

The logo for NIC.br features the text "nic.br" in a bold, sans-serif font. The ".br" is a vibrant green color, while "nic" is black. Below the text, the full name "Brazilian Network Information Center" is written in a smaller, black, sans-serif font.

nic.br
Brazilian Network
Information Center

The logo for EGI.br features the text "egi.br" in a bold, sans-serif font. The ".br" is a vibrant green color, while "egi" is black. Below the text, the full name "Brazilian Internet Steering Committee" is written in a smaller, black, sans-serif font.

egi.br
Brazilian Internet
Steering Committee

A row of six logos for Brazilian internet infrastructure entities, all in a white sans-serif font with a green ".br" domain extension. The logos are: "registro.br", "cert.br", "cetic.br", "ceptro.br", "ceweb.br", and "ix.br".

registro.br cert.br cetic.br ceptro.br ceweb.br ix.br

Uso de Segment Routing IPv6 (SRv6) no IX.br

Fabio Pessoa Nunes <fpnunes@nic.br>

IX.br Engineering

nic.br

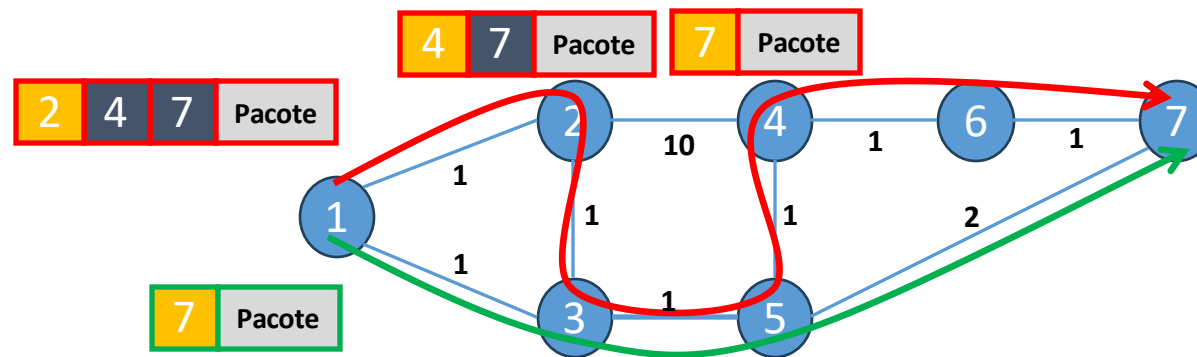
Segment Routing (SR)

- Source Routing
 - O nó de origem escolhe o caminho do tráfego pela rede inserindo uma lista de segmentos que instruem cada elemento no caminho como encaminhar aquele pacote
- “Segment” é uma instrução que os nós executam nos pacotes recebidos
 - Exemplos: Encaminhar pacote baseado no melhor caminho para o destino, encaminhar através de uma interface específica, entregar o pacote para uma aplicação/serviço específico no host

Segment Routing (SR)

- “Segment Identifier (SID)” identifica o segmento.
 - Pode ser representado por labels MPLS ou por endereço IPv6
- Cada pacote pode carregar uma lista de Segmentos indicando várias instruções a serem executadas, mas apenas um Segmento será o Segmento Ativo que representa a ação que deve estar sendo executada
- Operações básicas a serem executadas: PUSH, CONTINUE e NEXT
- Os segmentos são distribuídos pelo protocolo de roteamento com extensões para associar o SID a um prefixo, uma adjacência ou um serviço do nó.

