



Cisco Service Provider Technology Webinar

SRv6 update

Miya Kohno, Distinguished Systems Engineer, Cisco Systems



Agenda

Introduction

- SR-MPLSとSRv6の
ポジショニング
- アーキテクチャ変遷
可能性としてのSRv6の
意味

標準化状況

- Segment Routing 関連
標準状況のご報告

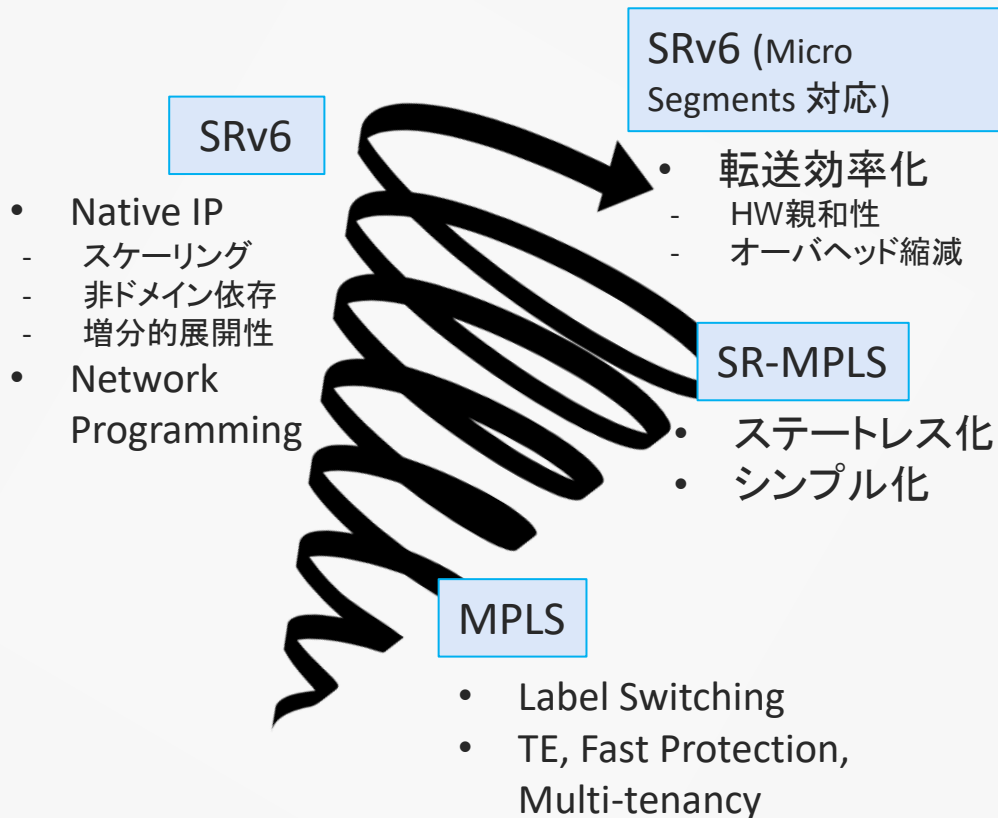
Segment Routing 機能 アップデート

- Network Slicing
- Performance
Measurement
- Per flow ODN
- IOS-XR 7.3.1 で追加
された機能

SRv6 Micro Segmentと 設計ガイドライン

- SRv6 Micro Segment
概要
- Locator SID 設計ガイド
ラインと自動化

らせん的發展 [*]

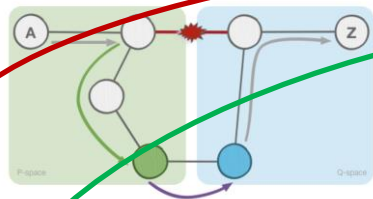


• [*] “Spiral Dynamics”, Hegel (1770-1831)

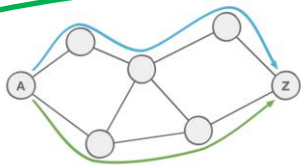
• SR-MPLS/SRv6 位置付けの違い

SR-MPLS	SRv6
<ul style="list-style-type: none"> • 旧来のMPLS Label Switchに対するソフトウェア変更で対応可能 • 機能実装がSRv6よりも先行 	<ul style="list-style-type: none"> • Native IP • 既存ドメイン区分に捉われない共通データプレーン • Network ProgrammingによるDomain Specific/ Declarativeなプログラミング

Segment Routing によるシンプル化と機能高度化の両立



Fast Protection



Traffic Engineering



VPN
Multi Tenancy



Automation

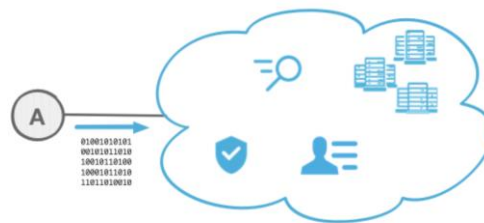
SR-MPLS



Massive
Scalability



NFV



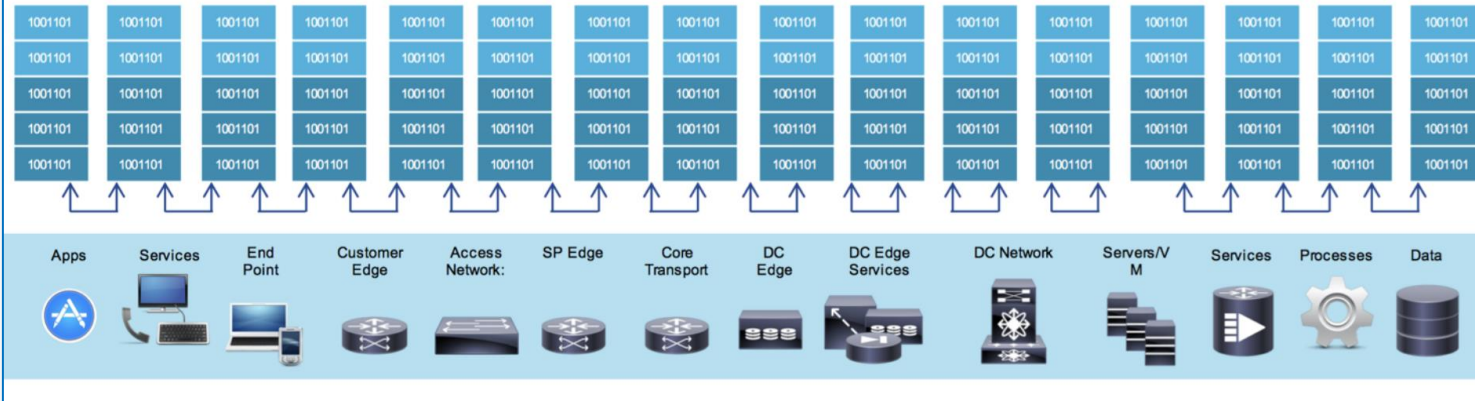
Network Programming

SRv6

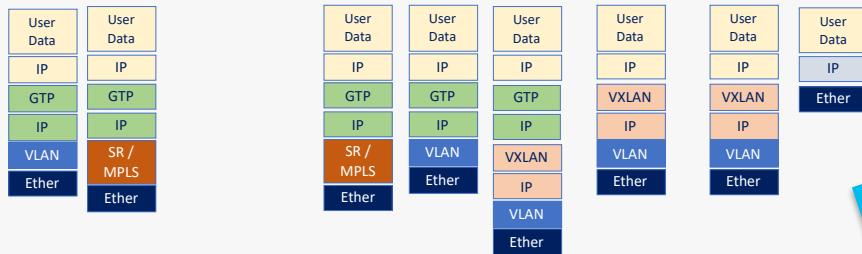
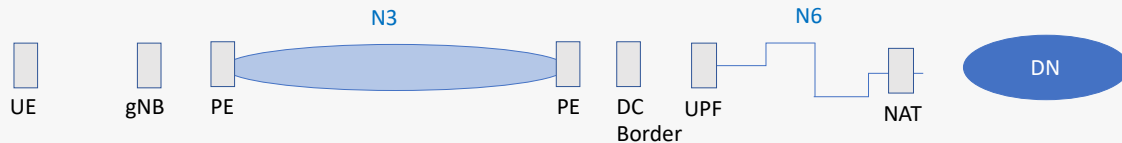
データプレーンの共通化

- 現在の制約やドメイン境界に捉われず、ドメイン毎に規定されているデータプレーン（Mobility – GTP, Broadband – PPPoE, WAN/Backbone – MPLS, DC – VXLAN を見直し、共通化することにより、Drasticなイノベーションを促進できる

