 7000 на передачу. BFD обеспечивает обнаружение сбоев за 30 ms.
- Линейные карты 12k поддерживают до 100 сессий общей производительностью до 1300 BFD пакетов/с на передачу и 1300 на прием. BFD обеспечивает обнаружение сбоев за 150 ms.

# Инфраструктура IOS XR для быстрой сходимости

- Быстрая перемашрутизация MPLS FRR
  - Независимость от количества префиксов и туннелей для CRS в версии 3.3
  - Независимость от количества префиксов и туннелей для 12k в версии 3.4



Cisco Expo  
2007

## IOS-XR: быстрая сходимость IGP



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# ISIS

- Генерация LSP оптимизирована по умолчанию
  - `lsp-gen-interval maximum-wait <M>`  
`initial-wait <I> secondary-wait <E>`
  - По умолчанию I = 50 msec
- Распространение информации (flooding) и темп посылки LSP (pacing) оптимизированы по умолчанию
- Код построения SPT был переписан и оптимизирован
  - `spf-interval maximum-wait <M>`  
`initial-wait <I> secondary-wait <E>`
  - По умолчанию I = 50msec
  - Полное перестроение SPT занимает <10 msec для Tier1 сети из 950 маршрутизаторов
- Инкрементальное перестроение SPT
  - `ispsf [level-1 | level-2 ]`

# ISIS

- Приоритизация префиксов - определяет порядок инсталляции маршрутов в RIB и FIB после перестроения SPT
  - 4 приоритета: Critical, High, Medium, Low
  - Префиксы /32 IPv4 и /128 IPv6 по умолчанию классифицируются как Medium Priority
  - Все остальные префиксы по умолчанию классифицируются как Low Priority
- Настройка
  - `spf prefix-priority`
  - Эта команда позволяет задать префикс-лист для первых трех приоритетов. Неклассифицированным префиксам назначается низкий (low) приоритет.
  - После применения команды “prefix priority” эвристика с приоритизацией префиксов /32 не используется. Для классификации префиксов /32 как “medium” нужно соответствующим образом настроить ACL.

# ISIS

- Приоритизация префиксов – ключевой элемент оптимизации сходимости (время полного обновления RIB/FIB линейно зависит от количества изменившихся префиксов)
- Рекомендации
  - CRITICAL: IPTV SSM источники
  - HIGH: наиболее важные PE's
  - MEDIUM: остальные PE's
  - LOW: все остальные префиксы
- Приоритеты CRITICAL и HIGH необходимо настраивать

# ISIS: пример настройки приоритетов префиксов

```
ipv4 prefix-list isis-critical-acl
10 permit 0.0.0.0/0 eq 32
ipv4 prefix-list isis-high-acl
10 permit 0.0.0.0/0 eq 30
ipv4 prefix-list isis-med-acl
10 permit 0.0.0.0/0 eq 29
router isis 1
  address-family ipv4 unicast
    spf prefix-priority critical isis-critical-acl
    spf prefix-priority high isis-high-acl
    spf prefix-priority medium isis-med-acl
```

# Области (areas)

- В общем случае, разбиение сети на области (areas) не требуется (и усложняет дизайн!)
- Если области все же используются, следует минимизировать влияние такого дизайна на **сходимость**
  - Каждый ABR должен иметь два **различных** пути к любому узлу в любой из соседних областей
  - Это гарантирует, что процесс сходимости в результате сбоя локализован внутри области и не приводит к пересчету SPT в соседних областях

# OSPF

- Генерация LSA
  - `timers throttle lsa all <i> <e> <m>`
  - Значение по умолчанию I = 500msec, рекомендуемое: 50msec
- Минимальный интервал между приемом одного и того же LSA
  - `timers lsa min-arrival <>`
  - Исторически: 1s; рекомендуемое значение: 100msec
- Распространение информации и темп посылки LSA
  - `timers pacing flood <>`
  - По умолчанию = 33msec , рекомендуемое значение: 10 msec

# OSPF

- Полный пересчет SPT
  - `timers throttle spf <i> <e> <m>`
  - По умолчанию I = 500msec (зависит от версии IOS XR, 50ms в 3.5.2), рекомендуемое значение: 50-150msec
- Приоритизация префиксов
  - 4 приоритета: Critical, High, Medium, Low
  - Префиксы /32 IPv4 и /128 IPv6 по умолчанию классифицируются как Medium Priority
  - Остальные префиксы попадают в Low Priority

# LDP

- Возможные проблемы
  1. потеря LDP сессии при “передергивании” линка – нужно установить сессию заново, даже если есть альтернативный путь
  2. При подъеме линка IGP может его выбрать до того, как согласованы метки => black hole
  3. IGP поднялся, а LDP – нет (ошибка настройки и т.д.). Путь есть в IGP, но нет меток => black hole

- Синхронизация LDP с ISIS и OSPF

```
interface POS0/3/0/0
  address-family ipv4 unicast
    mpls ldp sync
```

Решает проблемы 2 и 3

- Защита сессий LDP

```
mpls ldp
  session protection
```

Решает проблемы 1 и 2 (при наличии альтернативного пути)



Cisco Expo  
2007

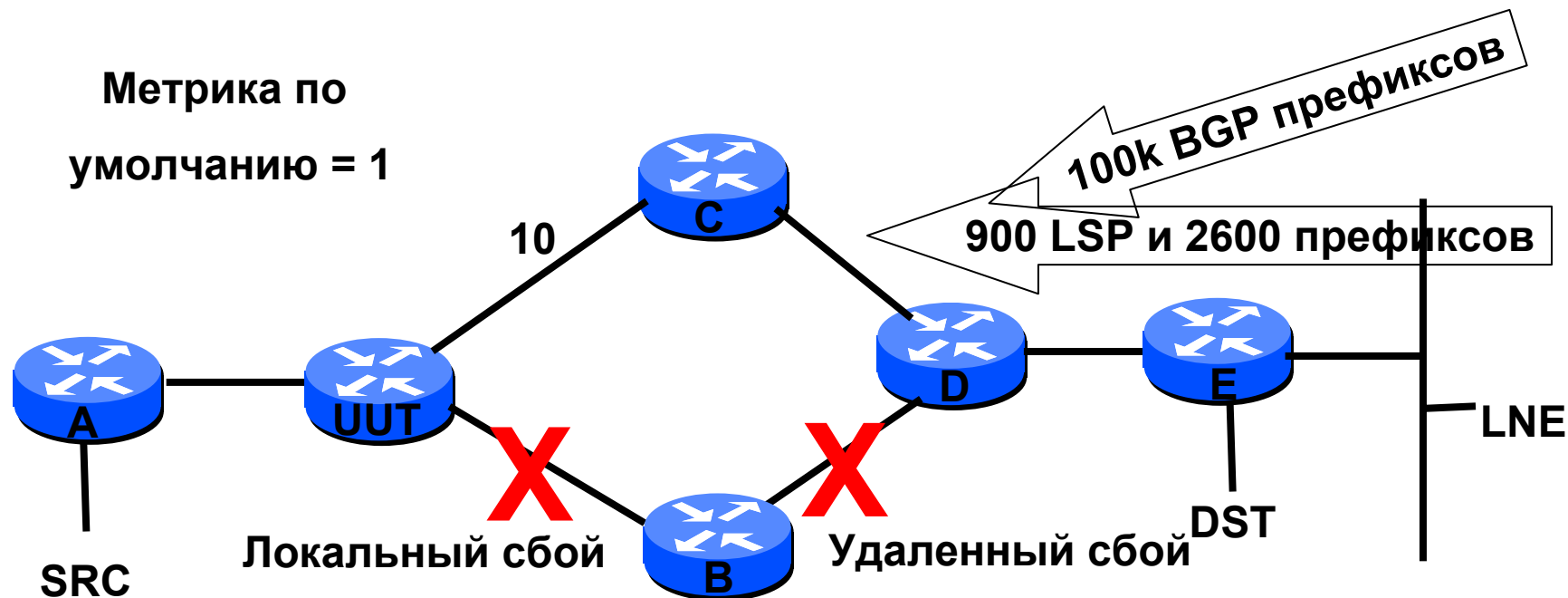
Сходимость IGP  
Tier1 оператор  
CRS/ISIS/BGP/3.3.1



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Топология стенда

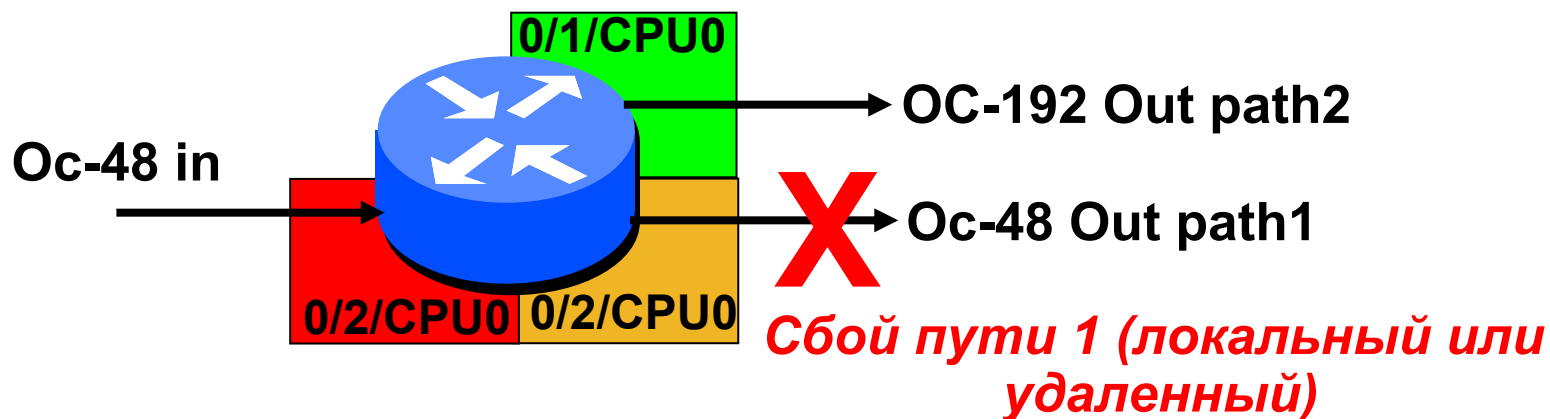
Метрика по умолчанию = 1



- Приоритеты ISIS:
  - 10 /24 - critical
  - 900 /32 - high
- BGP-NH – 1-й из high priority

