

# S4 最新データセンター ネットワーク・プロトコル動向

## SRv6

～ネットワークプログラマビリティの実現～

KDDI総合研究所  
宮坂拓也

# 注意事項

---

- 本資料は2019/11/26現在の状況における各種インターネットドラフトを参考に作成されています
- 将来、ドラフトの仕様が変更されることがあるため、最新の状況は掲載している、ドラフトの内容を確認するようにしてください

# Agenda

---

## 1. Segment Routing 基本説明

## 2. SRv6 基本説明

- Segment Routing Header
- Network Programming
- Control Plane & SR Policy
- SRv6 VPN
- Beyond SRv6

## 3. SRv6 実装状況

- Implementation
- Operator

# Agenda

---

## 1. Segment Routing 基本説明

## 2. SRv6 基本説明

- Segment Routing Header
- Network Programming
- Control Plane & SR Policy
- SRv6 VPN
- Beyond SRv6

## 3. SRv6 実装状況

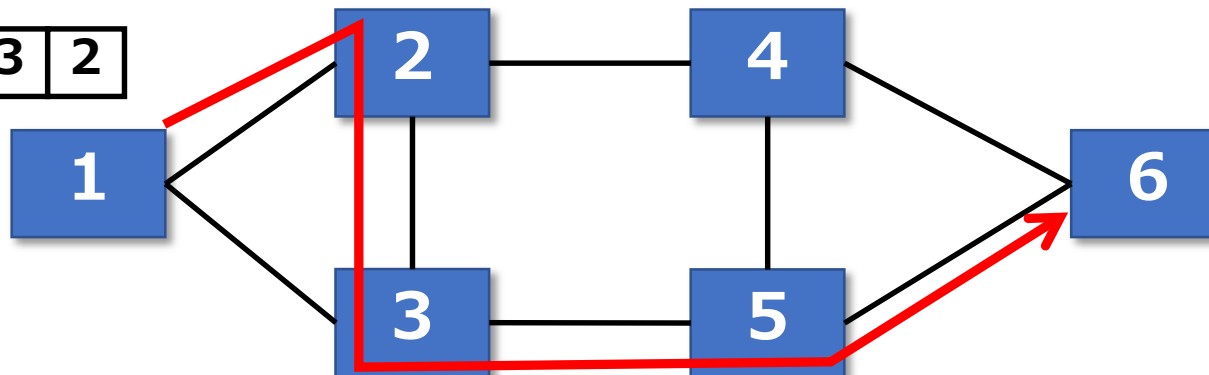
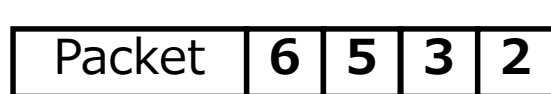
- Implementation
- Operator

# Segment Routing

- Segment Routing (SR)

- 2013年頃よりIETFにて標準化が開始されたソースルーティング手法 (RFC 8402)

- 送信ルーターが“Segment”と呼ばれる「途中のルーターで実施してほしい動作」を指示することで、ソースルーティングを実現
- データプレーンとして、MPLSとIPv6の2つがある。



このパケットは、**2,3,5,6**と経由して欲しいなあ・・・

# SR、何が美味しいの？

## • モチベーション

- より細かなトラフィック制御 (TE: Traffic Engineering) をステートレスに実施できる！
  - アプリケーション毎のTEが現実的となった

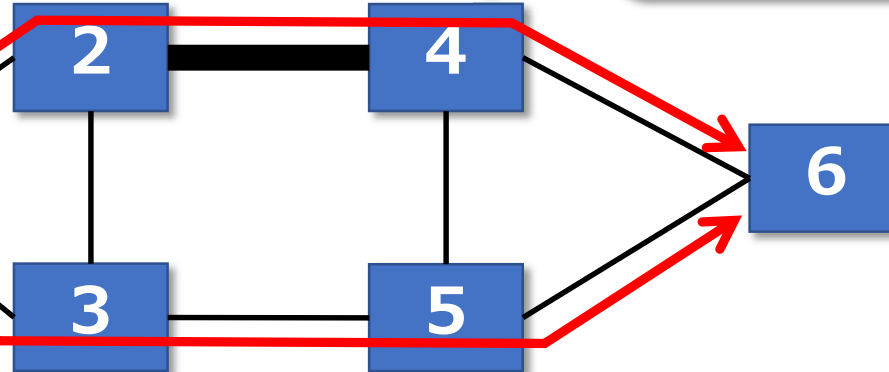
このパケットは、ビデオだから、高帯域なパスに通したい

Packet 6 4 2

1

Packet 6 5 3

このパケットは、VoIPだから、低遅延なパスに通したい



# Terminology : Segment? SID?

Segment: an instruction a node executes on the incoming packet (e.g., forward packet according to shortest path to destination, or, forward packet through a specific interface, or, deliver the packet to a given application/service instance).