- ドメインを越えたデータプレーンの統一（Access, WAN, DC, Applications..）
- Native(No more Tunnel/Overlay), Stateless, Simple

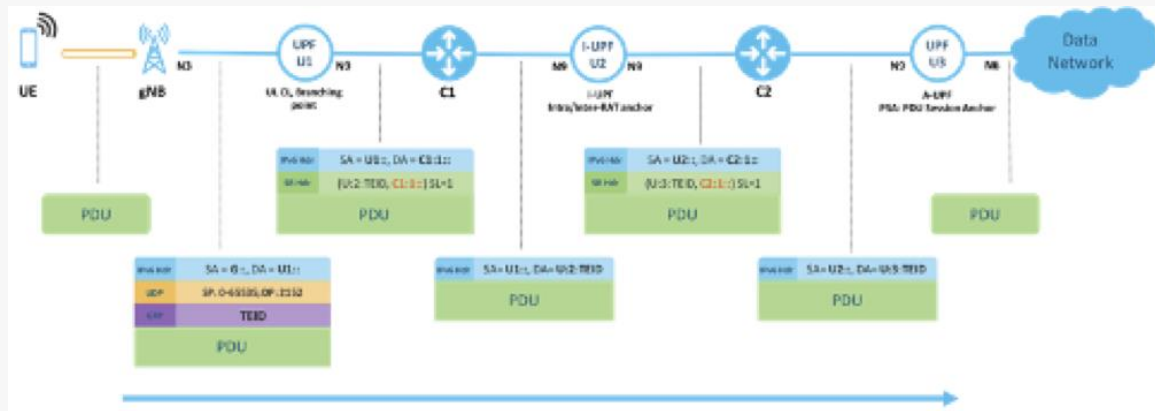


共通データプレーンとしてのSRv6

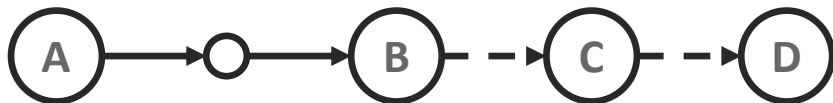


SRv6 net program (RFC8986)により、柔軟なプログラミングが可能 (既に定義されているWell Known Function以外にも、Mobility/GTPなどのサポート可能性)

- シンプル、スケーラブル
- 共通データプレーン
 - 複数ドメイン
 - オーバレイ・アンダーレイ
 - アプリケーションとの連携



SRv6 Header (RFC 8754)



IPv6 Hdr	SA = A::, DA = B::
SRH	(D::, C::, B::) SL=2
Payload	

IPv6 Hdr	SA = A::, DA = C::
SRH	(D::, C::, B::) SL=1
Payload	

• Native IP

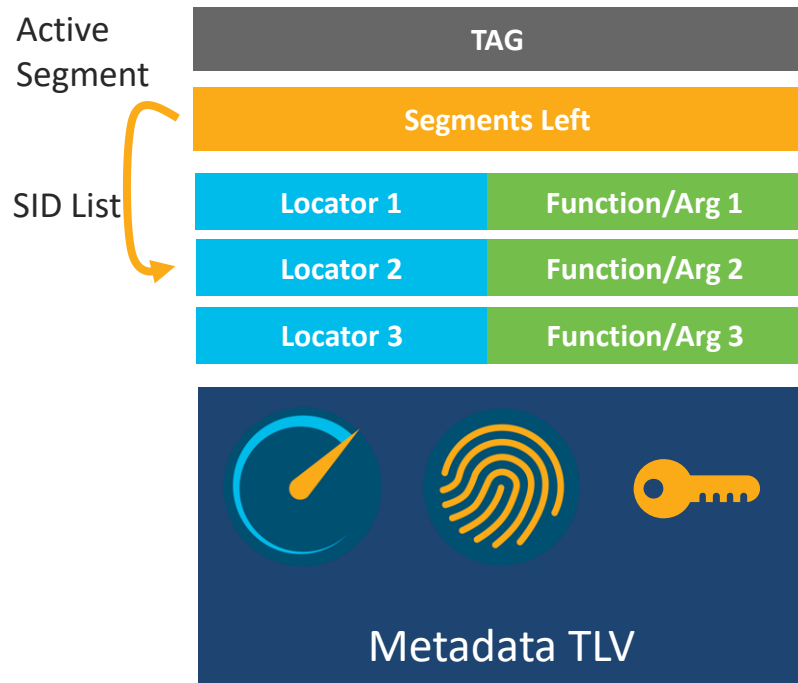
- Segment ID (SID) List は、IPv6ヘッダにエンコードされる
- 非SRv6ノードは通常のIPv6転送
- “Encap Reduced”、Micro segments^[*]によりSID List 圧縮可能

[*] draft-filsfils-spring-net-pgm-extension-srv6-usid-10

IPv6 Hdr	Version	Traffic Class	Flow Label	
	Payload Length		Next = 43	Hop Limit
	Source Address = A::			
	Destination Address = B::			
SRH	Next Header	Len= 6	Type = 4	SL = 2
	Last = 2	Flags	TAG	
	Segment List [0] = D::			
	Segment List [1] = C::			
	Segment List [2] = B::			
Payload				

IPv6 Hdr	Version	Traffic Class	Flow Label	
	Payload Length		Next = 43	Hop Limit
	Source Address = A::			
	Destination Address = C::			
SRH	Next Header	Len= 6	Type = 4	SL = 1
	Last = 2	Flags	TAG	
	Segment List [0] = D::			
	Segment List [1] = C::			
	Segment List [2] = B::			
Payload				

SRv6 Network Programming (RFC 8986)



- 任意のFunction定義可能
 - Declarative SDN
 - In-Network Computing

Agenda

Introduction

- SR-MPLSとSRv6の
ポジショニング
- アーキテクチャ変遷
可能性としてのSRv6の
意味

標準化状況

- Segment Routing 関連
標準状況のご報告

Segment Routing 機能 アップデート

- Network Slicing
- Performance
Measurement
- Per flow ODN
- IOS-XR 7.3.1 で追加
された機能

SRv6 Micro Segmentと 設計ガイドライン

- SRv6 Micro Segment
概要
- Locator SID 設計ガイド
ラインと自動化

Segment Routing 全般 - 標準化状況

Architecture

- Segment Routing Architecture **RFC 8402**
- Source Packet Routing in Networking (SPRING) Problem Statement and Requirements **RFC 7855**
- Segment Routing with MPLS data plane **RFC 8660**

Protocol Extensions

ISIS

- IS-IS Extensions for Segment Routing **RFC 8667**
- Signaling MSD (Maximum SID Depth) using IS-IS **RFC 8491**
- Advertising L2 Bundle Member Link Attributes in IS-IS **RFC 8668**
- IS-IS Traffic Engineering (TE) Metric Extensions **RFC 7810**

BGP

- Segment Routing Prefix SID extensions for BGP **RFC 8669**
- BGP-LS Advertisement of IGP Traffic Engineering Performance Metric Extensions **RFC 8571**

OAM

- A Scalable and Topology-Aware MPLS Dataplane Monitoring System **RFC 8403**
- Label Switched Path (LSP) Ping/Trace for Segment Routing Networks Using MPLS Dataplane **RFC 8287**

Use-cases

- SR-MPLS over IP **RFC 8663**
- Resiliency Use Cases in SPRING Networks **RFC 8355**
- Use Cases for IPv6 Source Packet Routing in Networking (SPRING) **RFC 8354**
- BGP Prefix Segment in Large-Scale Data Centers **RFC 8670**
- Interconnecting Millions Of Endpoints With Segment Routing **RFC 8604**
- Segment Routing interworking with LDP **RFC 8661**
- Recommendations for RSVP-TE and Segment Routing LSP co-existence **RFC 8426**

OSPF

- OSPF Extensions for Segment Routing **RFC 8665**
- OSPFv3 Extensions for Segment Routing **RFC 8666**
- Signaling MSD (Maximum SID Depth) using OSPF **RFC 8476**
- OSPF Traffic Engineering (TE) Metric Extensions **RFC 7471**

PCEP

- PCEP Extensions for Segment Routing **RFC 8664**

Performance Measurement

- Packet Loss and Delay Measurement for MPLS Networks **RFC 6374**
- UDP Return Path for Packet Loss and Delay Measurement for MPLS Networks **RFC 7876**