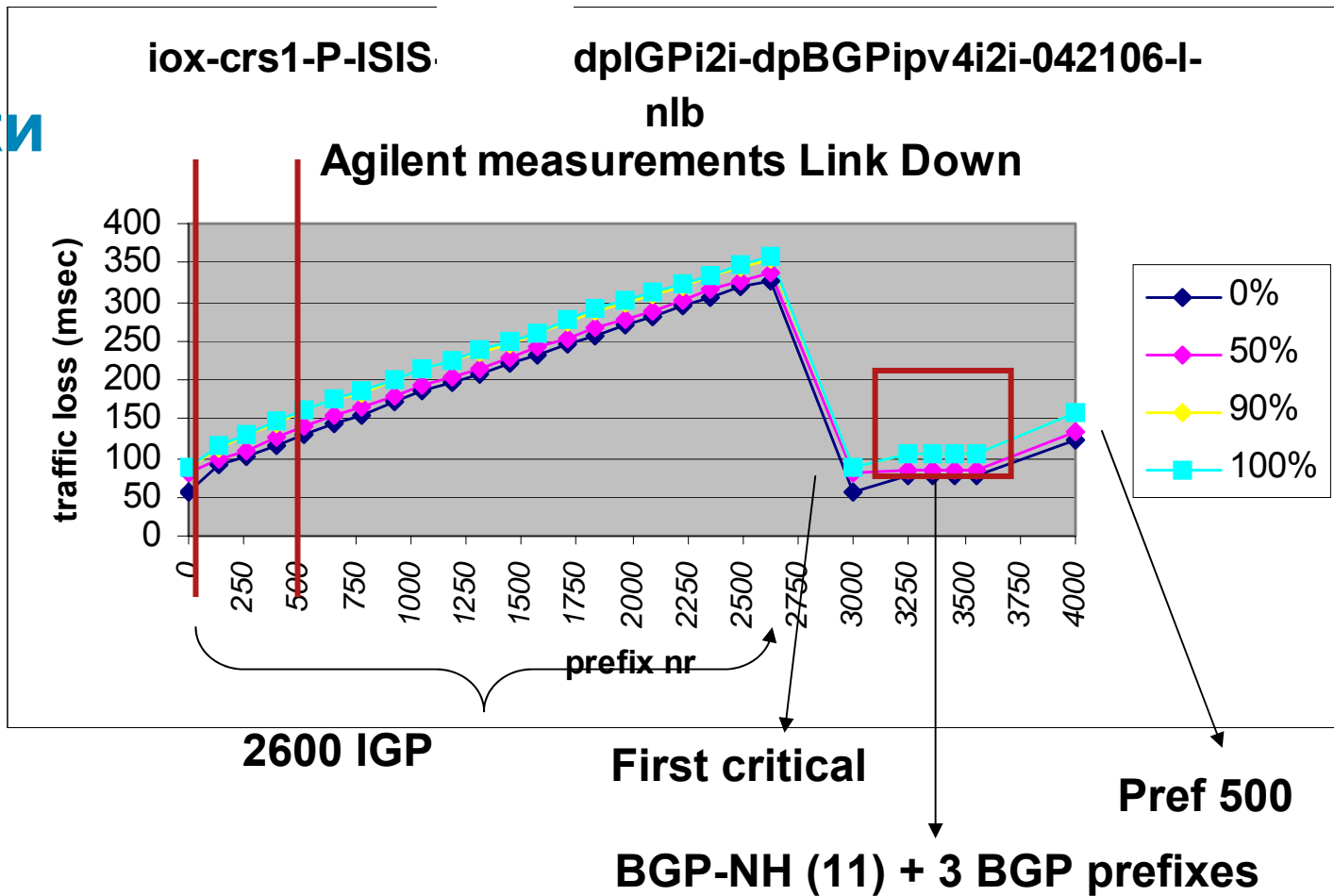
# CRS1-P-ISIS-BGPipv4-dpIGPi2i-dpBGPipv4i2i

- 2 типа тестов
  - без внешней нагрузки на control plane (BGP-flaps, netflow, snmp ....)
  - с нагрузкой на control plane: BGP flaps, SNMP
- Конфигурация оборудования:



# Без нагрузки

- источники IPTV SSM: ~100msec
- 500-й PE: ~150msec
- 100k BGP префиксов сходятся тогда же, когда их BGP nhor

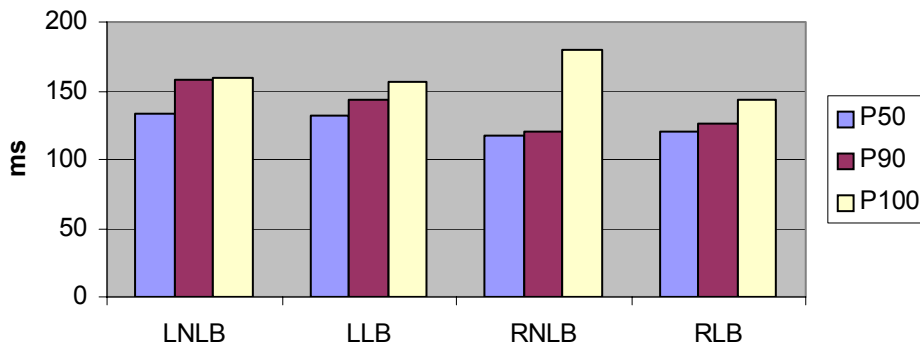


- CRS, IOS XR 3.3, Tier1SP, 950 узлов, 2600 префиксов, 10 critical priority, 900 high, остальные low
  - а BGP nhor - 11-й префикс со 100k зависимых BGP префиксов

# Устойчивость к нагрузке на control plane

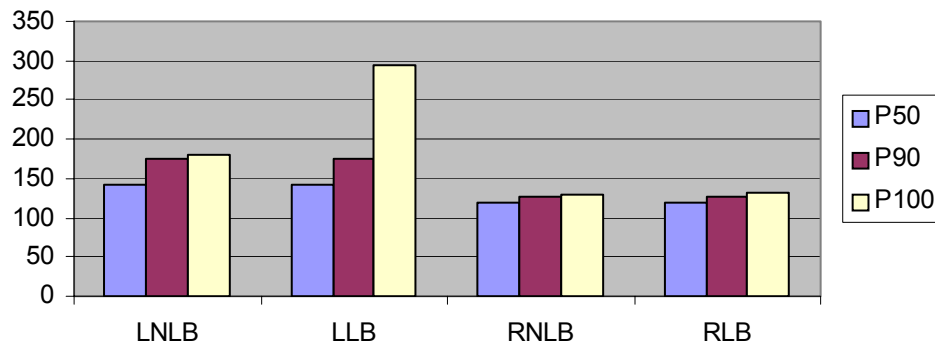
## Без нагрузки

Prefix 500 convergence time



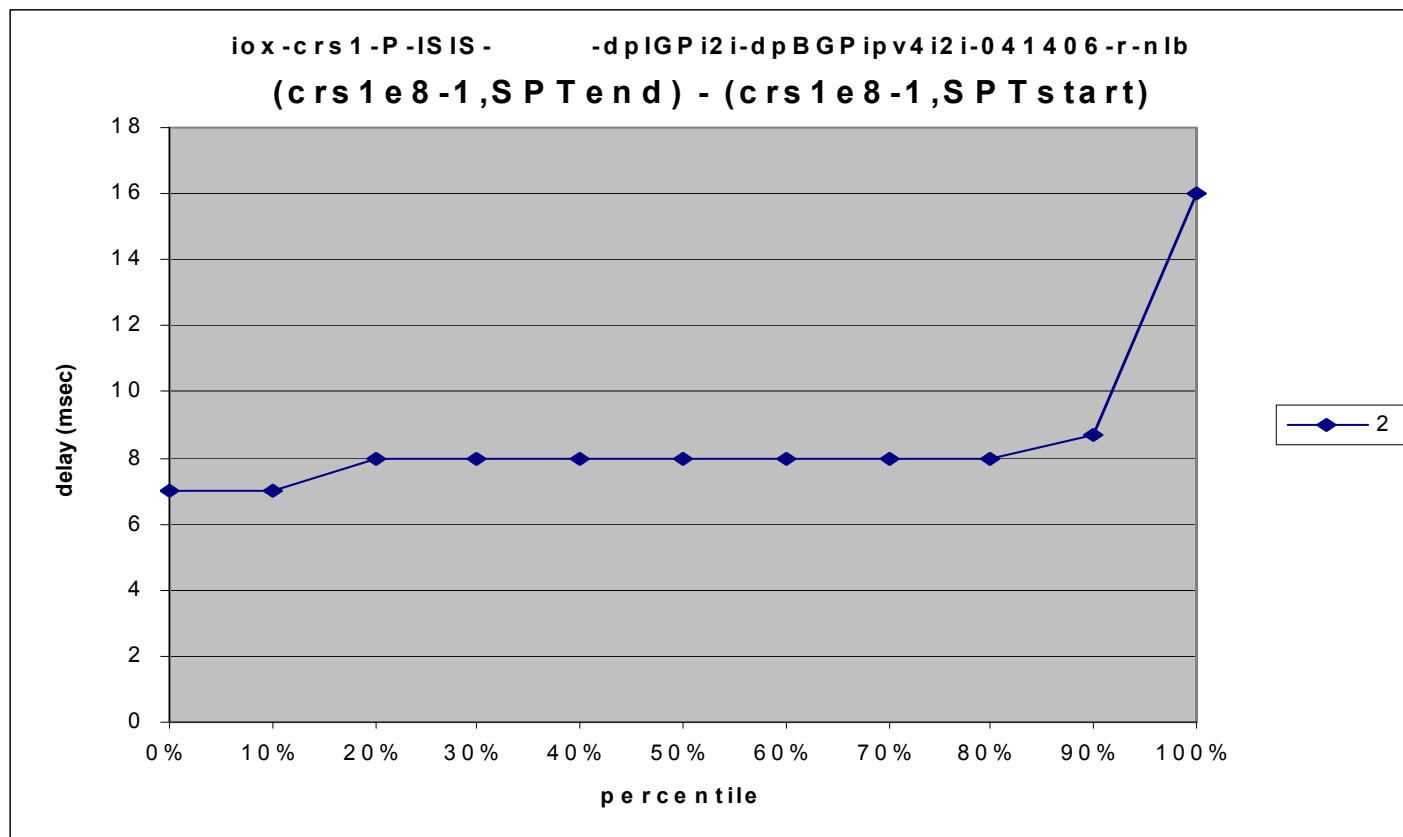
## С нагрузкой

Prefix 500 convergence time CPU load



- BGP посылает в секунду 4 withdraws + 4 updates
  - Незначительная нагрузка на CPU < 2%
- Непрерывный опрос по SNMP полной RIB
  - Загружает CPU RP на 50%