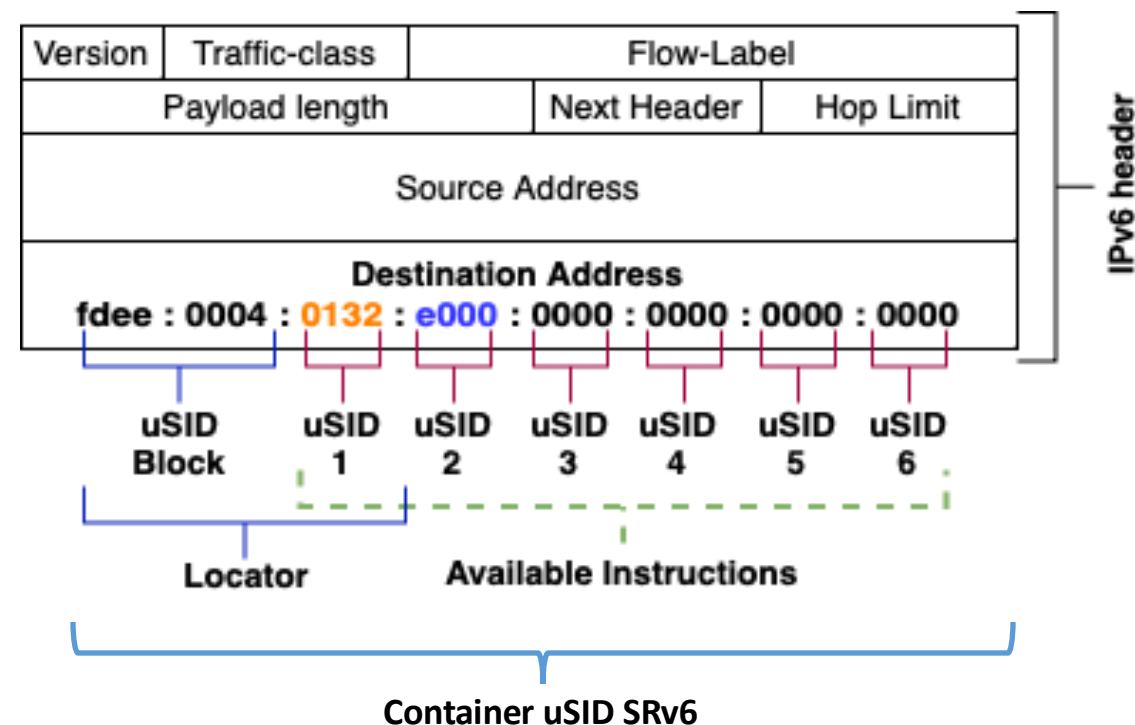
Segment Routing (SR)



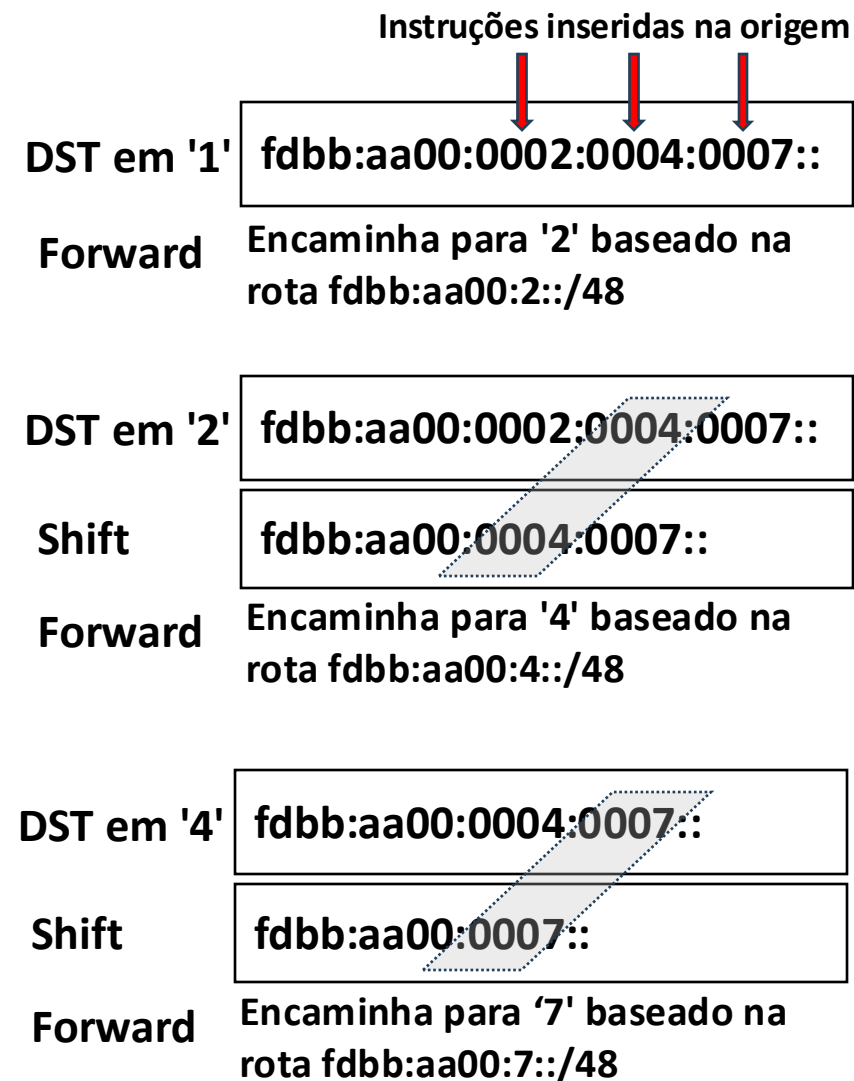
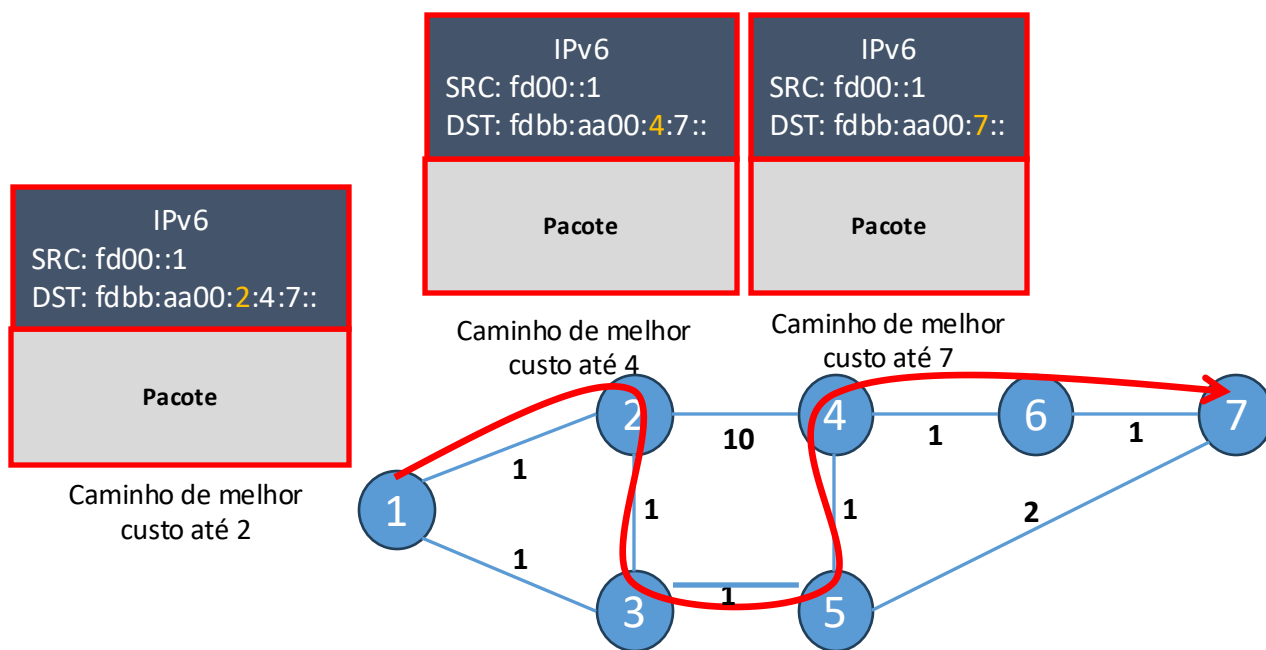
-  Caminho de melhor custo até nó 7
-  Caminho de melhor custo até nó 7, passando pelo nó 2 e pelo nó 4
-  Segmento Ativo