SID: a segment identifier. Note that the term SID is commonly used in place of the term "Segment", though this is technically imprecise as it overlooks any necessary translation.

<https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8402/>

- Segment

- 受信したパケットに対して実行されるべきアクション・指示
  - 例：ある宛先へ投げる、あるインターフェースに投げる、あるアプリケーション・サービスに投げる

- SID

- SegmentのID

# その他：SRチュートリアル@JANOG40

---

- <https://www.janog.gr.jp/meeting/janog40/application/files/2415/0051/7614/janog40-sr-kamata-takeda-00.pdf>  
がとても参考になるので、そこを見ることもおすすめします



# Agenda

---

## 1. Segment Routing 基本説明

## 2. SRv6 基本説明

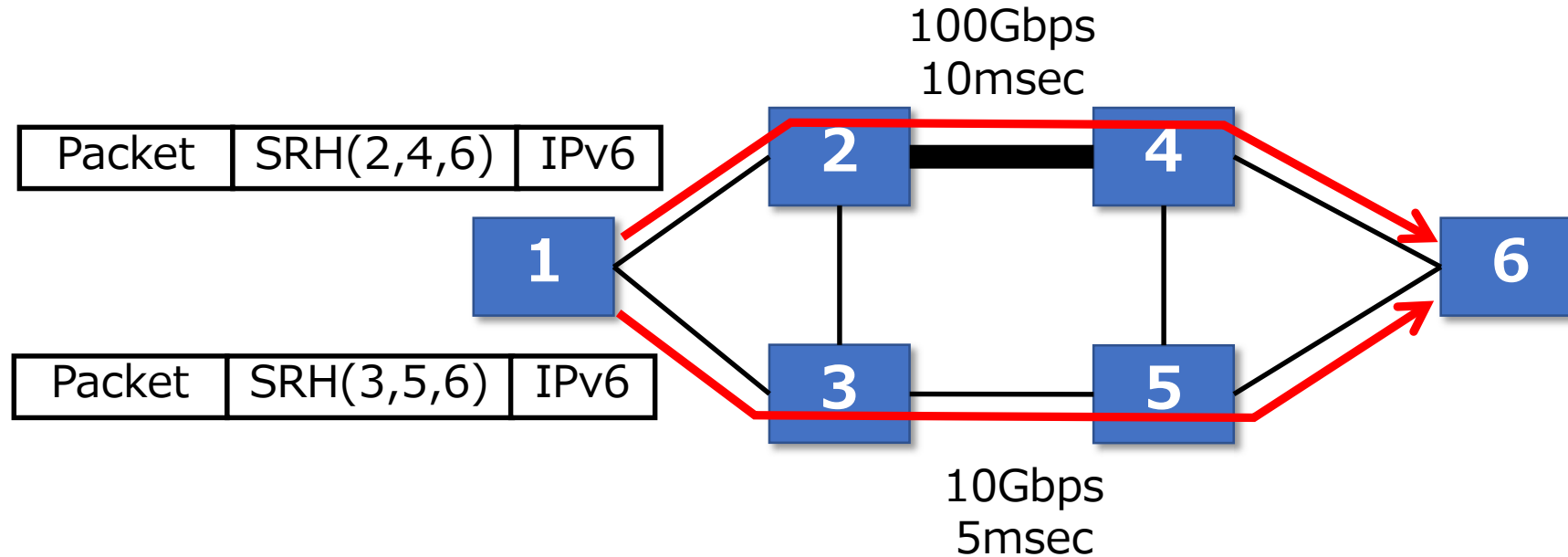
- Segment Routing Header
- Network Programming
- Control Plane & SR Policy
- SRv6 VPN
- Beyond SRv6