# Время полного перестроения SPT

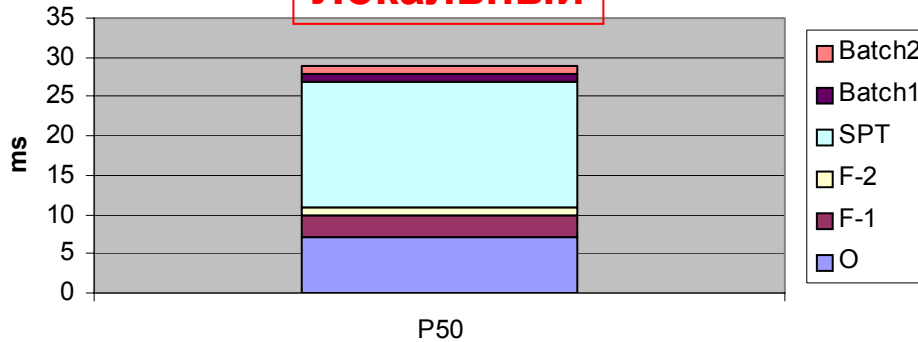


- P50 ~8ms, P90 ~ 9ms
- Отличный результат для FSPF на сети из 900 узлов !!

# Задержка между генерацией ISIS LSP с информацией о сбое и обновлением RIB для первых 10 critical priority и 800 high priority префиксов

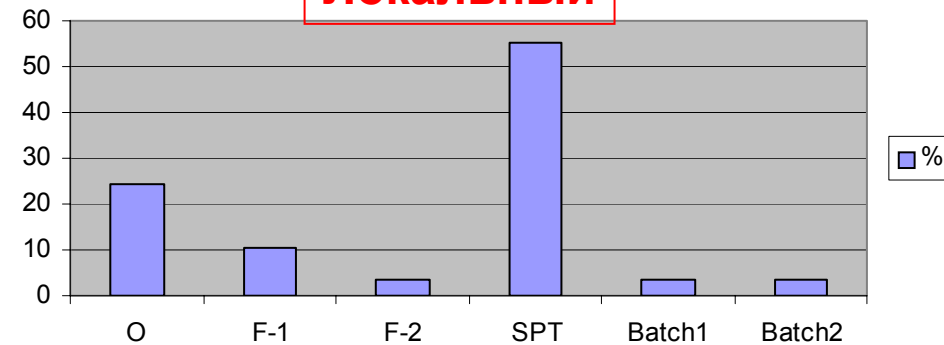
Local P50 I1 (critical and high)

**Локальный**



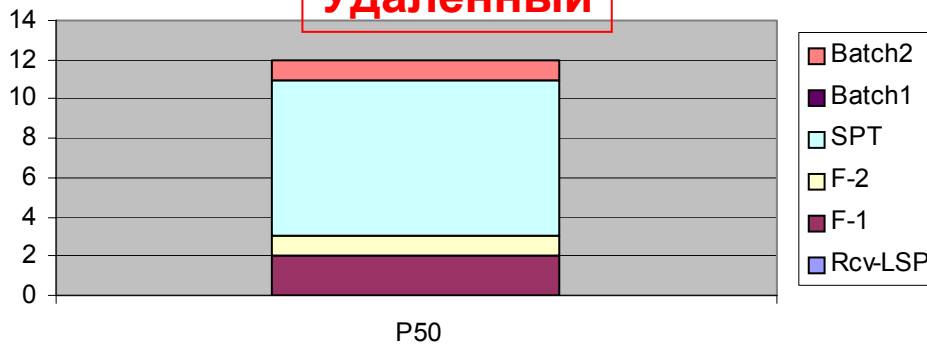
Percent of total for P50 I1 (critical and high)

**Локальный**



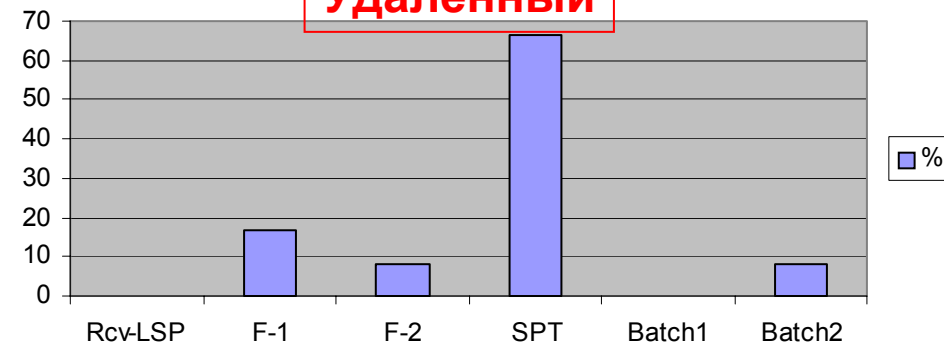
Remote: P50 I1(Critical and High)

**Удаленный**



Remote: Percent of total for P50 I1

**Удаленный**



- Выигрыш от iSPF не зафиксирован
- Наихудший случай – влияет на все critical и high priority префиксы



Cisco Expo  
2007

## IOS-XR: быстрая сходимость BGP



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Сходимость BGP – 3.3

- MRAI (минимальный интервал анонса маршрутов):  
`neighbor <> advertisement-interval <1-600>`
  - появилась возможность уменьшить MRAI до нуля
  - MRAI по умолчанию для iMPBGP = 0
  - MRAI по умолчанию для PE-CE eBGP = 0
- FEF (fast-external-failover, быстрое восстановление по внешнему сбою)
  - реакция на падение локального интерфейса к eBGP соседу
  - задержка 100ms с демпфированием событий (\*2 на каждый цикл, до 1000ms)
  - BGP сессии с соседями, на которых повлиял сбой, сбрасываются
  - просматривает все таблицы без ограничения видимости (scoring)
  - порядок просмотра: ipv4uni, ipv4multi, vprn4uni

# Сходимость BGP – 3.3

- BGP NHT (отслеживание next hop) и обновление RIB
- События, связанные с next hop
  - критические (BGP nhop down, nhop up, oif change to nhop) (не настраивается)
  - некритические (изменился кратчайший путь к nhop)
- RIB всегда немедленно информируется о потере nhop
- если nhop демпфирован, не информировать RIB
- если nhop не демпфирован, то
  - немедленно информировать RIB о критических событиях (не настраивается)
  - информировать RIB о некритических событиях в течение 3 с (не настраивается)
- демпфирование RIB независимое для каждого nhop (не настраивается)

# Сходимость BGP – 3.3

- NHT (next-hop tracking, отслеживание next hop)
  - BGP вносит задержку перед сканированием `bgp nexthop-trigger-delay <delay>`, по умолчанию = 5s
  - Эта задержка применяется как некритическим, так и к критическим событиям  
(в 3.5.2 задержка настраивается отдельно)
  - Если изменение nhop влияет на несколько таблиц, порядок обработки следующий: ipv4uni, ipv4multi, vrnv4uni  
Исключение: при потере локального PE-CE интерфейса, и eBGP сессии с CE, BGP NHT инициирует RD-scored сканирование
  - Маршрут по умолчанию (0/0) не рассматривается при валидации nhop

# Сходимость BGP – 3.4

- FEF
  - Порядок просмотра таблиц: [vpnv4 unicast], [vnpv4 multicast], [vnpv6 unicast], [vnpv6 multicast], [ipv4 unicast], [ipv6 unicast], [ipv4/v6 multicast]
  - При сбое интерфейса в VRF область видимости FEF скана ограничена этой VRF

# Сходимость BGP – 3.4

- NHT: `bgp nexthop-trigger-delay {critical <delay>|non-critical <delay>} [ms]`
  - по умолчанию (critical) = 3s
  - по умолчанию (non-critical) = 10s
  - BGP определяет критическое событие как удаление/модификацию/добавление nhop
- NHT: задержки срабатывания для AFI/SAFI
  - Note: IPv4/Global = one AFI/SAFI = one pair of (critical, non-critical) trigger. VPNv4 and IPv4 in a VRF = one AFI/SAFI = one pair of (critical, non-critical) trigger
- NHT: если изменение nhop затрагивает несколько таблиц, порядок обработки будет следующий: [vpn4 unicast][vpn4 multicast][vpn6 unicast][vpn6 multicast] [ipv4 unicast] [ipv6 unicast] [ipv4/v6 multicast].
- NHT: можно задавать длину префикса и источник для маршрута, валидирующего nhop

# Сходимость BGP – 3.5

- NHT: сканирование таблиц vrnv4 с ограничением области видимости для iBGP nhop (PE to RD mapping, RD-scoped walk)

# Зачем ограничивать область видимости при сканировании таблиц

- Рассмотрим мультисервисный PE с 200k BGP IPv4 префиксов, 100k VPNv4 префиксов и премиум VRF на площадке с VoIP шлюзами с несколькими локальными префиксами и несколькими сотнями удаленных префиксов
- Предположим, упал линк к этой площадке премиум VPN
- В 3.3, FEF не ограничен VRF и BGP потребуется  $\sim 200k * 5us + 100k * 10us = 2s$ , чтобы найти несколько маршрутов, на которые этот сбой повлиял
- В 3.4, благодаря ограничению области видимости, эти 2s задержки устранены

# Зачем разделять критичные и некритичные события BGP nhop

- Многие сбои связаны со сбоями магистральных линков и вызывают только изменение метрики до BGP nhop.
- Поскольку трафик BGP туннелируется (в LSP) к своему nhop, нет риска возникновения цикла из-за несогласованного состояния BGP на промежуточных узлах
- Соответственно, нет необходимости минимизировать время сходимости для этих событий => больше значения таймеров для некритичных событий
- С другой стороны, падение граничного узла действительно критично и мы хотим
  1. Реагировать быстро => меньше значение таймера
  2. Не демпфировать это событие из-за возможных предшествующих некритичных событий