SRv6 - 標準化狀況

- **RFC 8402** – Proposed Standard
 - SR-MPLS with MPLS dataplane and Label SID's
 - SRv6 with SRH and SRv6 SID's
- **RFC 8754** – Proposed Standard
 - SRv6 DataPlane: SRH and SRv6 SID
- **RFC 8986** – Proposed Standard
 - Network Programming (END, END.X, END.DX/DT, H.EI)
- **RFC目前**
 - Control Plane (ISIS, BGP-LS)
 - Policy
 - OAM
 - BGP



RFC 8986

*SRv6 Network
Programming*

RFC 8754

*IPv6 Segment
Routing Header*

100M *live subscribers*
over SRv6

SIMPLICITY ALWAYS PREVAILS

Agenda

Introduction

- SR-MPLSとSRv6の
ポジショニング
- アーキテクチャ変遷
可能性としてのSRv6の
意味

標準化状況

- Segment Routing 関連
標準状況のご報告

Segment Routing 機能 アップデート

- Network Slicing
- Performance
Measurement
- Per flow ODN
- IOS-XR 7.3.1 で追加
された機能

SRv6 Micro Segmentと 設計ガイドライン

- SRv6 Micro Segment
概要
- Locator SID 設計ガイド
ラインと自動化

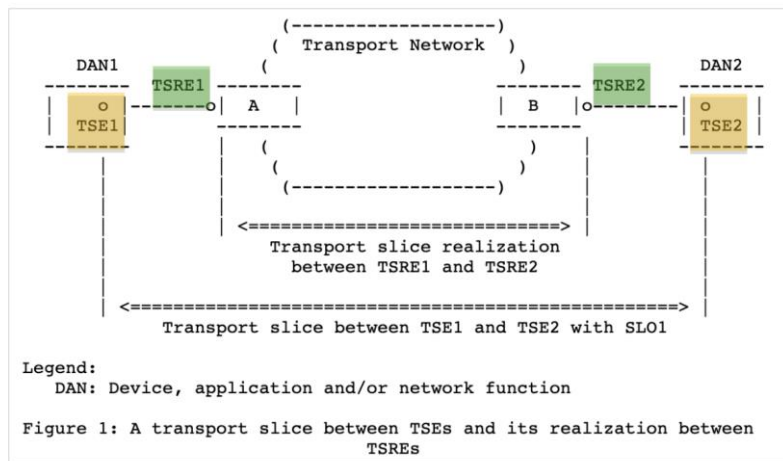
Segment Routing 機能アップデート

- Network Slicing
- Performance Measurement
- Per-flow ODN (On Demand Nexthop)
- IOS-XR 7.3.1 で追加された機能

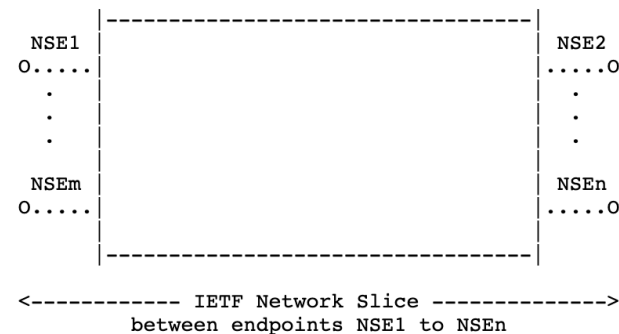
IETFにおける Network Slicing 検討状況 (IETF110 2021年3月より)

- TEAS (Traffic Engineering Architecture and Signaling) WG内にDesign Teamが発足し、Network Slicingの定義を試みようとしているが、収束していない
- “Transport Slice”は、“IETF Network Slice”に改名された

Transport Slice → IETF Network Slice



draft-nsdt-teas-transport-slice-definition-03



draft-ietf-teas-ietf-network-slice-definition-01

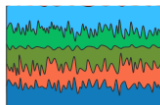
論理分割の程度

Soft Slicing

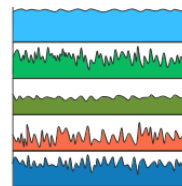
Hard Slicing



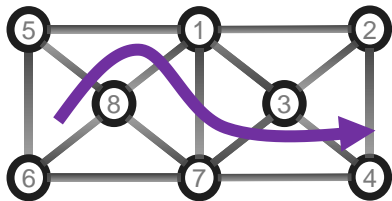
リソース共有



リソース占有



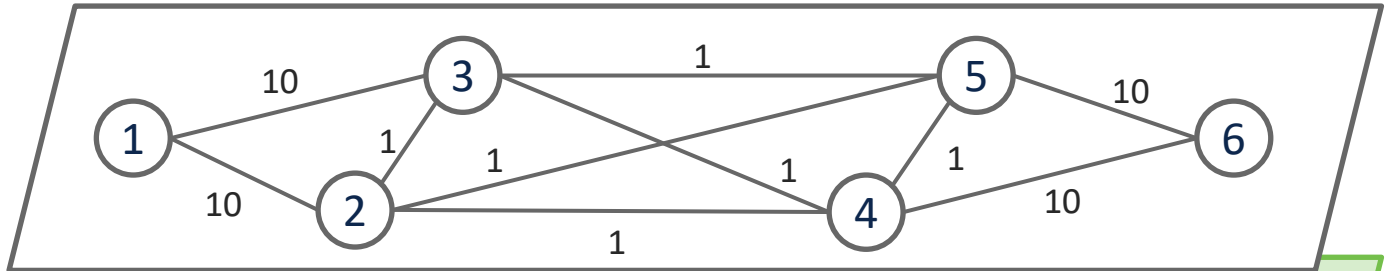
- VRF（経路テーブルを分ける）
- TE（パスを分ける）
- Flex Algo（トポロジーを分ける）
- Diffserv/SLID（キューを分ける）



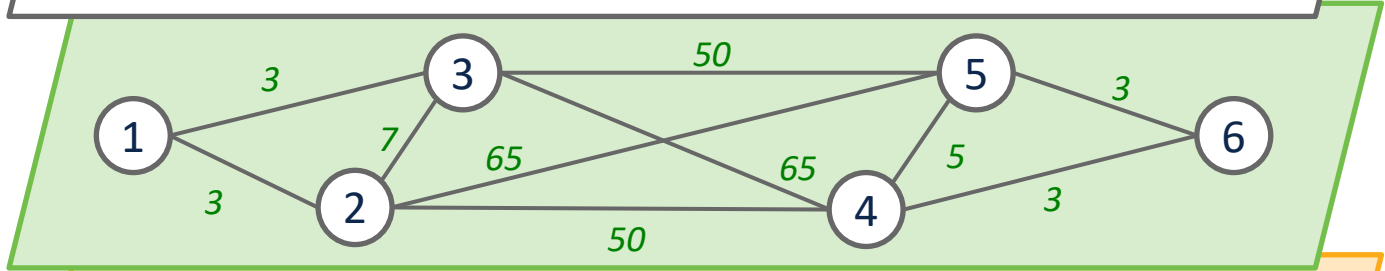
- “Circuit Style SR-TE” [*]
 - Flex-E
 - Vlan Sub Interface
 - 専用リンク
 - 専用ノード
 - 専用NW
- [*]
- Bi-Directional
 - Path Protection
 - TE自体に帯域制御機能はないため、Ingress Policing 等が必要

SR IGP Flexible Algorithmを使ったスライス実装の例

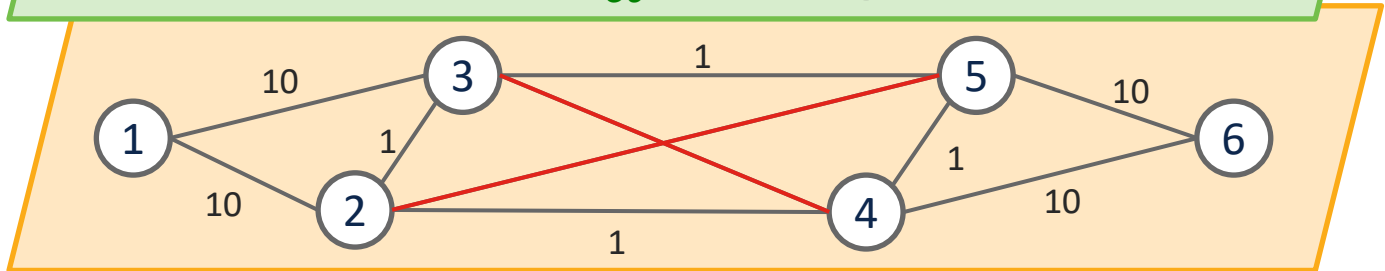
デフォルトスライス
Algo 0



低遅延スライス
Algo 128
(minimize delay metric)