## 3. SRv6 実装状況

- Implementation
- Operator

# SRv6

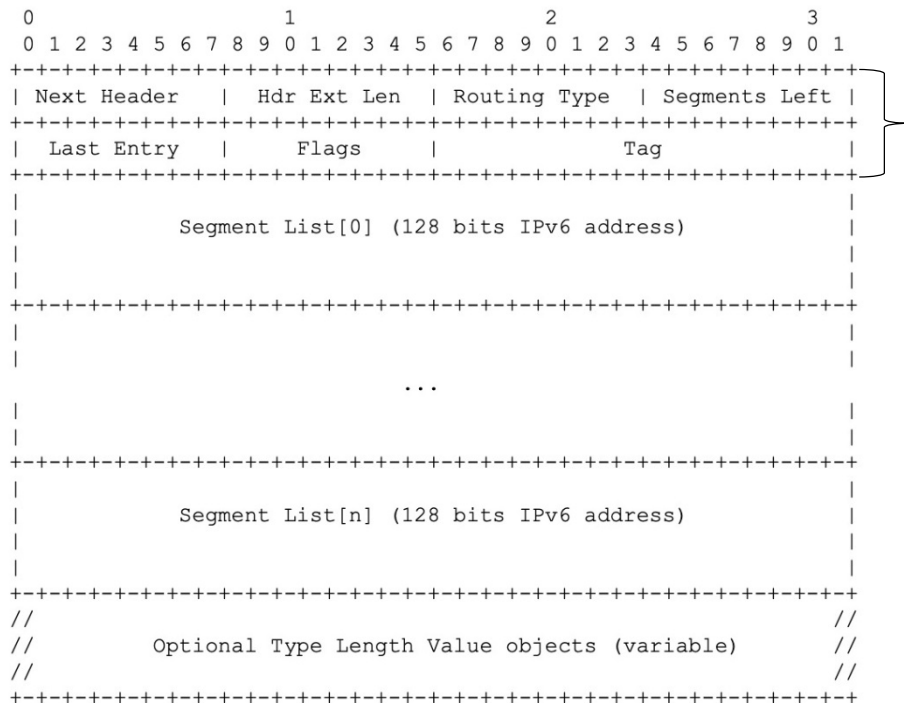
- Segment Routing over IPv6 (SRv6)
  - Segment Routingアーキテクチャの中で、IPv6をデータプレーンとして利用したもの
  - IPv6拡張ヘッダーのRouting Header(RFC8200)の新しいヘッダーである、Segment Routing Header(SRH)を利用



# SRv6 : Segment Routing Header

- SRv6 Segment Routing Header

- IPv6拡張ヘッダーのRouting Headerを拡張し、Segment Routing Header(SRH)の中でSegmentを通知



Segment Routing Header

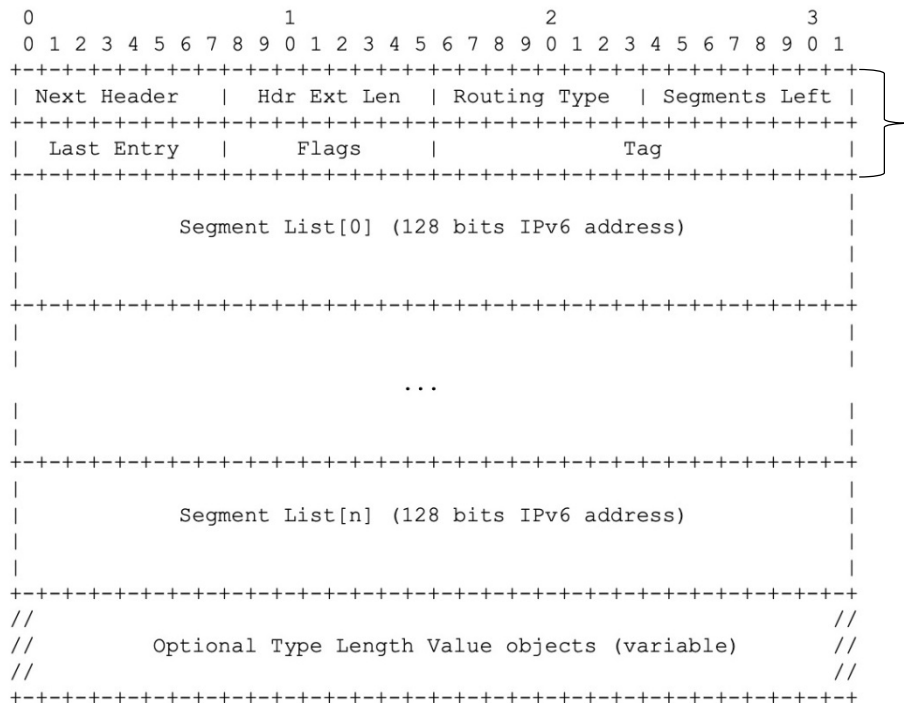
- **Next Header**  
SRHの下にくるプロトコルのプロトコル番号
- **Hdr Ext Len**  
SRHのヘッダー長 (8オクテット単位, 最初の8オクテットは含まず)
- **Routing Type**  
Routing HeaderのType (IANAアサイン、4になる見込み)