O que é uSID SRv6?

- SRv6 é apenas IPv6!
- Os SIDs são armazenados dentro do cabeçalho do IPv6
- Atualmente o uso de Micro SIDs (uSID) é mais recomendado
- “**Locator**” representa um nó na rede (distribuído pelo IGP)
- Nós intermediários não precisam entender SRv6
 - Longest Prefix Match



Como funciona uSID SRv6?

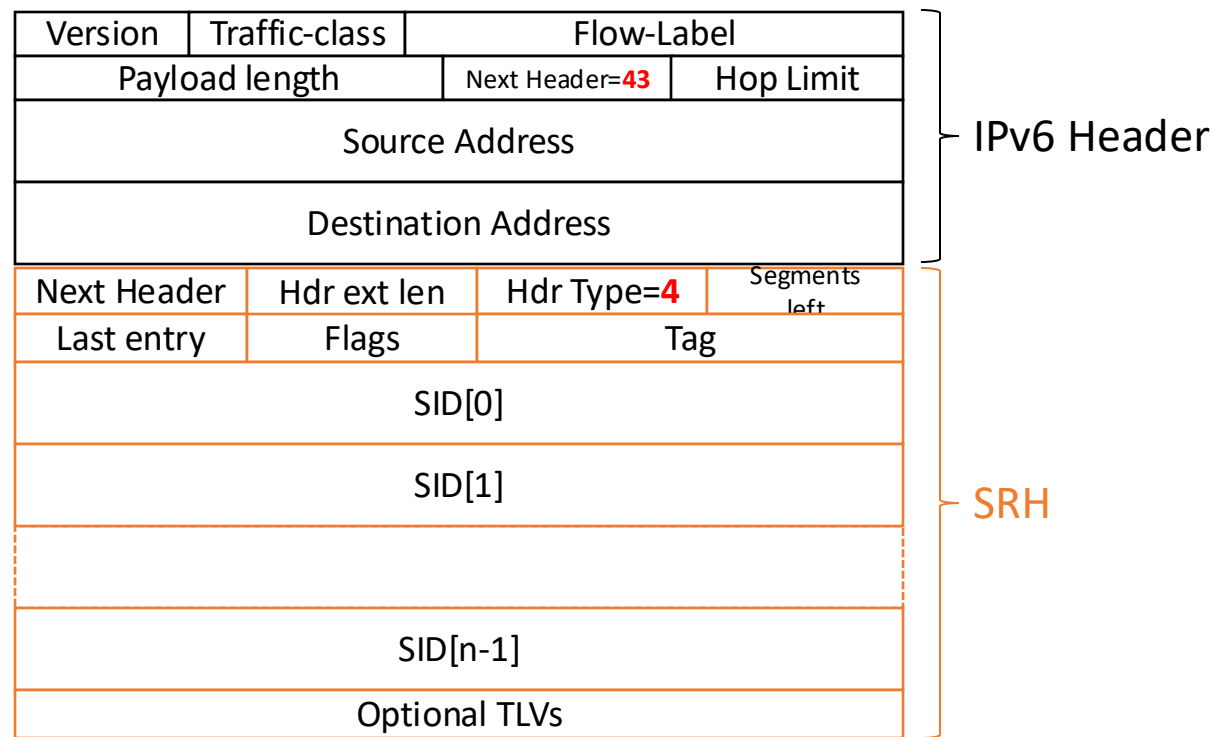


Mais de 6 instruções?

- O uso do Segment Routing Header (SRH) permite o envio de mais containers ao mesmo tempo

Container uSID SRv6 Ativo →

**Containers uSID SRv6
a serem executados
na sequência** →



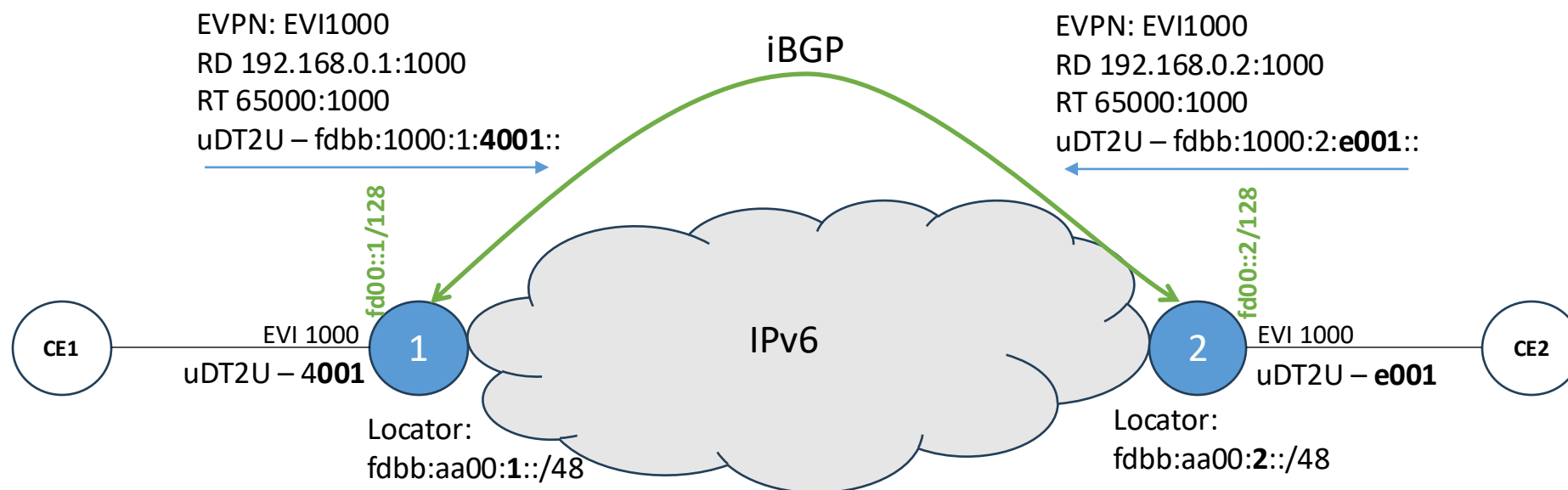
SRv6 Endpoint Behaviour

- Existe uma série de funções e comportamentos que podem ser atribuídos ao SID, indicando como o nó que anunciou o SID vai tratar pacotes recebidos com aquele SID