セキュアスライス
Algo 129
(minimize IGP, exclude
non-encrypted links)



Slice ID (SLID) による、ステートレス/ホップ毎のキュー制御 (可能性)

- SLID enables the differentiate treatment

- QoS/ DiffServ policy on a per SLID

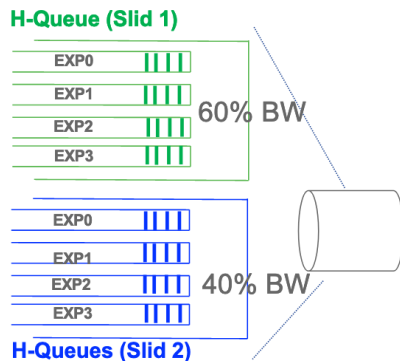
- SLID construct is like QoS

- Independent of Routing and Topology

- Stateless

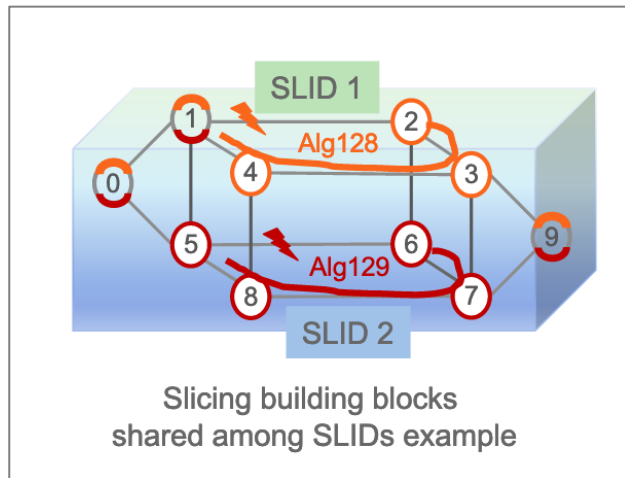
- Backward compatible

- Incremental deployments



draft-ali-spring-network-slicing-building-blocks

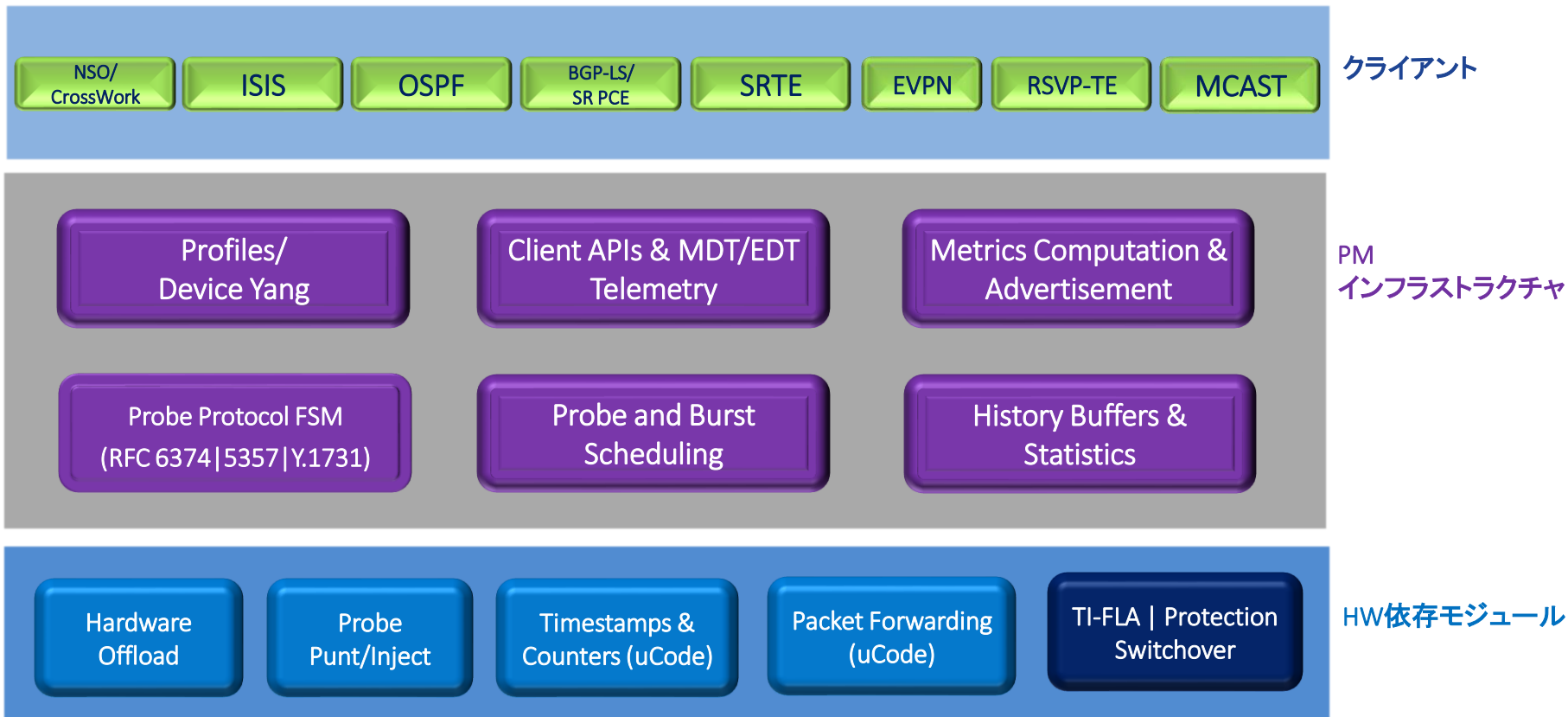
draft-filsfils-spring-srv6-stateless-slice-id



Segment Routing 機能アップデート

- Network Slicing
- Performance Measurement
- Per-flow ODN (On Demand Nexthop)
- IOS-XR 7.3.1 で追加された機能

Performance Measurement アーキテクチャ



Performance Measurement 機能による分類

Link Delay TE
Metrics

Link Loss TE
Metric

Link BW TE
Metrics

Link Liveness

Routing/CSPF/TI-LFA

SR Policy E2E
Delay

SR Policy E2E
Loss/BW

SR Policy E2E
Liveness

IP/SR Endpoints
with L3VPN

IP/SR-MPLS/
SRv6/EVPN

SLA Monitoring

Active Probes
IP-UDP | MPLS
RFC5357 | RFC6374

Software Inject |
Hardware Offload

In-Situ
(Piggybacking)

SDN Controller

Performance Measurement

Delay-Profile の設定

```
config# performance-measurement

    delay-profile { interfaces | sr-policy | rsvp-te | evpn | endpoint } {default | name < STRING >}
        probe
            <..>
        advertisement
            periodic
                <..>
            accelerated
                <..>
```

- Delay-profileで、遅延計測のためのプローブ、メトリック広告のパラメータを設定する
- Delay-profile type 毎に、異なる遅延計測のタイプを指定できる
 - interfaces ・ sr-policy (SR-MPLS および SRv6) ・ rsvp-te ・ evpn ・ endpoint (IP endpoint + VRF対応)
- Defaultは、デフォルトプロファイル
 - Name付きのDelay-profileにより、特定のDelay profile typeを上書き可能