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-segment-routing-header/>

# SRv6 : Segment Routing Header

- SRv6 Segment Routing Header

- IPv6拡張ヘッダーのRouting Headerを拡張し、Segment Routing Header(SRH)の中でSegmentを通知



Segment Routing Header

- **Segments Left**  
処理が残っているSegmentの数(=現在ActiveなSegmentへのポインター)
- **Last Entry**  
Segment Listの長さ
- **Flags**  
8bitのFlag。  
EntryはIANA管理。

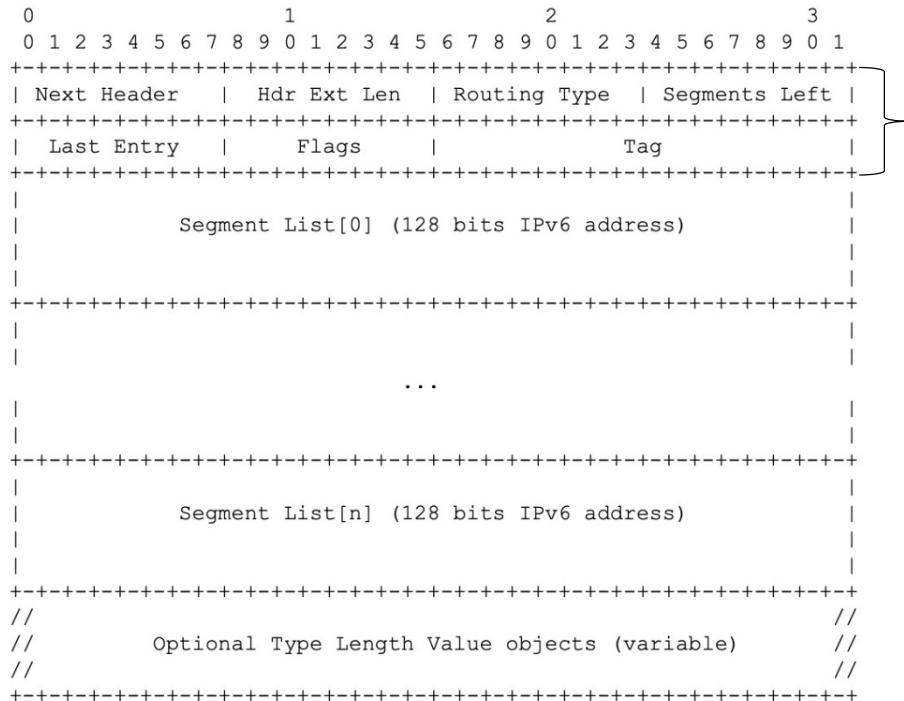


<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-segment-routing-header/>

# SRv6 : Segment Routing Header

- SRv6 Segment Routing Header

- IPv6拡張ヘッダーのRouting Headerを拡張し、Segment Routing Header(SRH)の中でSegmentを通知



Segment Routing Header

- Tag

このSRHに対するタグ。どのような利用がされるかは、SRH draftで規定していないが、特定のTagを入れることで、特定のSRHであることをRouterへ示すことができる。