Codename	Comportamento	Aplicação
End (uN)	Endpoint	Node SID
End.X (uA)	Endpoint with Layer-3 cross-connect	Adj SID
End.DX4 (uDX4)	Endpoint with decapsulation and IPv4 cross-connect	L3VPN Per-CE
End.DX6 (uDX6)	Endpoint with decapsulation and IPv6 cross-connect	L3VPN Per-CE
End.DT4 (uDT4)	Endpoint with decapsulation and specific IPv4 table lookup	L3VPN Per-VRF
End.DT6 (uDT6)	Endpoint with decapsulation and specific IPv6 table lookup	L3VPN Per-VRF
End.DT46 (uDT46)	Endpoint with decapsulation and specific IPv4&v6 table lookup	L3VPN Per-VRF
End.DX2 (uDX2)	Endpoint with decapsulation and L2 cross-connect	E-LINE
End.DT2U/M (uDT2U/M)	Endpoint with decapsulation and L2 unicast lookup / flooding	E-LAN

Lista completa: <https://www.iana.org/assignments/segment-routing/segment-routing.xhtml>

EVPN ELAN + SRv6



End.DT2U: Endpoint with decapsulation and L2 unicast lookup

EVPN ELAN + SRv6 (ROUTES)

ISIS TLVs FROM ROUTER 2:

```
Area Addresses:
  Area Address : (3) 49.0000
Supp Protocols:
  Protocols    : IPv6
IS-Hostname    : rtr2
Router ID      :
  Router ID    : 192.168.0.2
```

```
. . .
. . .
```

IPv6 Reach:

```
Metric: ( I ) 0
Prefix   : fd00::2/128
Metric: ( IS ) 0
Prefix   : fdbb:aa00:2::/48
Sub TLV  :
  AttrFlags: N
```

SRv6 Locator :

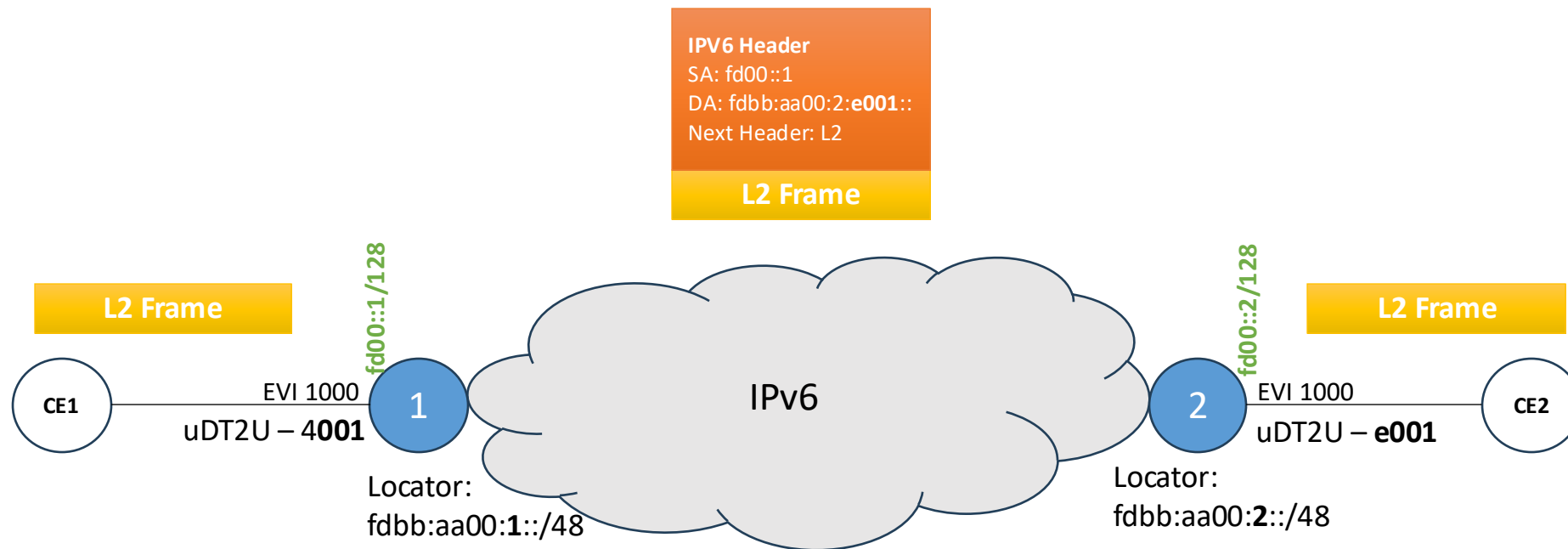
```
MT ID : 0
Metric: ( ) 0 Algo:0
Prefix   : fdbb:aa00:2::/48
Sub TLV  :
  AttrFlags: N
  End-SID   : fdbb:aa00:2::, flags:0x0, endpoint:End-NXT-CSID-PSP-USD,
             lbLen:32, lnLen:16, funLen:0, argLen:80
```