[遅延計測結果の使用例] Traffic Engineering Metric - latency

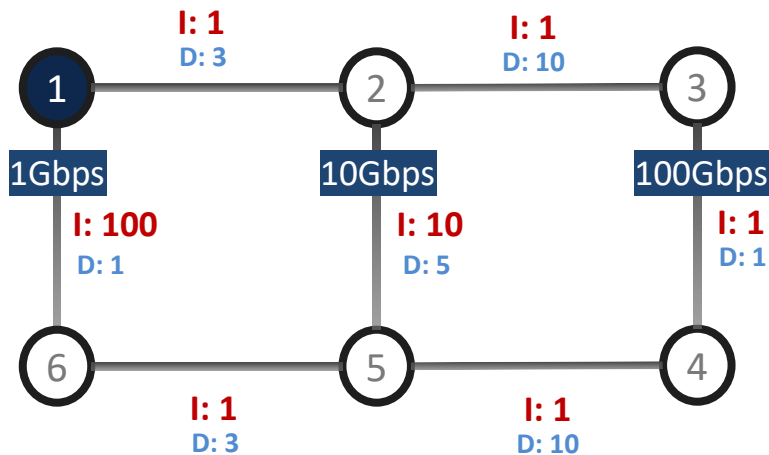
```
config# segment-routing traffic-eng

  on-demand color <N>                ← On-demand SR Policy template
    dynamic
      metric
        type { te | igp | latency }
        <..>

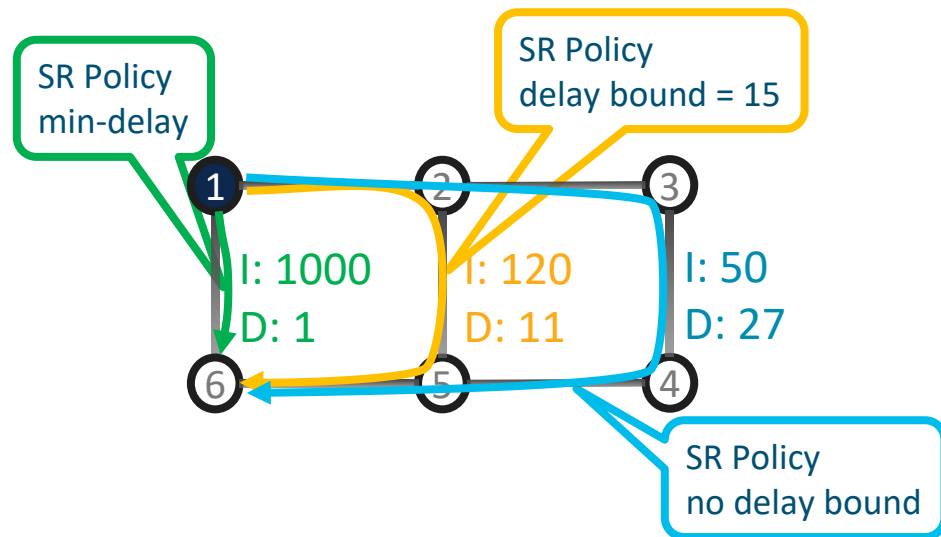
  policy <name>                        ← Local Policy with dynamic segment-list
    color <M> end-point { ipv4 <> | ipv6 <> }
    candidate-paths
      preference <>
        dynamic
          metric
            type { te | igp | latency }
            <..>
```

Metric type **latency** が選択されると、Path computationは、最小遅延リンクメトリックを持つパスを計算する

実際のdelayに基づく Traffic Engineering



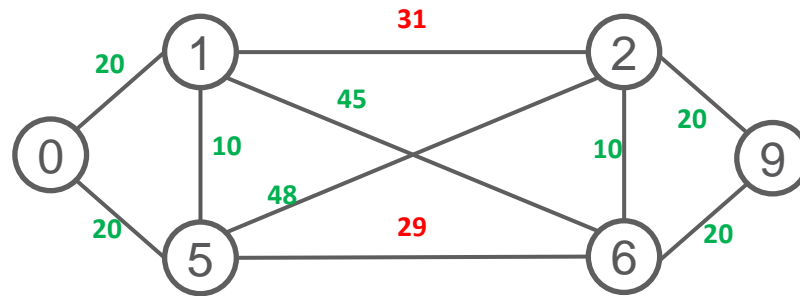
I: IGP link metric
D: measured link delay



Latencyの正規化 [1/2]

[問題]

- Latency metricを使用し、高遅延のリンク (1-6, 5-2) を避ける

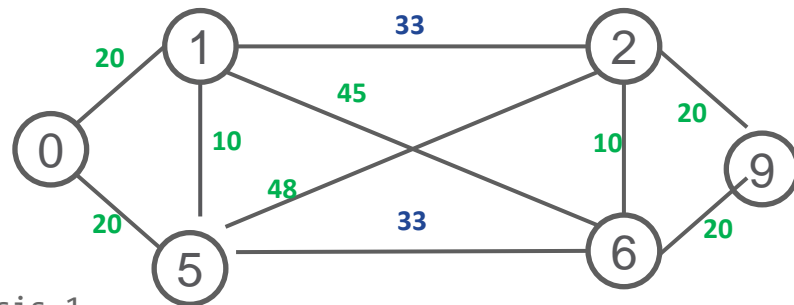


- リンク1-2, 5-6 は低遅延リンクであるが、計測値が異なるため、このままではECMPできない。

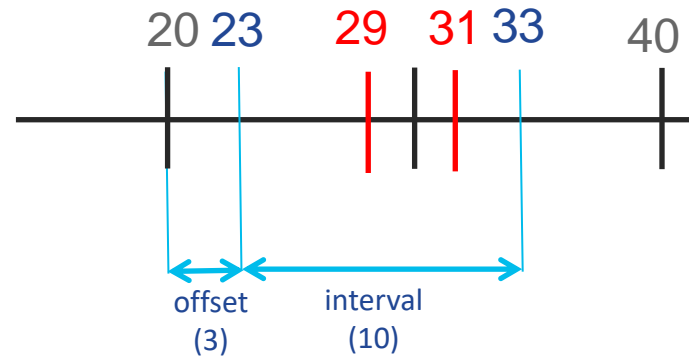
Latencyの正規化 [2/2]

[解決]

- 計測したLatencyを、広報する前に正規化する
- 指定するパラメータ:
 - interval
 - 同一インターバル内の値は、同じ値に正規化される
 - offset
 - インターバルをシフト



```
router isis 1
interface GigabitEthernet0/2/0/0
delay normalize interval 10 offset 3
```



Performance Measurement 関連 RFC

Standard	Title
RFC 4656	A One-way Active Measurement Protocol (OWAMP)
RFC 5357	A Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP-Light)
RFC 7820	UDP Checksum Complement in the One-Way Active Measurement Protocol (OWAMP) and Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)
RFC 6936	Applicability Statement for the Use of IPv6 UDP Datagrams with Zero Checksums
RFC 8186	Support of the IEEE 1588 Timestamp Format in a Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)
RFC 6374	Packet Loss and Delay Measurement for MPLS Networks
RFC 7471	OSPF Traffic Engineering (TE) Metric Extensions
RFC 8570 (RFC 7810)	IS-IS Traffic Engineering (TE) Metric Extensions
RFC 8571	BGP - Link State (BGP-LS) Advertisement of IGP Traffic Engineering Performance Metric Extensions
RFC 7876	UDP Return Path for Packet Loss and Delay Measurement for MPLS Networks
RFC 8545	Well-Known Port Assignments for the One-Way Active Measurement Protocol (OWAMP) and the Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)
RFC 8762	Simple Two-Way Active Measurement Protocol (Simple TWAMP, STAMP)
IEEE 1588	IEEE standard for Precision Time Protocol (PTP)

Performance Measurement 関連 I-D

Standard	Title
draft-ietf-mpls-rfc6374-sr	Performance Measurement Using RFC 6374 for Segment Routing Networks with MPLS Data Plane
draft-gandhi-spring-twamp-srpm	Performance Measurement Using TWAMP Light for Segment Routing Networks
draft-gandhi-spring-stamp-srpm	Performance Measurement Using STAMP for Segment Routing Networks
draft-ietf-ippm-stamp-option-tlv	Simple Two-way Active Measurement Protocol Optional Extensions

Segment Routing 機能アップデート

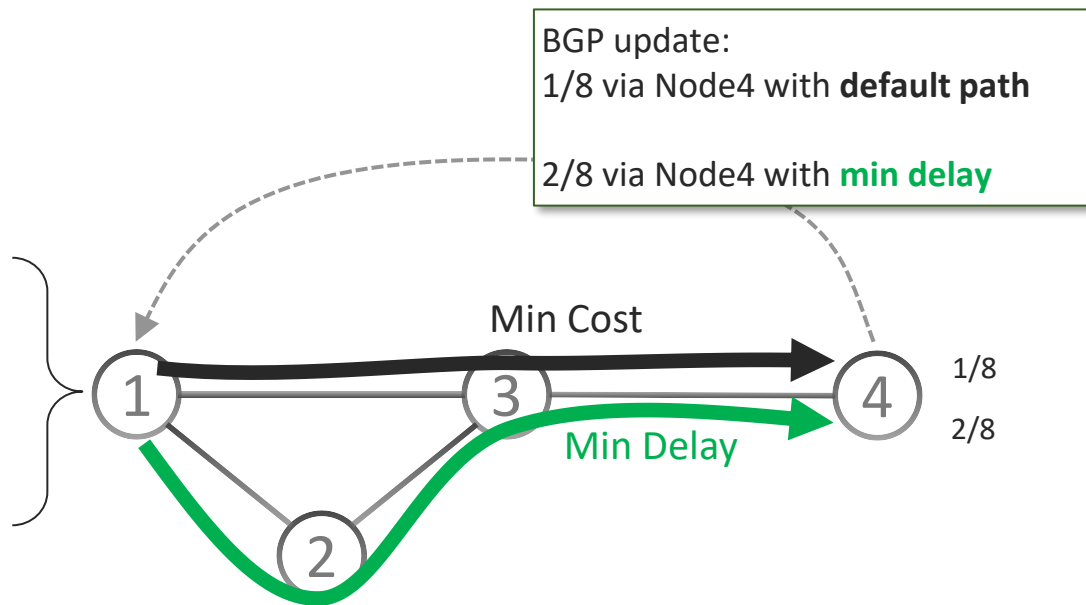
- Network Slicing
- Performance Measurement
- Per-flow ODN (On Demand Nexthop)
- IOS-XR 7.3.1 で追加された機能