利用例 : GTP-U Message Encoding

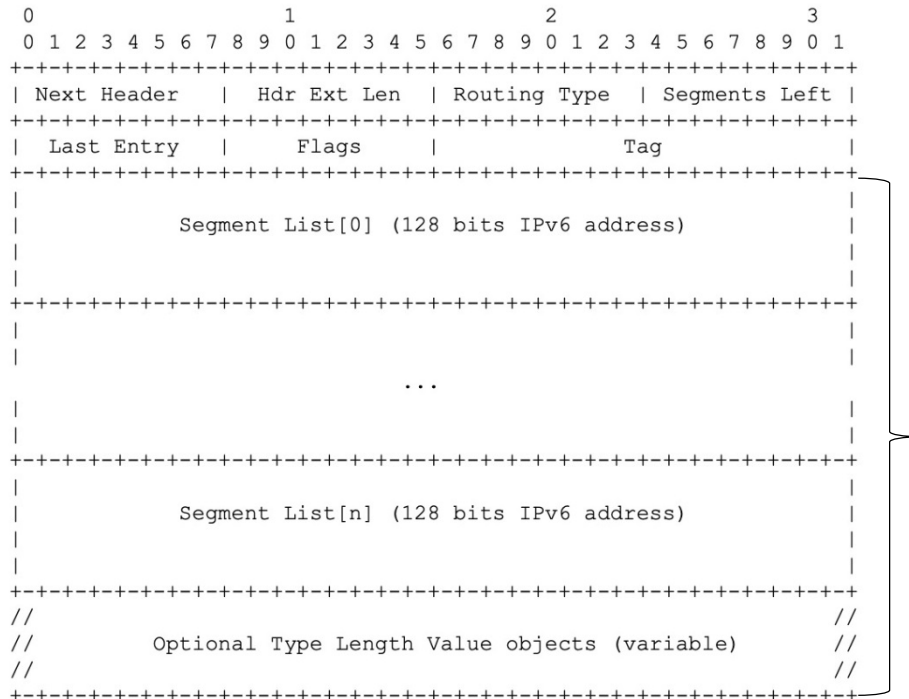
<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-murakami-dmm-user-plane-message-encoding/>

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-segment-routing-header/>

# SRv6 : Segment Routing Header

- SRv6 Segment Routing Header

- IPv6拡張ヘッダーのRouting Headerを拡張し、Segment Routing Header(SRH)の中でSegmentを通知



Segment Routing Header

- **Segment List**

実施して欲しいSegmentのSIDを格納する。SegmentはIPv6アドレス(128bit)の形で表現される。処理して欲しいSegmentから下にスタックしていく(つまり、Segment List[0]は最後のSegmentが入る)。

- **(Optional) TLV**

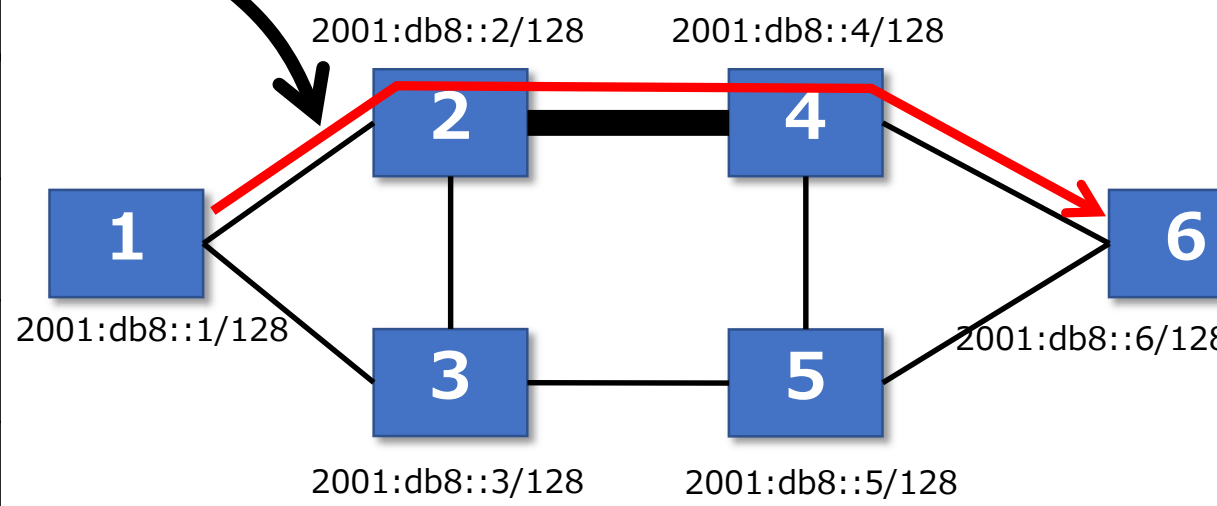
SRHのメタデータを表現するためのTLVフィールド。SRH draftでは、HMAC, PADの2つのTLVが定義されている。