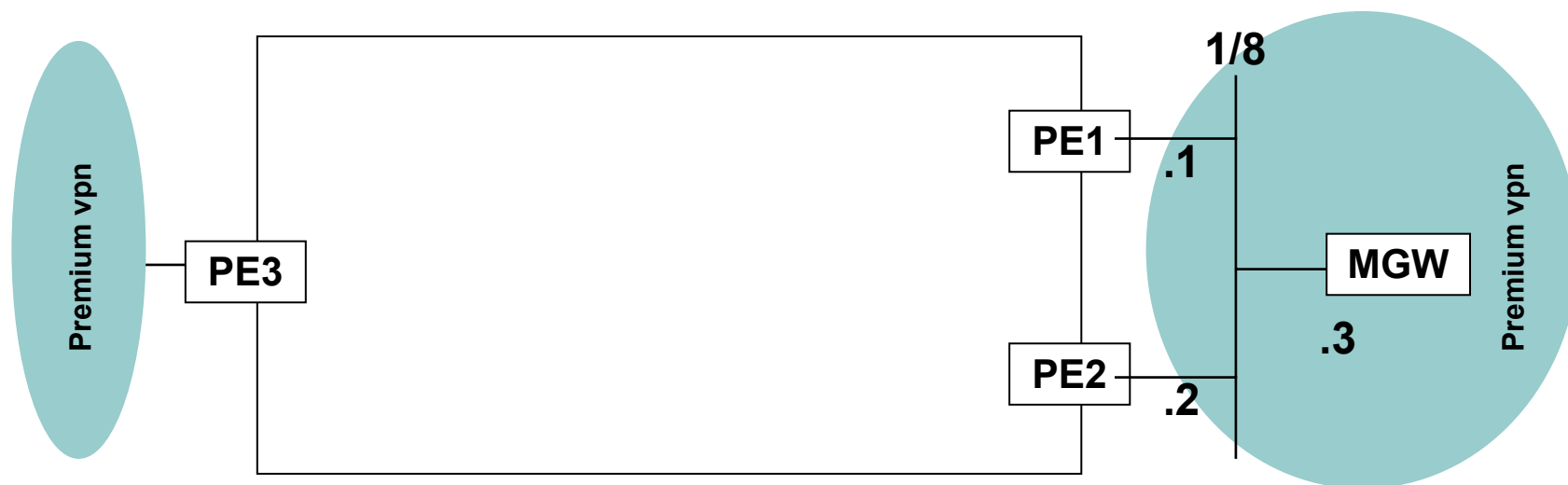
Cisco Expo  
2007

## Локальная сходимость BGP при сбое линка PE-CE



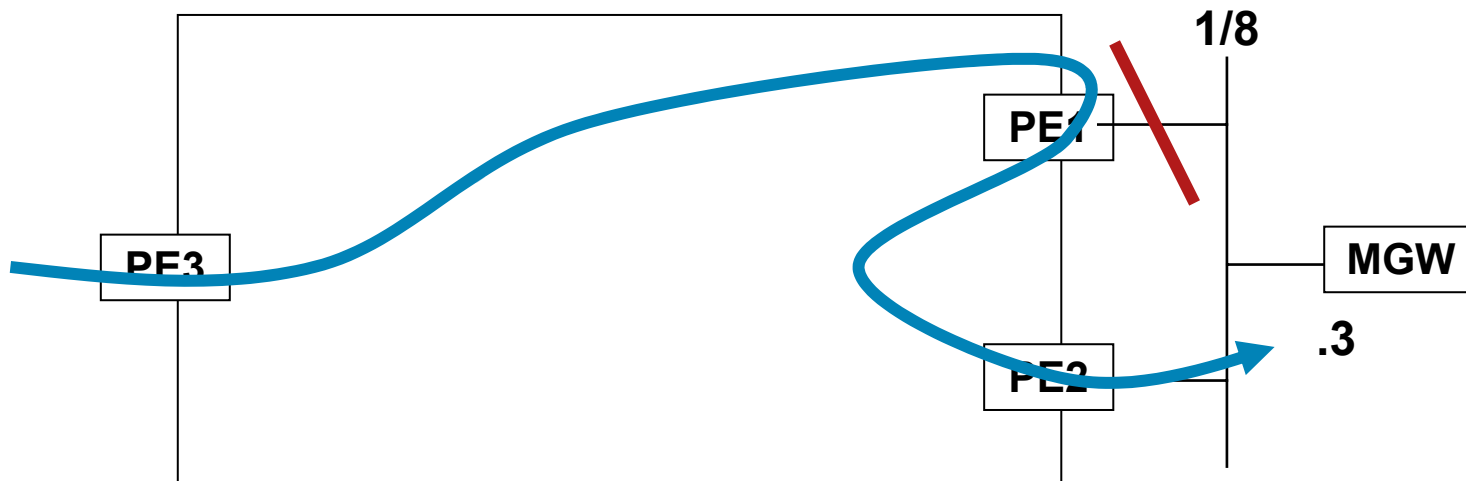
**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Пример



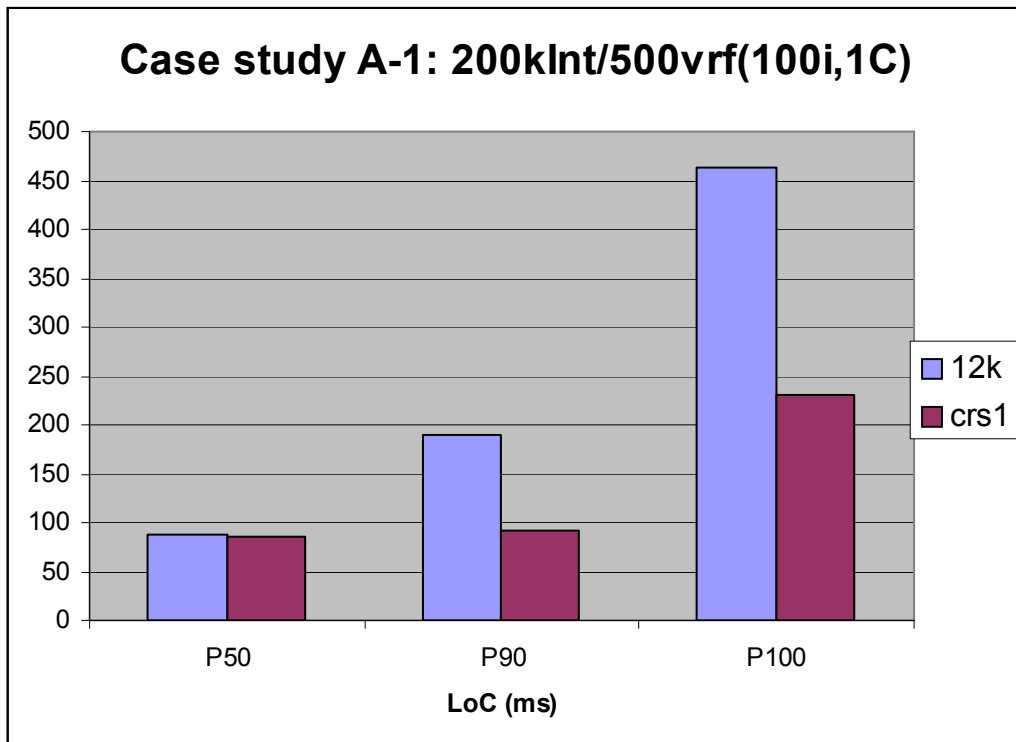
- “Премиум” VPN с очень жесткими требованиями к сходимости (например, шлюзы VoIP)
- Клиент может быть подключен к VPN просто как GE хост, со статической маршрутизацией или по eBGP
- Оператору нужно решение с поддержкой мультисервисных PE (Internet + VPN)
- Сценарии сбоя: падение линка PE-CE или активация линка PE-CE
- Предположение: используются уникальные RD

# Локальная сходимость BGP VPN при падении линка PE-CE



- При потере сигнала на GE линке PE1 удаляет connected 1/8 в VRF. Затем вызывается процесс BGP, который определяет новый bestpath для 1/8 (через PE2 с меткой VPN 200) и обновляет RIB и FIB. Вся обработка инициируется по событию и BGP немедленно находит, на какие префиксы оно повлияло – даже при наличии сотен тысяч маршрутов IPv4 и VPNv4.
- Обновив RIB, PE1 посылает withdraw через рефлекторы всем удаленным PE, которые через некоторое время сходятся и выбирают PE2 как hпор для 1/8
- Потеря связности, связанная со сходимостью удаленных PE, устраняется, поскольку все это время PE1 перенаправляет пакеты для 1/8 на PE2 с корректной меткой.