BGP L2VPN EVPN ROUTE FROM ROUTER 2:

```
Nexthop      : fd00::2
From          : fd00::2
Res. Nexthop  : fe80::be2c:e6ff:fe35:f492
Community     : origin:192.168.0.2:1000 ext:60e:c62 target:65000:1000
Originator Id : 192.168.0.2      Peer Router Id : 192.168.0.2
Origin        : IGP
Flags         : Valid
Route Source   : Internal
AS-Path        : No As-Path
EVPN type      : MAC
ESI            : ESI-0
Tag           : 0
IP Address     : n/a
Route Dist.    : 192.168.0.2:1000
Mac Address    : 44:45:aa:23:31:e9
MPLS Label1    : 57345          MPLS Label2    : n/a
Route Tag      : 0
Neighbor-AS    : n/a
```

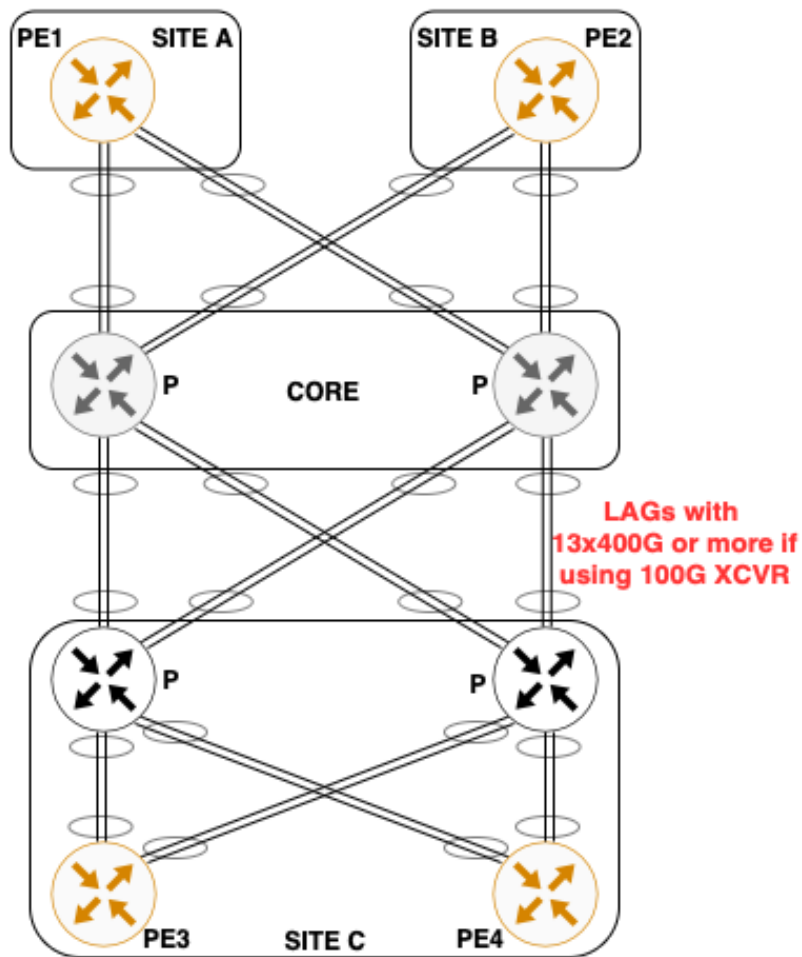
```
SRv6 TLV Type : SRv6 L2 Service TLV (6)
SRv6 SubTLV    : SRv6 SID Information (1)
Sid            : fdbb:aa00:2::
Full Sid       : fdbb:aa00:2:e001::
Behavior        : End.UDT2U (67)
SRv6 SubSubTLV : SRv6 SID Structure (1)
Loc-Block-Len  : 32              Loc-Node-Len   : 16
Func-Len       : 16              Arg-Len      : 0
Tpose-Len      : 16              Tpose-offset : 48
```

EVPN ELAN + SRv6



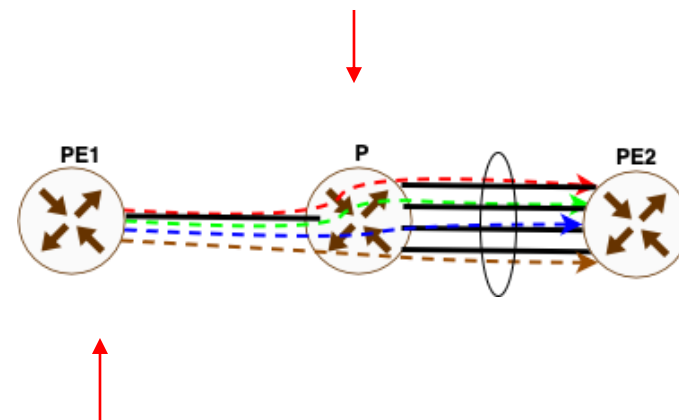
End.DT2U: Endpoint with decapsulation and L2 unicast lookup