On Demand Nexthop + Automated Steering

宛先ベースで振り分け

1/8 → default path to 4 (min cost)
Prefix-SID 16004

2/8 → SR Policy(min-delay, 4)
<16002, 16004>



Forward-Class

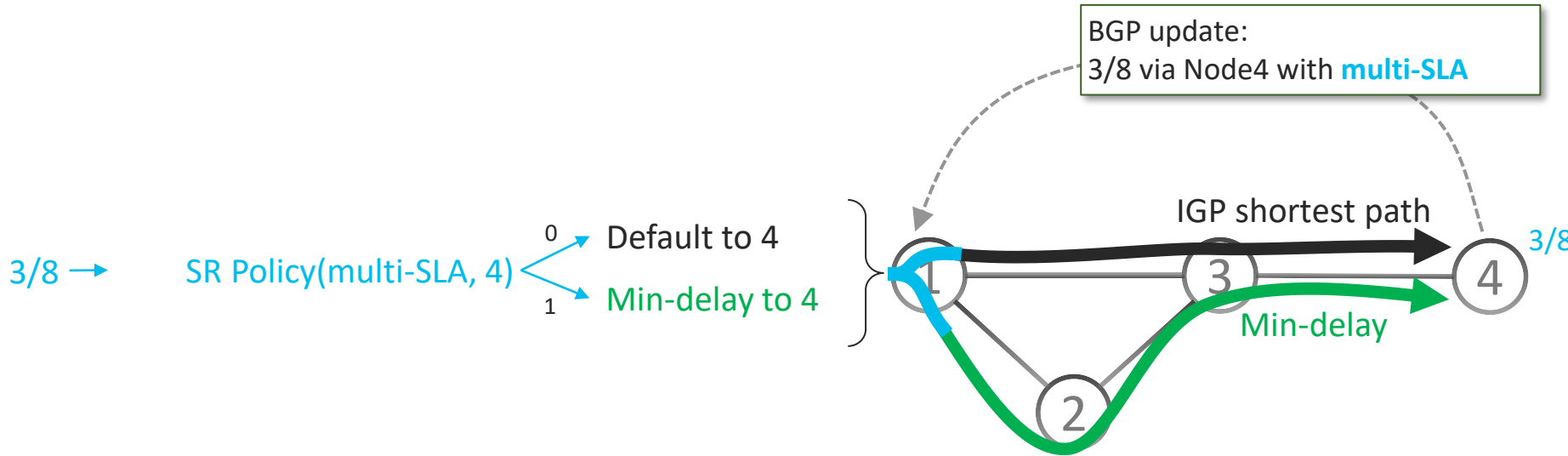
- Forward Class (FC):
 - ルータノードにローカルに設定される
 - 0 から 7 まで
- 5 tuple ACL または DSCP に基づき、Ingress Interface に設定される

```
class-map type traffic match-any MinDelay
  match dscp 46
end-class-map
!
class-map type traffic match-any PremiumHosts
  match access-group ipv4 PrioHosts
end-class-map
!
```

```
policy-map type pbr MyPerFlowPolicy
  class type traffic MinDelay
    set forward-class 1
  !
  class type traffic PremiumHosts
    set forward-class 2
  !
  class type traffic class-default
    set forward-class 0
  !
end-policy-map
```

Per-Flow Automated Steering (AS)

- 宛先が同一でも、フローによってパスを振り分ける



Segment Routing 機能アップデート

- Network Slicing
- Performance Measurement
- Per-flow ODN (On Demand Nexthop)
- IOS-XR 7.3.1 で追加された機能

SR Innovations Highlights - IGP

- OSPF: LFA / TI-LFA for Flex-Algo
- OSPF: Rounding of Min-delay Values
- OSPF: Conditional Prefix Advertisement
- ISIS: TI-LFA Protection of Unlabeled IPv6 Prefixes
- ISIS: Inter-Level SRMS Advertisement Propagation

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SR Innovations Highlights – SR-PM

- SR-PM: Named Profiles
- SR-PM: SR Policy Delay Measurement with Loopback-mode
- SR-PM: SR Policy Liveness Monitoring

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SRTE: Cumulative-Metric Bound

Manual SRTE policies

```

segment-routing
traffic-eng
policy <WORD>
candidate-paths
  preference <num>
  constraints
  bounds
    cumulative
      type te <num>
      type igp <num>
      type latency <num>
      type hopcount
  <num>

```

On-demand SRTE policies

```

segment-routing
traffic-eng
  on-demand color <num>
  dynamic
    bounds
      cumulative
        type te <num>
        type igp <num>
        type latency <num>
        type hopcount <num>

```

SR Innovations Highlights – Multicast

- MCAST: Multicast VPNs with Dynamic SR P2MP Policies
- MCAST: SR P2MP policy Bud Node support
- MCAST: SR P2MP policy TI-LFA support
- MCAST: Delay-optimized SR P2MP policy

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

SHIPPED 7.3.

Other Features in IOS-XR 7.3.1

- NCS 500/5500 - GRE as backup interface enhancements
- SRTE: Prefer Manual Adj-SID in path computation
- SR-PCE: Weighted Anycast-SID aware path computation
- SR-OAM: SR OAM for SR Policy (Policy Name / Binding SID / Custom label stack)
- SR-PCE – API – VRF-support
- SR-PCE – max-delay knob

Agenda

Introduction

- SR-MPLSとSRv6の
ポジショニング
- アーキテクチャ変遷
可能性としてのSRv6の
意味

標準化状況

- Segment Routing 関連
標準状況のご報告

Segment Routing 機能 アップデート

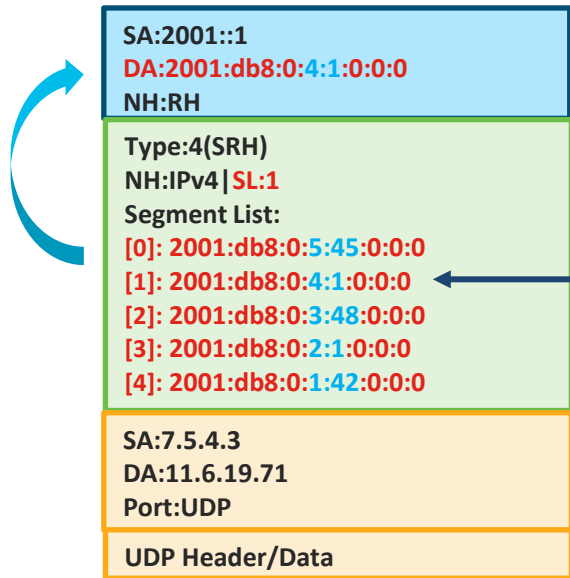
- Network Slicing
- Performance
Measurement
- Per flow ODN
- IOS-XR 7.3.1 で追加
された機能

SRv6 Micro Segmentと 設計ガイドライン

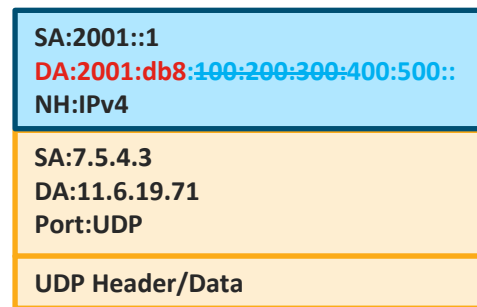
- SRv6 Micro Segment
概要
- Locator SID 設計ガイド
ラインと自動化