# Очень консервативный пример



200k маршрутов Internet

50k маршрутов VPNv4

500 VRF, каждая со 100 ibgp префиксами и 1 connected префиксом

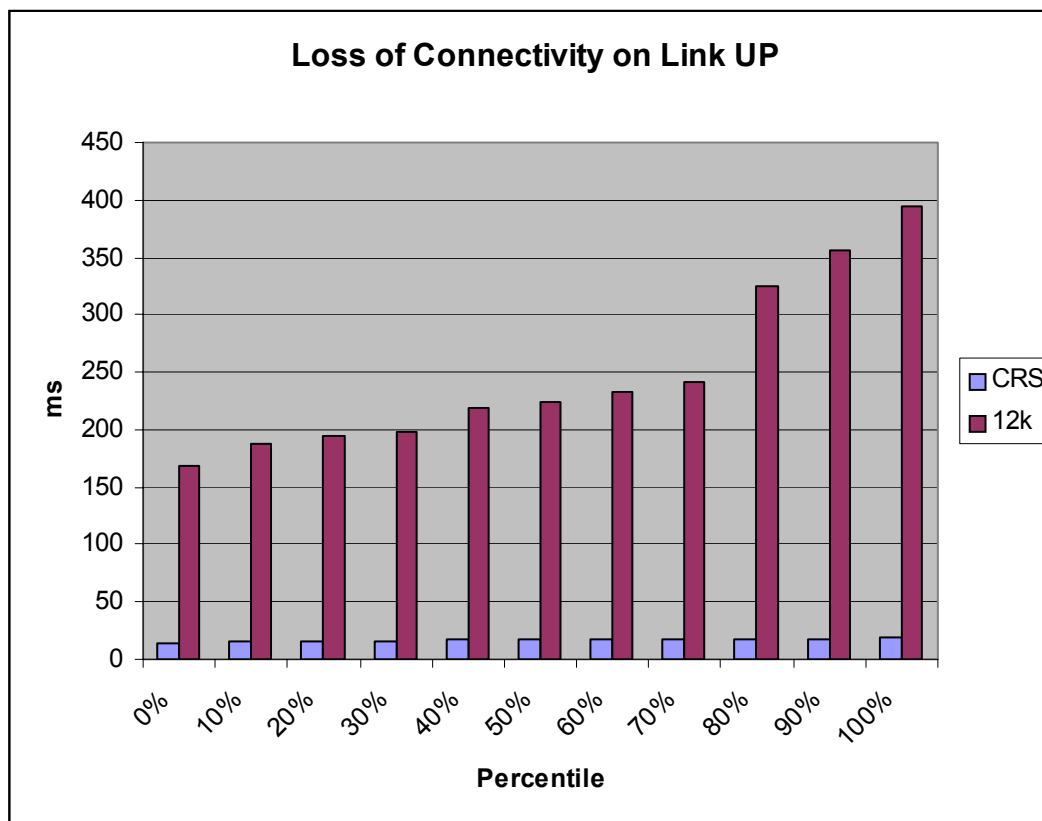
Событие: падает интерфейс в VoIP VRF

Результаты получены с IOX 3.3

**Мультисервисный PE, 200k IPv4 маршрутов, IPv4 пиринг, 500 VPN, 50k VPNv4 маршрутов**

**Обнаруживает и перемаршрутизирует трафик для критичного VPN в обход сбоя меньше чем за 250ms на CRS/IOX3.3 (медиана < 100ms!)**

# Поведение при активации линка (connected)



- Тест повторялся 50 раз.
- Показано распределение времени сходимости (потери связности) с MGW

# Версии IOS XR

- CRS in IOX 3.3
- 12k in IOX 3.3



Cisco Expo  
2007

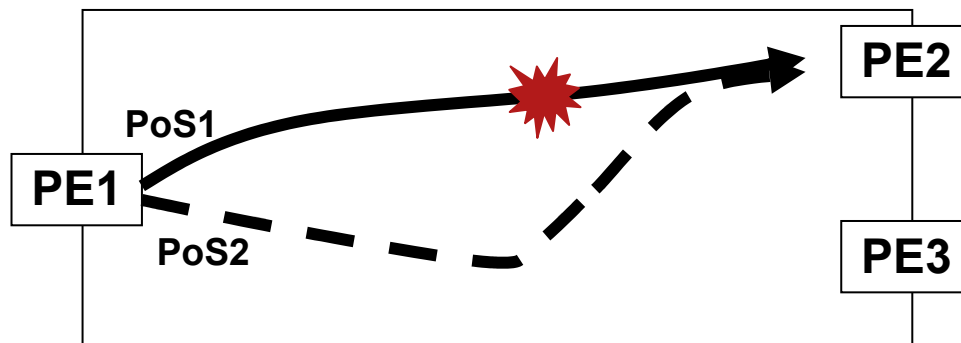
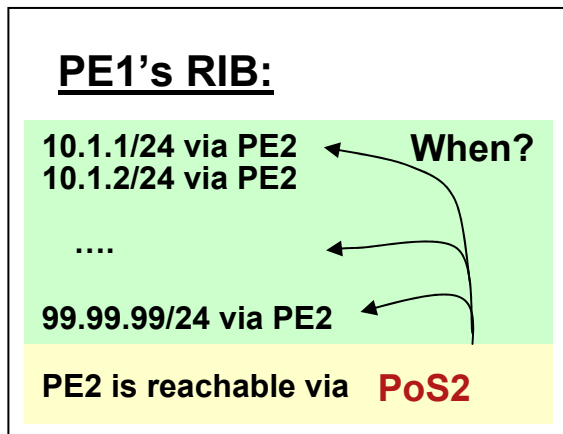
Независимость  
сходимости BGP от  
количества префиксов

Сбой в ядре сети



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Независимость сходимости BGP от количества префиксов – сбой в ядре



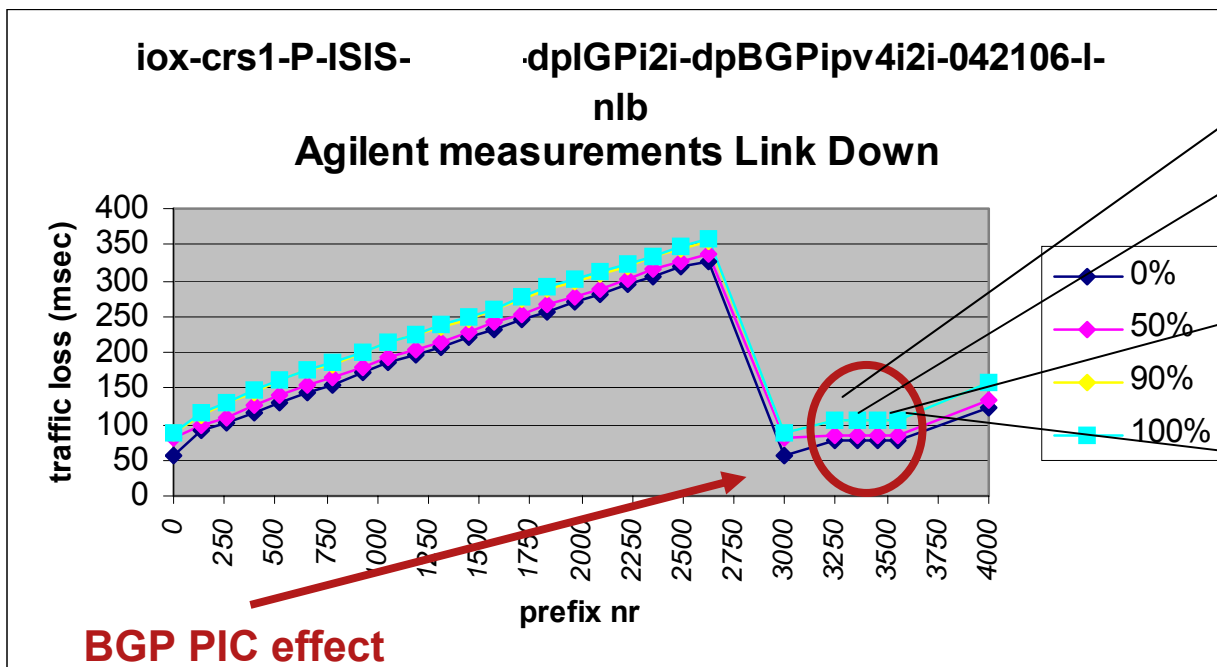
- При сбое в ядре IGP находит альтернативный путь к BGP next-hop PE2 за несколько сотен мс
- Требование: BGP префиксы, зависящие от доступности PE2, должны использовать новый путь ISIS как только он установлен в FIB

# Что здесь не так?



- Если структура FIB не иерархическая, нужно последовательно обновить все зависящие записи. Такой алгоритм масштабируется как  $O(300k) * 50 \text{ us}$  и приводит к потере связности на уровне BGP (= VPN, Internet) в десятки секунд!

# Правильное решение - “BGP PIC” не зависит от количества префиксов



- Сходимость для BGP nhop
  - Сходимость для первого BGP маршрута, зависящего от данного nhop
  - Сходимость для среднего (50k) BGP маршрута, зависящего от данного nhop
  - Сходимость для последнего (100k) BGP маршрута, зависящего от данного nhop
- Префиксы от 1 до 2500 относятся к ISIS. BGP nhop – важный префикс и приоритизируется на самое начало процесса сходимости

- Тестовая площадка: Топология Tier1 ISP, CRS1, IOX3.3, 2500 префиксов ISIS, 100k зависимых маршрутов BGP для пострадавшего BGP nhop
  - такое же поведение для VPNv4 !
- Как только сходится ISIS, все зависимые маршруты BGP немедленно начинают использовать новый путь

# Версии IOS XR

- 12k: IOX 3.3 (ipv4, vpnv4, ipv6)
- CRS: IOX 3.4 (ipv4, vpnv4, ipv6)



Cisco Expo  
2007

Независимость  
сходимости BGP от  
количества префиксов

Сбой на границе сети



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

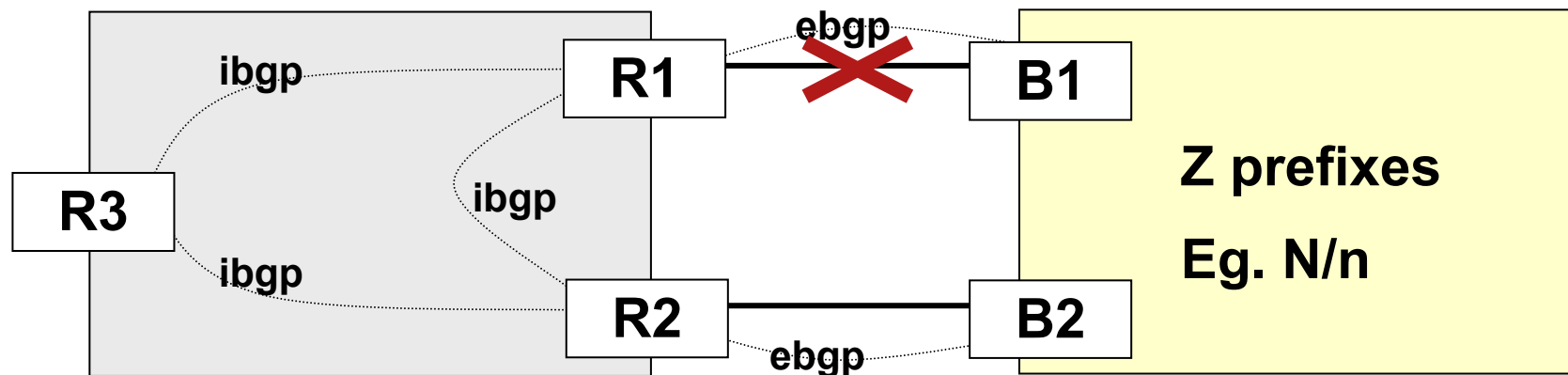
# Цель

- Сходимость BGP на альтернативный путь через несколько сотен миллисекунд при сбое PE или пирингового линка
- Даже если упавший PE или сосед анонсировали 300к префиксов

# Предположение

- Сбой должен привести к удалению BGP next hop в результате пересчета IGP
  - Сбой PE: его IGP соседи обнаруживают потерю и инициируют процесс сходимости на всех удаленных PE, который завершается удалением данного узла из топологии и, соответственно, всех BGP nhop на этом узле (его /32) или на пиринговых линках за этим узлом.
  - Сбой пирингового линка: не следует использовать next-hop-self (BGP nhop должен быть на пиринговом линке), а на самом пиринговом линке должен быть запущен IGP в пассивном режиме. При сбое линка IGP сходится и процесс завершается удалением BGP nhop
- BGP префиксы, на которые влияет сбой, должны иметь альтернативные пути, исталированные как BGP multipath

# Пример



Два ISP установили пиринг в нескольких точках и обмениваются 100k BGP префиксов.