Topologia genérica dos IXPs



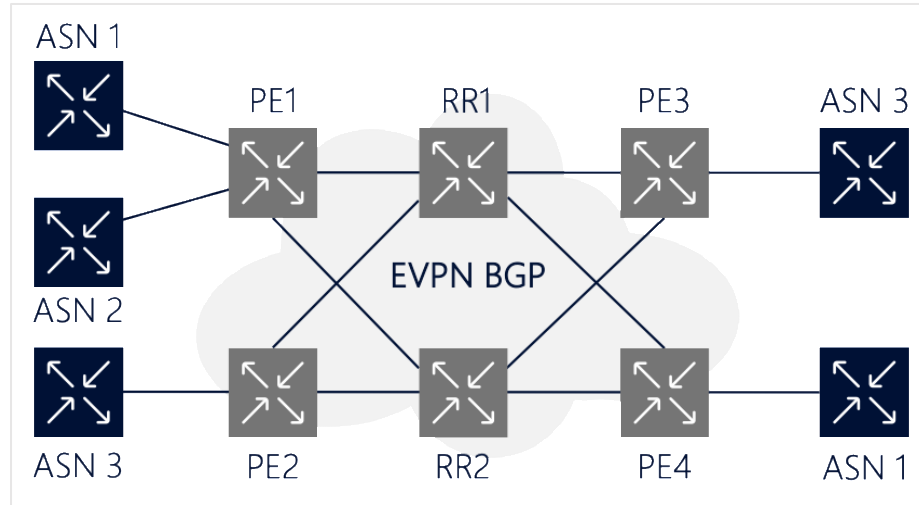
- Conectividade layer 2 entre ASNs
- Redes overlay usando topologia baseada em CLOS em regiões metropolitanas
- **Flow-aware transport (FAT) sempre foi um requerimento para balancear corretamente em ECMP e LAGs**
- Grande quantidade de MAC concentrados em poucos domínios layer 2

Como garantir que os P vão balancear o tráfego corretamente?



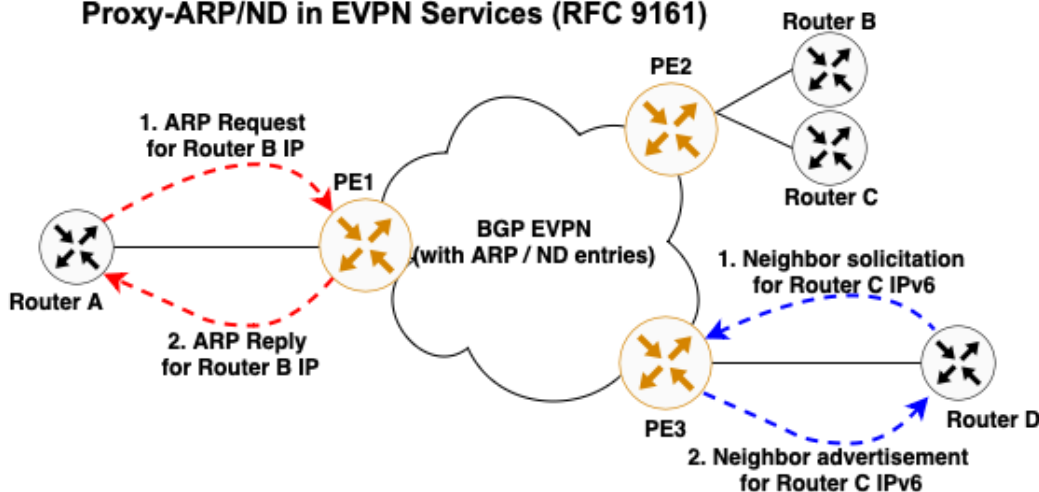
Nem todos os PE suportam FAT

Por que mudar de VPLS para EVPN?