SRv6 Micro Segments

SRv6 Encapsulation



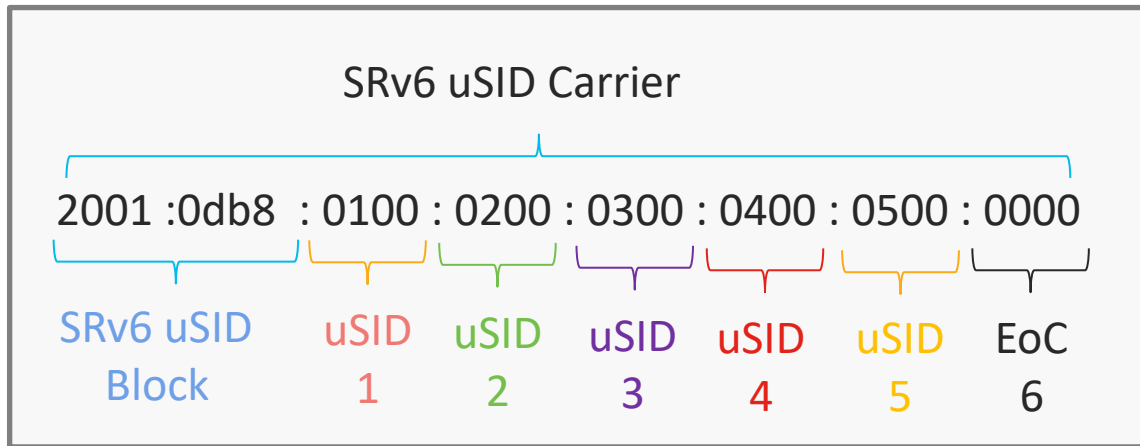
SRv6 uSID Encapsulation



Longest match
Shift & Forward !!

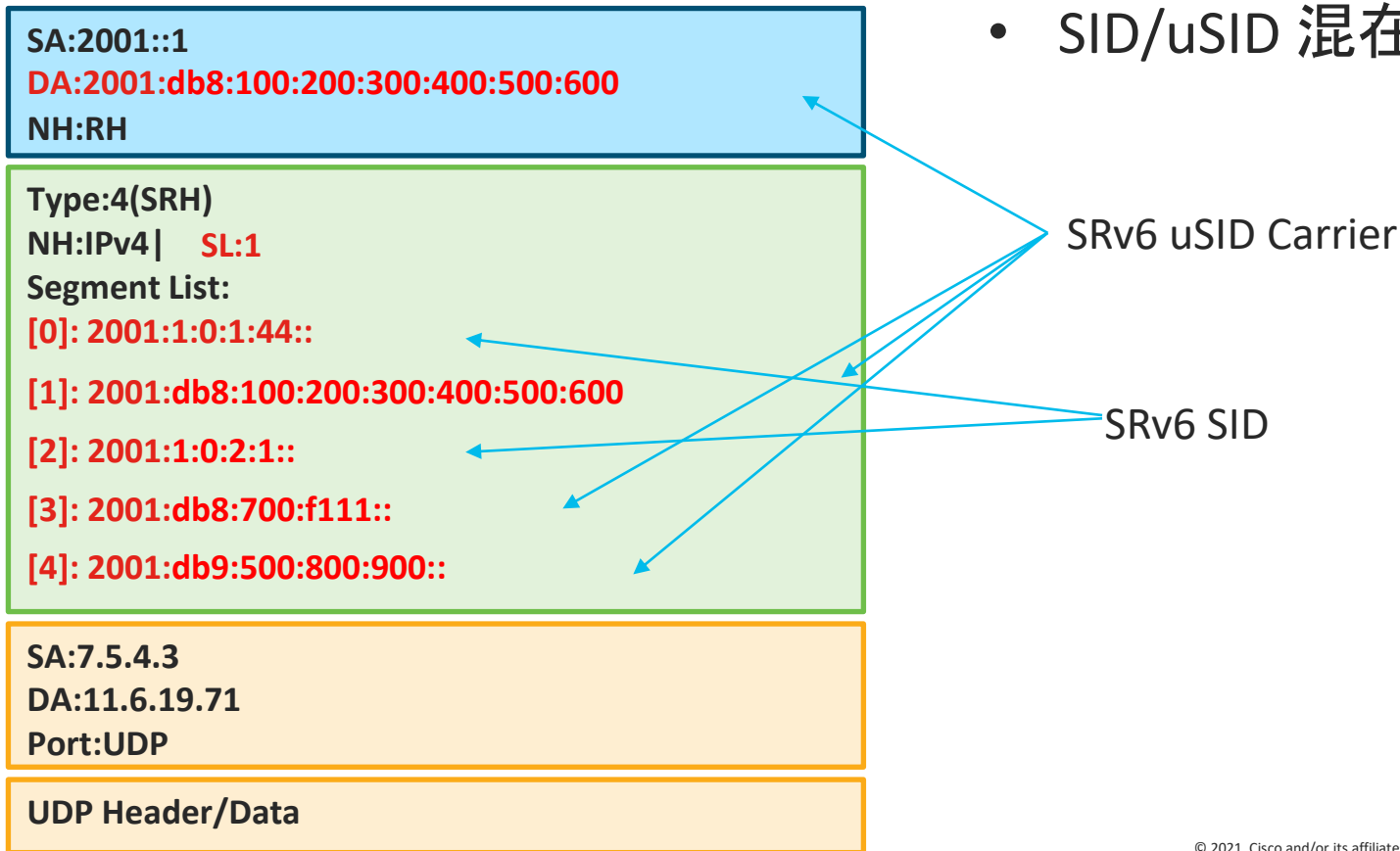
SID = [Locator + Function (+ Args)]

SRv6 uSID Carrier



SRv6 Micro Segments \subset SRv6

- SID/uSID 混在可能



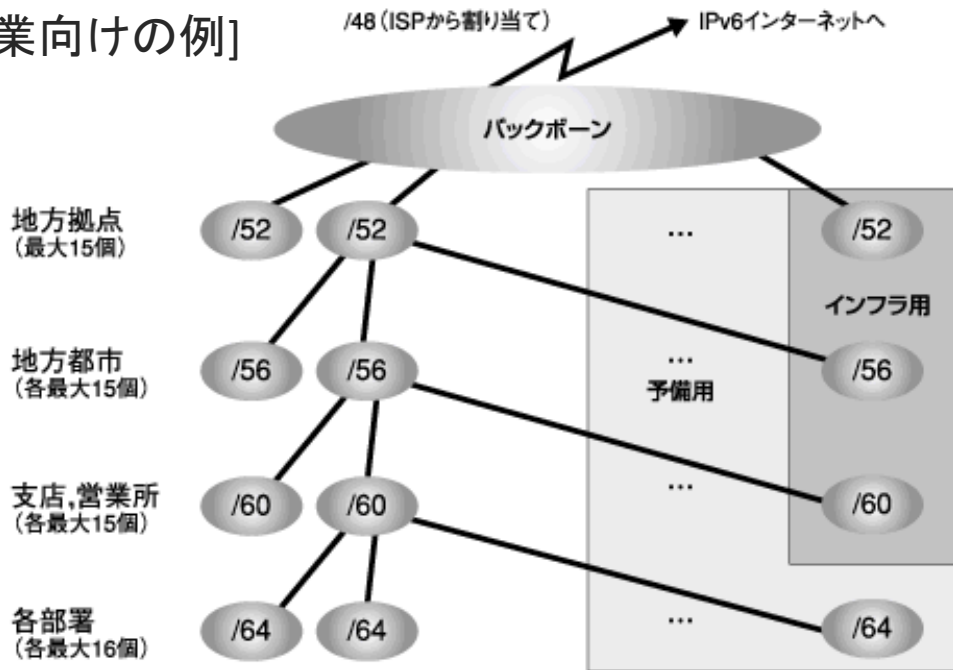
SRv6 Micro Segments 設計考慮点

SID Locator アドレス設計！

IPv6 アドレス設計

- GUA (Global Unicast Address)
- 階層化とサマライゼーション

[企業向けの例]