R3, типичный PE внутри “серого” ISP, инсталлирует каждый из этих 100k BGP префиксов как multipath маршрут с 2-мя nhop (BGP nhop B1, BGP nhop B2)

Мы посылаем трафик с R3 на каждый из 100k BGP префиксов “желтого” ISP. Мы измеряем потерю связности при сбое линка между R1 и B1.

Тестируемое устройство (R3) - 12k с IOX 3.3

# Результаты

- 128msec !
  - Через 128msec в результате сходимости IGP R3 обновил свое дерево FIB таким образом, что все 100k BGP префиксов используют альтернативный путь через R2
  - Затем запускается нормальный процесс BGP сходимости, в ходе которого R2 посылает 100k сообщений withdraw, а R3 100k раз выполняет поиск bestpath и модифицирует RIB. Этот процесс скорее всего займет несколько десятков секунд, но никак не отразится на связности, поскольку R3 использует BGP PIC и его FIB была корректно обновлена в результате сходимости IGP.

# Версии IOS XR

- Для multipath
  - E3/E5: IPv4 & IPv6 = 3.3, VPNv4 = 3.5
  - CRS: IPv4 & IPv6 & VPNv4 = 3.5



Cisco Expo  
2007

## Сходимость PIM SSM для IPTV



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Поведение PIM в IOS XR 3.4

- Асинхронная обработка - PIM реагирует на события без каких-либо дополнительных задержек
- Доступ к БД оптимизирован для поиска по адресу источника, чтобы избежать последовательного сканирования.

# Поведение PIM в IOS XR 3.4

- По умолчанию, принимаем join/prune от не-PIM соседей и шлем join/prune не-PIM соседям

```
router pim address-family ipv4
  neighbor-check-on-recv disable
  neighbor-check-on-send disable
```

- При появлении нового соседа, обновляем для него все join

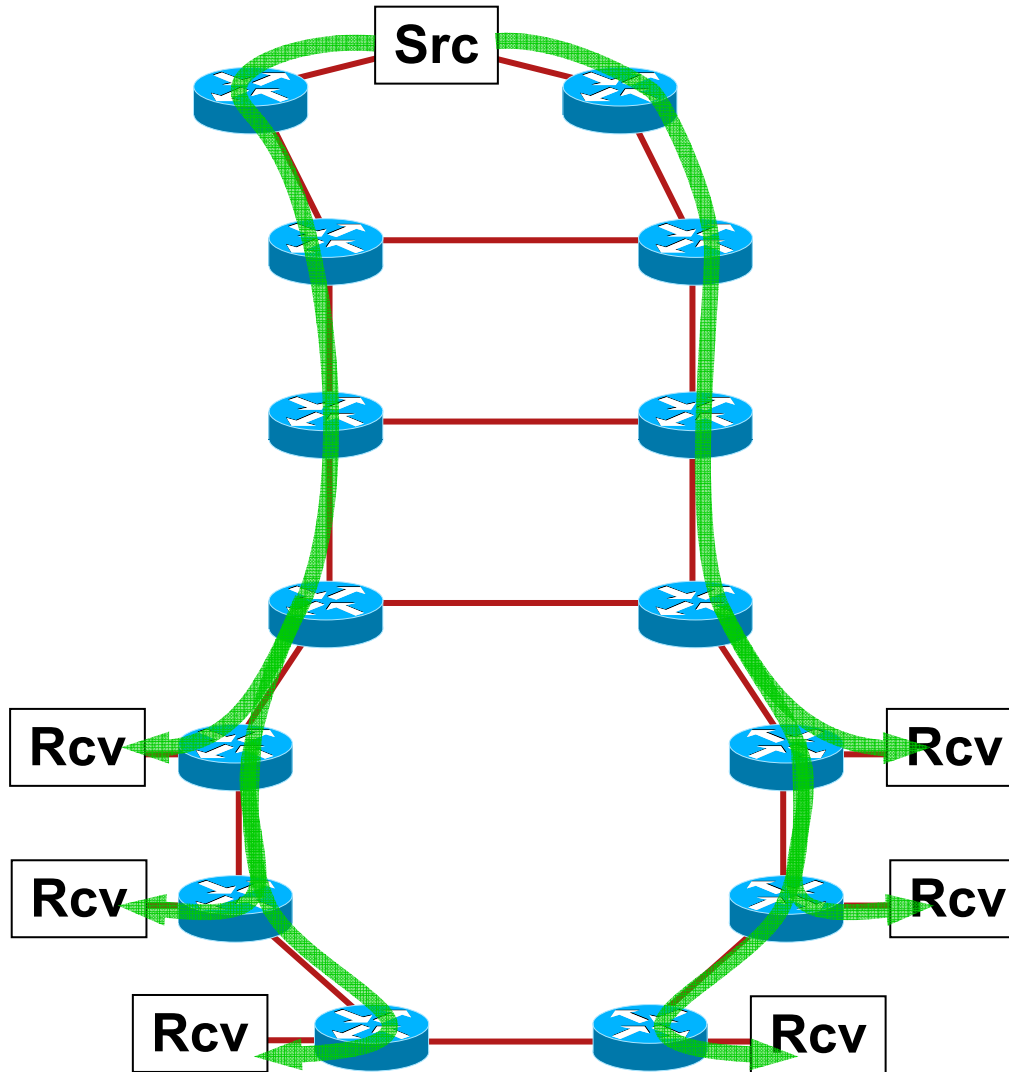
# Поведение PIM в IOS XR 3.4

- PIM автоматически регистрирует источники в RIB (для извещения о событиях)
- RIB извещает PIM при изменении доступности зарегистрированных источников – например, в результате сходимости unicast IGP.
- Отдельное извещение на каждый модифицированный источник
- В результате такого извещения PIM активируется и обрабатывает все группы, использующие данный источник – при необходимости модифицирует RPF интерфейс и посылает prune и join).
- Структура данных, описывающая источник, содержит ссылки на зависимые состояния (S,G), что существенно ускоряет доступ и обработку.

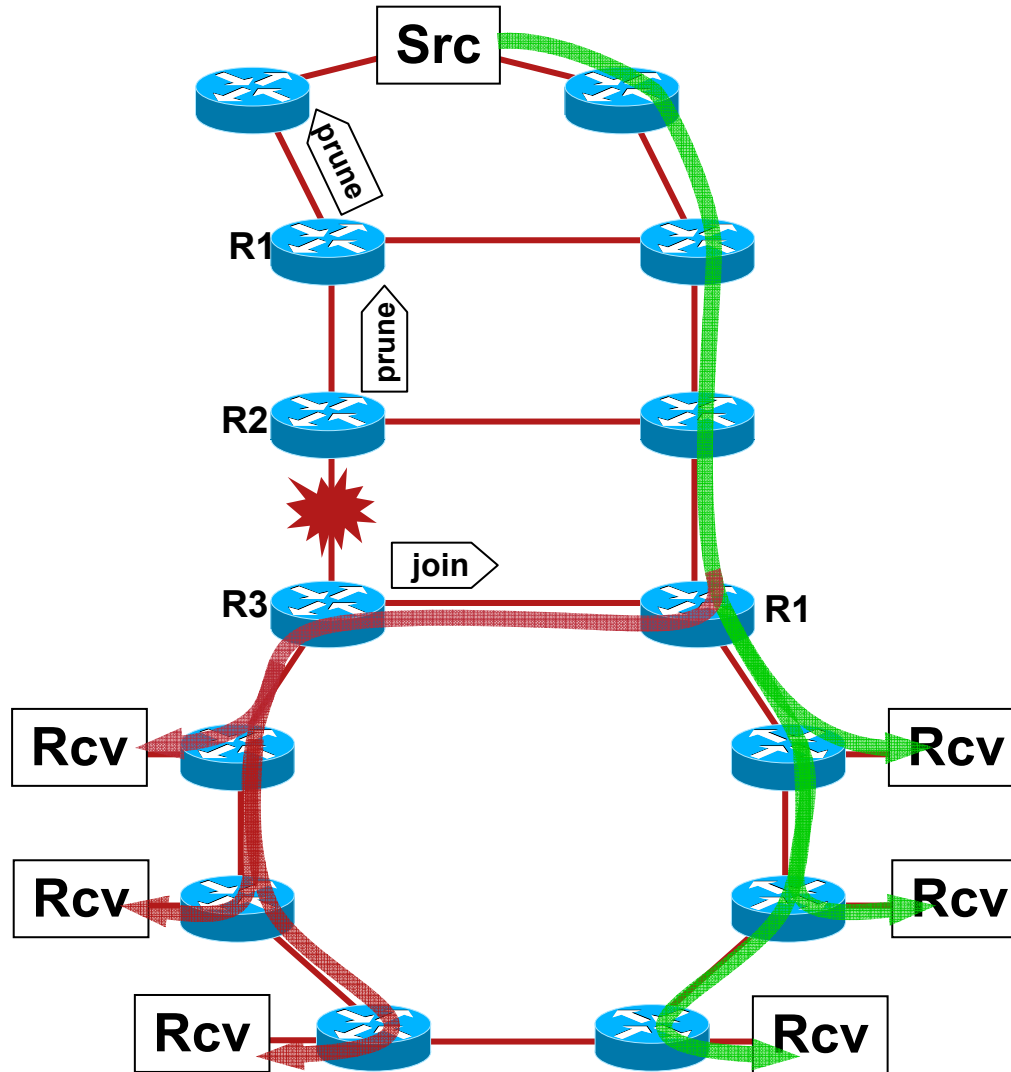
# Поведение PIM в IOS XR 3.4

- PIM активизируется немедленно при получении join
- PIM немедленно обрабатывает join и модифицирует состояния (добавляет oif и т.п.)