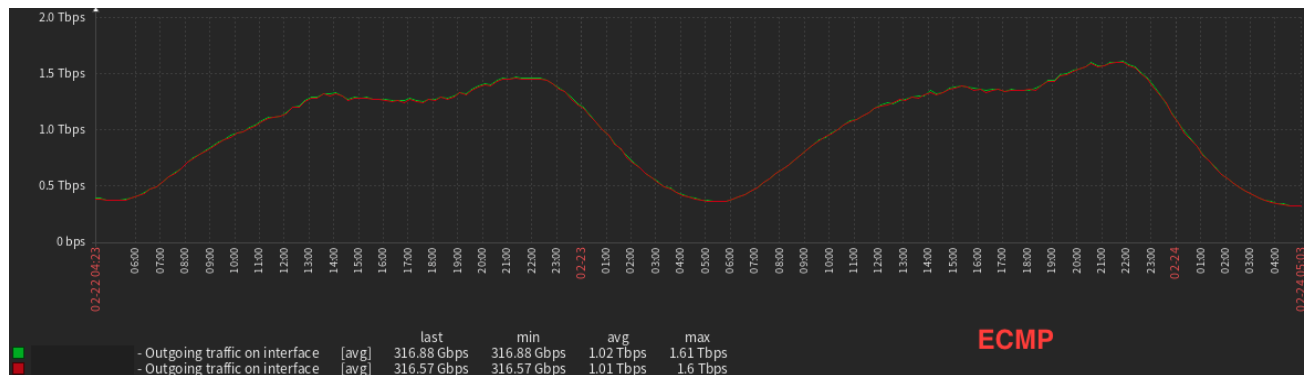
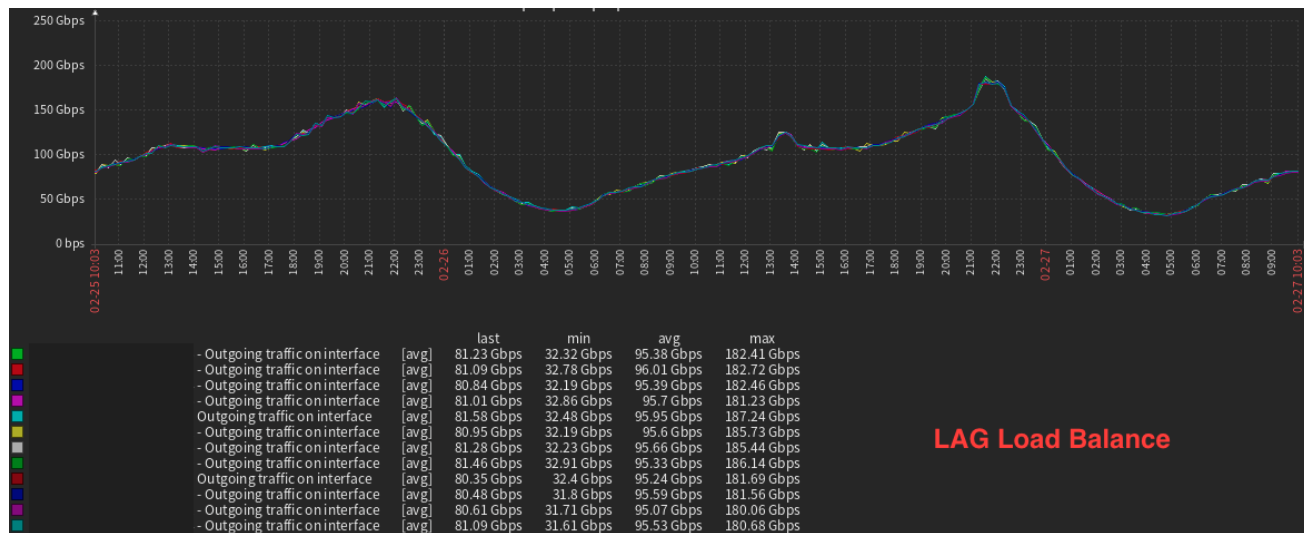


- Fácil de configurar e manter
- Melhor escala em número de devices e MAC
- Melhora a visibilidade da rede
- Rápida convergência dos serviços
- Redução do tráfego BUM
- Migração suave do VPLS

Proxy-ARP/ND in EVPN Services (RFC 9161)



Principal motivador para uso do SRv6



- SRv6 uSID é uma solução extremamente simples
- Todos os motivos conhecidos do Segment Routing, como evitar micro loops, rápida convergência e source routing
- O campo Flow-label do cabeçalho IPv6 garante balanceamento adequando em toda a rede
- Não é necessário que todos devices falem SRv6. O core apenas precisa encaminhar IPv6 (sem troca de devices)
- Configuração mais simples do que MPLS

Implementações atuais

- Brasília (Supressão de ARP/ND ativo)
- Curitiba
- Manaus
- Porto Alegre
- São Paulo (70%) (Supressão de ARP/ND em testes)
- Próximos passos:
 - Expandir para Fortaleza e Rio de Janeiro
 - Unificação do ATMv4 e ATMv6 em grandes localidades com supressão de ARP/ND

Obrigado

 fpnunes@nic.br

 fpessoanunes

04 de junho de 2025

nic.br **cgi.br**

www.nic.br | www.cgi.br