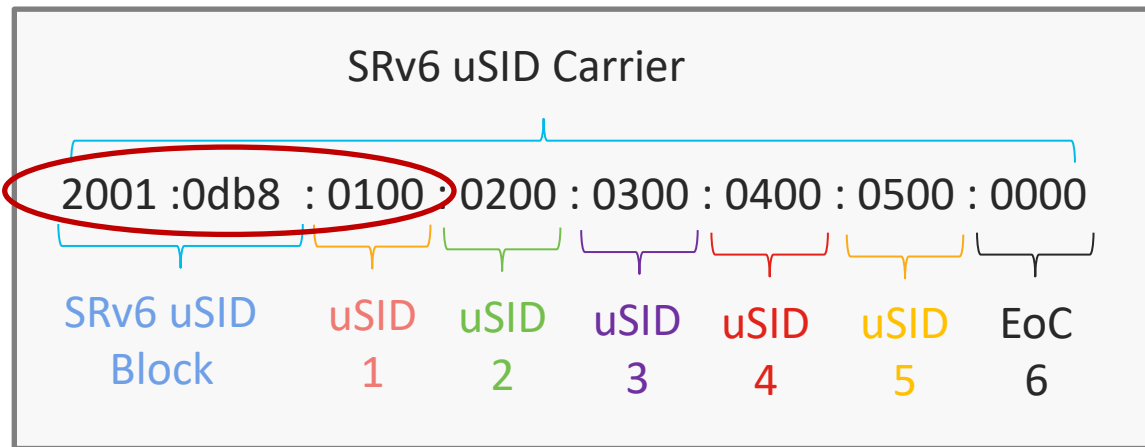


しかし、SRv6 SID Locator の場合

- SRv6 SID space = [Locator + Function + Arguments] (128 bits)
 - しかし、HW効率のために、HW処理する領域はなるべく小さくしたい
- uSIDの場合は特にスペースの節約が求められる
 - uSID Blockを大きくすれば良いかもしれないが、効率性は下がる

- インフラのためのアドレスは、そもそも通常のGUAとは要件が異なる

- RFC 6164
/127 for p2p links
- RFC 7404
link-local only



SRv6 uSID Locator

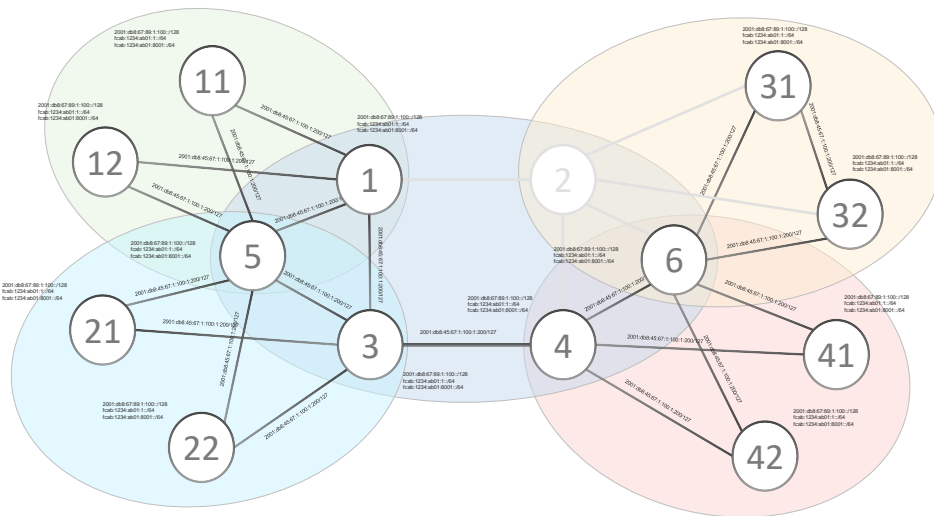
- ULA (Unique Local IPv6 Unicast Address, RFC 4193)の使用を推奨
 - ULA FC00::/8 space
- GUAでも可能であるが、ULAの方がspaceに余裕が出る
- 階層化、サマライゼーション可能
 - MPLS Labelの場合は flat space
- スペース節約のために「人間による可読性」を損なう可能性があるが、そこは機械化・自動化でカバー

SRv6 Automation

NSOにより下記プロビジョニングの自動化を実施



- Address allocation
 - Loopback and interfaces
- SID allocation
 - Algo 0 and Flex-Algos
- Multi-level, Multi-Domain
- ISIS summarization and redistribution between domains
- Flex-Algo, TI-LFA, BFD
- PM delay measurements
- ACLs



SRv6 Automation

NSO により下記プロビジョニングの自動化を実現

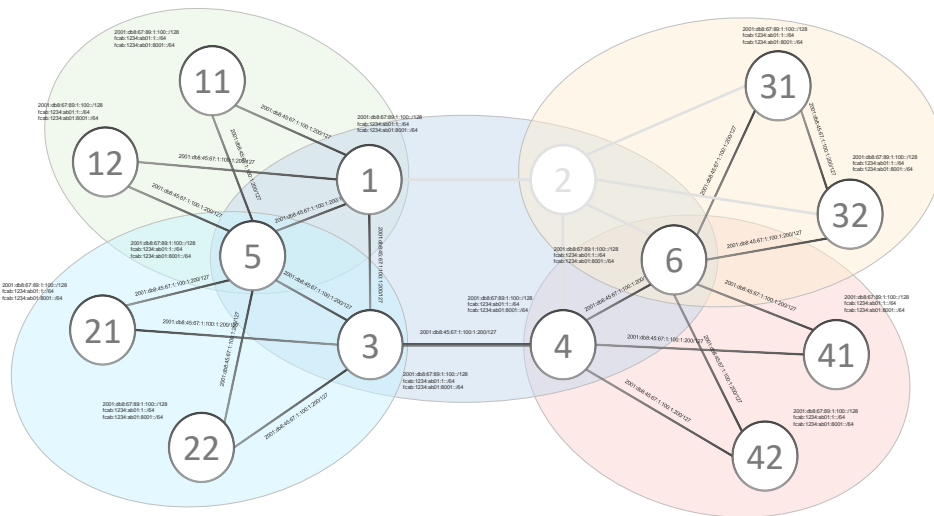
- Address allocation
 - Loopback and interfaces
- SID allocation
 - Algo 0 and Flex-Algos
- Multi-level, Multi-Domain
- ISIS summarization and redistribution between domains
- Flex-Algo, TI-LFA, BFD
- PM delay measurements
- ACLs

Deploy node

Node Name: ncs-2

Domain(s): DOM0: SUB0, DOM2: SUB0

OK Cancel



SRv6 Automation

NSO により下記プロビジョニングの自動化を実現

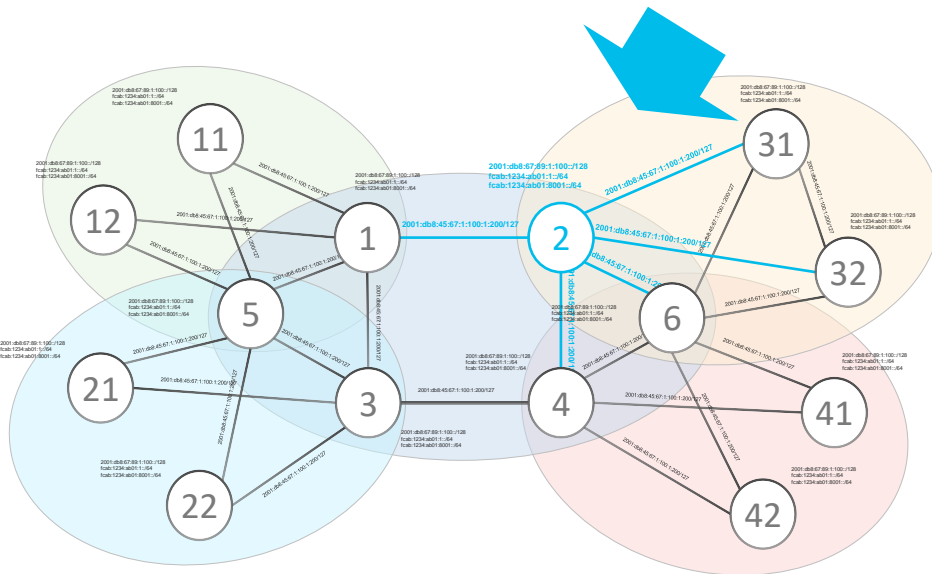
- Address allocation
 - Loopback and interfaces
- SID allocation
 - Algo 0 and Flex-Algos
- Multi-level, Multi-Domain
- ISIS summarization and redistribution between domains
- Flex-Algo, TI-LFA, BFD
- PM delay measurements
- ACLs

Deploy node

Node Name: ncs-2

Domain(s): DOM0: SUB0, DOM2: SUB0

click!



おわりに

- Segment Routingは、シンプル化・ステートレス化と高度化を両立し、アーキテクチャ変遷を支える技術
- SR-MPLSは機能開発で先行
- SRv6は、データプレーン共通化により、ドメイン境界を超えた、ドラスティックなアーキテクチャ変遷を可能とする
- SRv6 SID Locatorデザインについては、通常のIPv6 アドレス設計とは分けて考える必要がある
- オープンソース実装など、今回お話しし切れなかったこともたくさんあります！
- ご意見、お問合せを歓迎します！！

Thank you

CISCO *Engage*