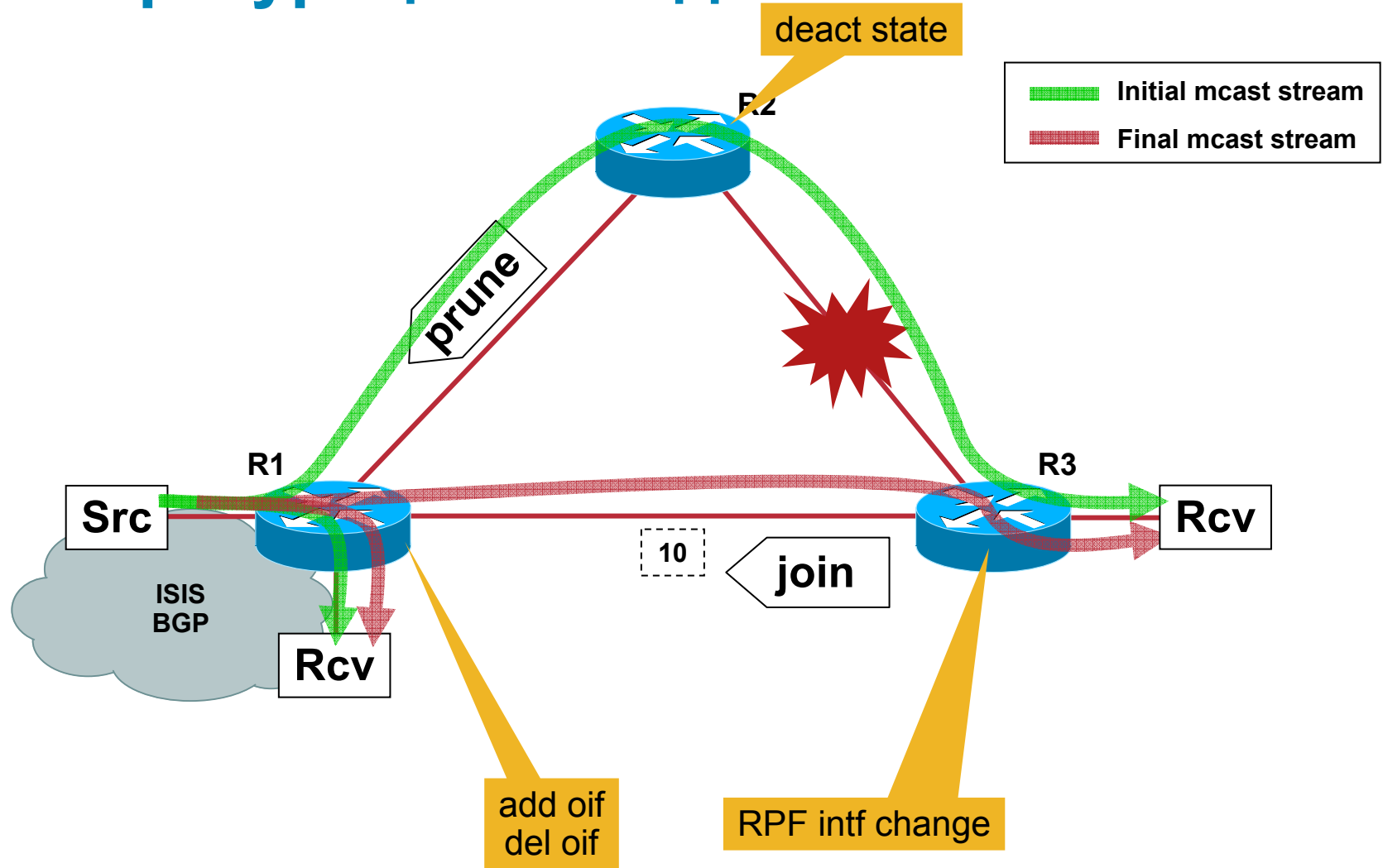
# Топология – до сбоя



# Топология – Сбой 1



# Конфигурация стенда – сбой 1



# Тестовый сценарий: IGP и BGP

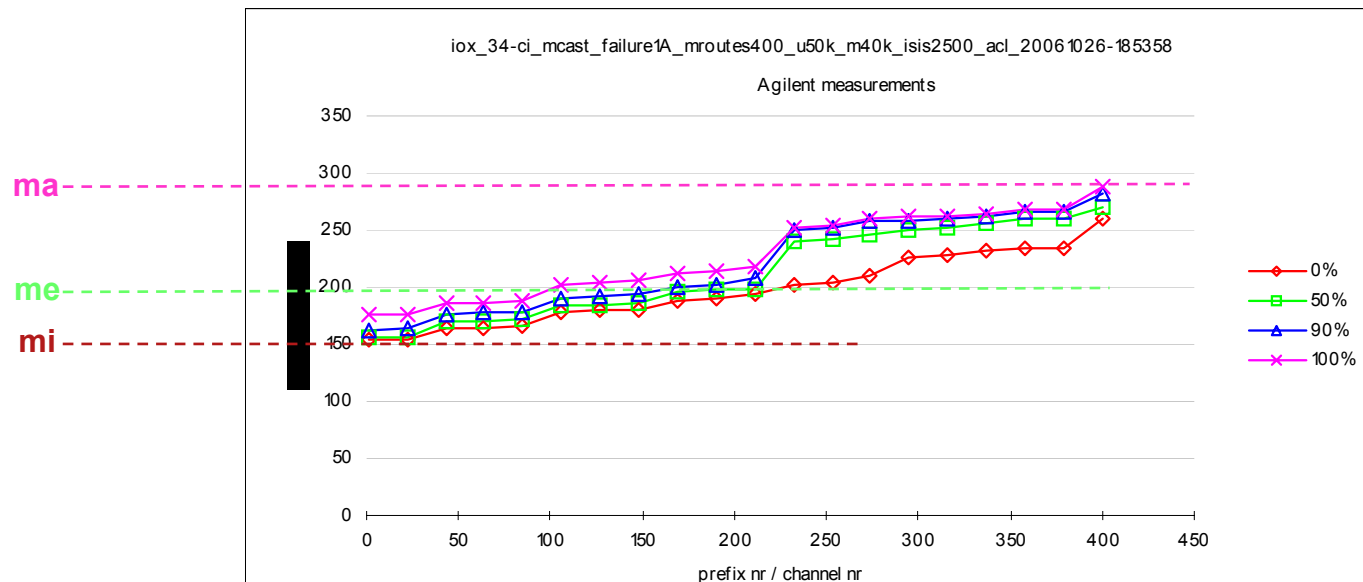
- 2,500 префиксов ISIS (852 узлов)
- 5,000 префиксов ISIS (1625 узлов)
- 250,000 BGP префиксов, BGP сконфигурирован на всех тестируемых системах
- “облака” IGP и BGP расположены за multicast источниками
- Источникам multicast присвоен приоритет Critical в ISIS
- Настройки ISIS по умолчанию (оптимизированные)

# Тестовый сценарий: Multicast

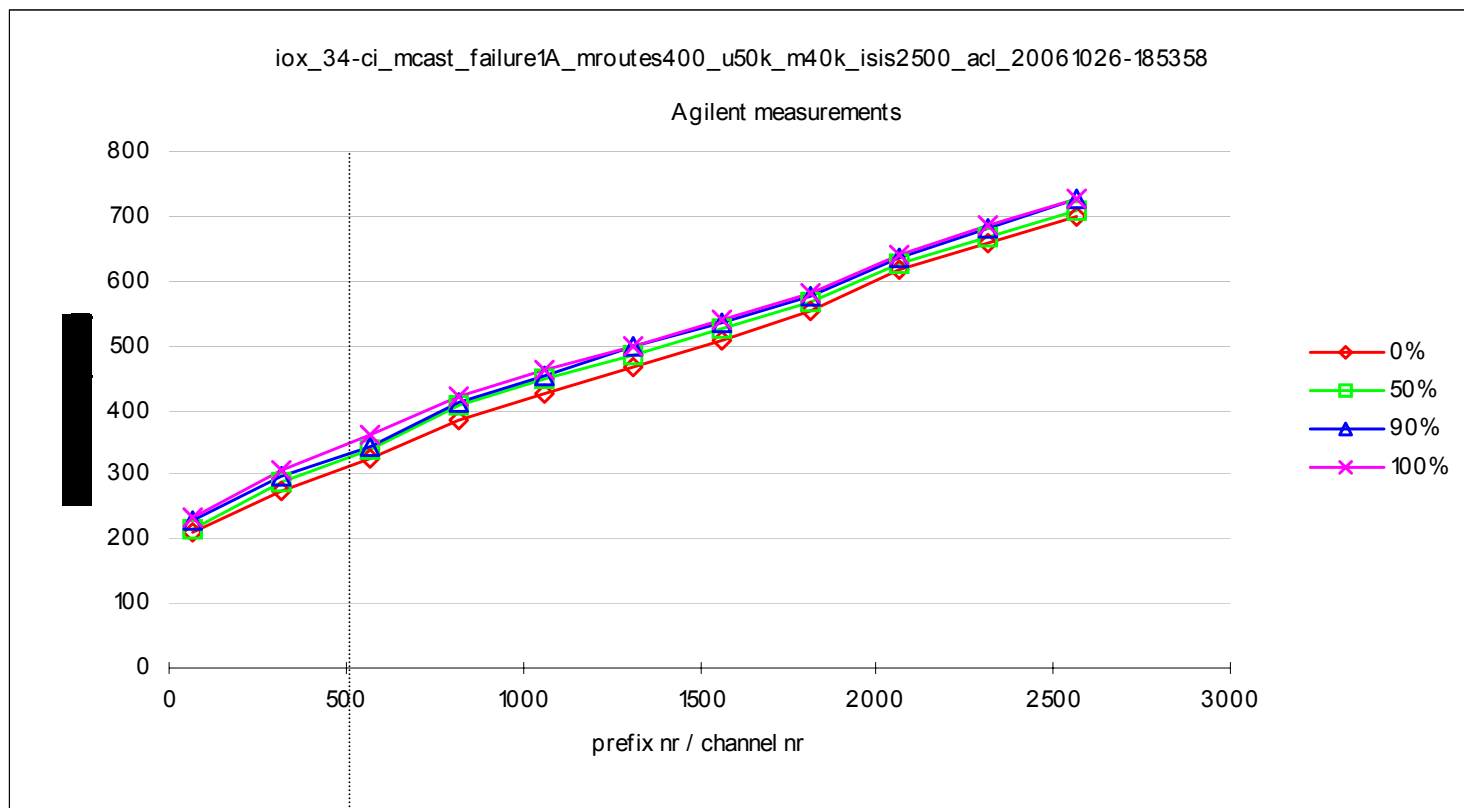
- MC = Multicast Convergence
- Тест с SSM
  
- $\leq 4000$  SSM каналов
  - $\leq 10$  источников multicast
  - 400 (уникальных) multicast групп на источник
- Результаты получены для источников доступных по IGP
  - в будущем: по BGP

# Агрегированные результаты

- MC(mi | me | ma, 400 | 800 | 4000) : multicast convergence
  - **mi**: процентиль 0 от процентилля 0 измерений [ms] - “минимум минимумов”  
нижняя точка красного графика
  - **me**: процентиль 50 от процентилля 50 измерений [ms] - “медиана медиан”  
средняя точка зеленого графика
  - **ma**: процентиль 100 от процентилля 100 измерений [ms] - “максимум максимумов”  
верхняя точка розового графика
  - **400 | 800 | 4000**: 400/800/4000 TV каналов

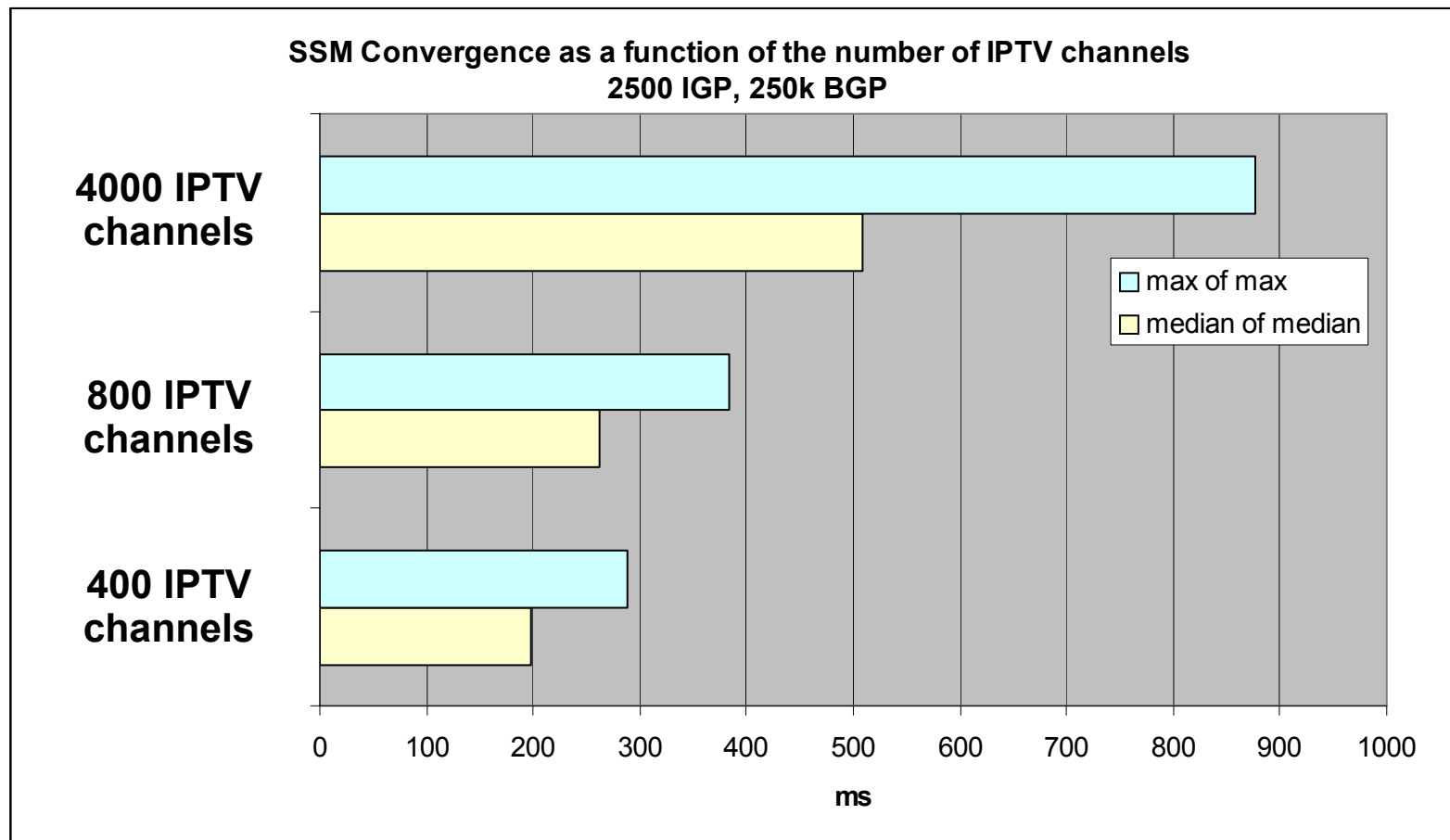


# Агрегированные результаты по всем доступным данным для CRS1



- Влияние multicast на unicast практически отсутствует
  - Первые 500 ISIS префиксов < 350ms, lsp-gen 50msec, spf iw =50msec

# Агрегированные результаты по всем доступным данным для CRS1



- SSM на CRS1 сходится весьма быстро!



Cisco Expo  
2007

## Резюме



**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Быстрая сходимость – это просто

- IGP, BGP и PIM исходно разработаны для поиска путей в обход сбоев и хорошо решают эту задачу, но время сходимости может быть довольно велико – десятки секунд.
- Технологии быстрой сходимости в IOS XR позволяют сократить время сходимости до сотен миллисекунд с минимумом настроек – оператору не нужно видеть сложность процесса
  - сложность и интеллект в реализации оборудования и ПО
  - все механизмы активны по умолчанию
  - оптимизированные значения таймеров основаны на исследовании процессов сходимости в крупнейших IP сетей и не ухудшают стабильность
  - не требуется сложное предварительное планирование или специальное сопровождение
- Простота => снижение расходов на проектирование и эксплуатацию

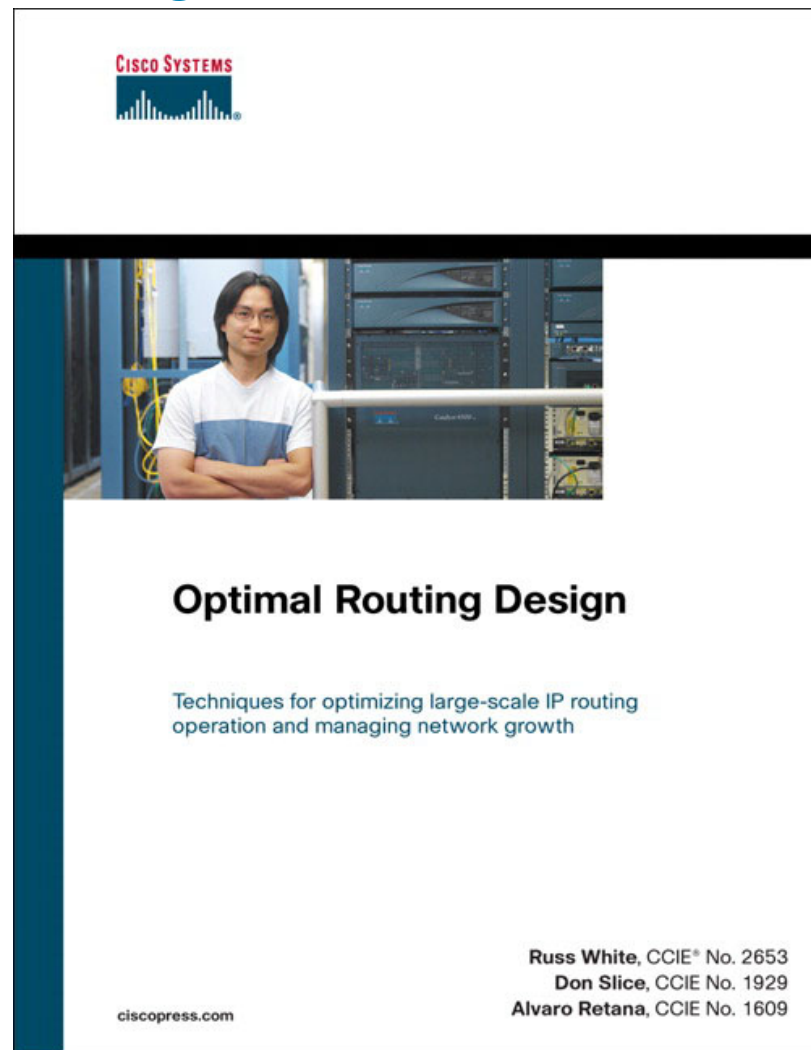
# Результаты

- CRS с IOS-XR
- Суб-секундная сходимость IGP- это очень консервативная оценка
  - **Один из Tier1 клиентов достиг сходимости в пределах 200msec**
  - Сходимость BGP для VoIP VPN < 500 msec
  - Сходимость SSM для IPTV (400 каналов) < 300msec
  - Сбой граничного маршрутизатора с 300k BGP префиксов < 1sec
- Частота сбоев
  - Европейский бэкбон (2003): среднее время между сбоями линков > 230 часов

# Рекомендуемая литература

BRKIPM -3004

- Optimal Routing Design



**Издания доступны в магазине компании Cisco**