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-segment-routing-header/>

# SRHの例とSRHの処理

<u>L2 Header</u>			
<u>IPv6 Header</u>			
Next Header = 43(Routing)			
Source IPv6 address = 2001:db8::1			
Destination IPv6 address = 2001:db8::2			
Hop Limit = 64			
<u>Next Header</u> 41 (IPv6)	<u>Hdr Ext Len</u> 6	<u>Routing Type</u> 4	<u>Segment Left</u> 2
<u>Last Entry</u> 2	<u>Flags</u> 0	<u>Tag</u> 0	
<u>Segment List[0]</u> 2001:db8::6			
<u>Segment List[1]</u> 2001:db8::4			
<u>Segment List[2]</u> 2001:db8::2			
<u>IPv6 Header</u>			

(実際のアプリケーションパケット)



# SRHの例とSRHの処理

## L2 Header

### IPv6 Header

Next Header = 43(Routing)

Source IPv6 address = 2001:db8::1

Destination IPv6 address = 2001:db8::4

Hop Limit = 63

<u>Next Header</u>	<u>Hdr Ext Len</u>	<u>Routing Type</u>	<u>Segment Left</u>
41 (IPv6)	6	4	1
<u>Last Entry</u>	<u>Flags</u>	<u>Tag</u>	
2	0	0	

### Segment List[0]

2001:db8::6

### Segment List[1]

2001:db8::4

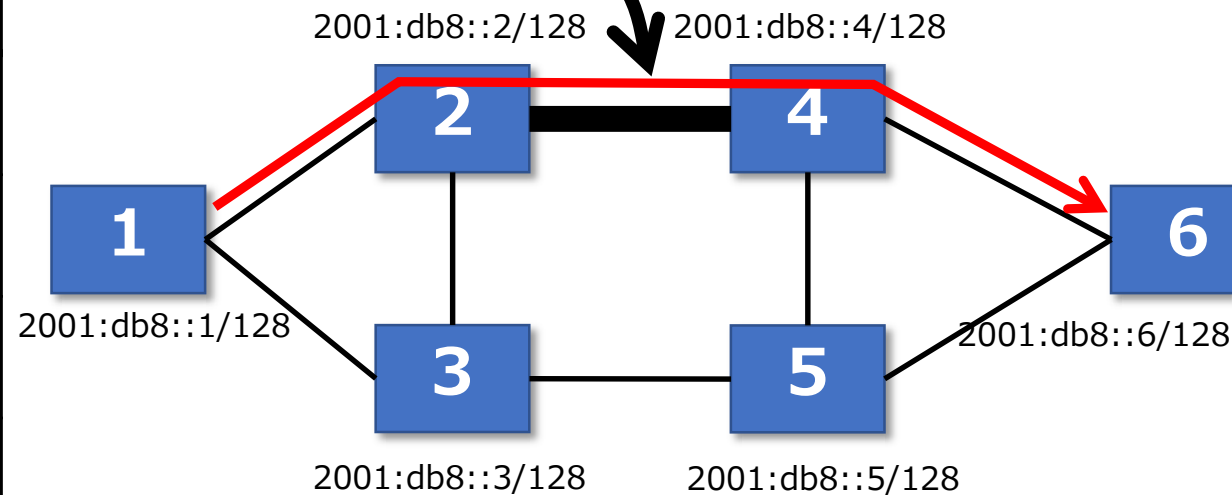
### Segment List[2]

2001:db8::2

### IPv6 Header

(実際のアプリケーションパケット)

- SRHのSegment Leftを1減らす
- Destination IPv6アドレスを次のSegment (Segment List[1])に変更する
- Hop Limitを1減らす





# SRHの例とSRHの処理

## L2 Header

### IPv6 Header

Next Header = 43(Routing)

Source IPv6 address = 2001:db8::1

Destination IPv6 address = 2001:db8::6

Hop Limit = 62

<u>Next Header</u>	<u>Hdr Ext Len</u>	<u>Routing Type</u>	<u>Segment Left</u>
41 (IPv6)	6	4	0
<u>Last Entry</u>	<u>Flags</u>	<u>Tag</u>	
2	0	0	

### Segment List[0]

2001:db8::6

### Segment List[1]

2001:db8::4

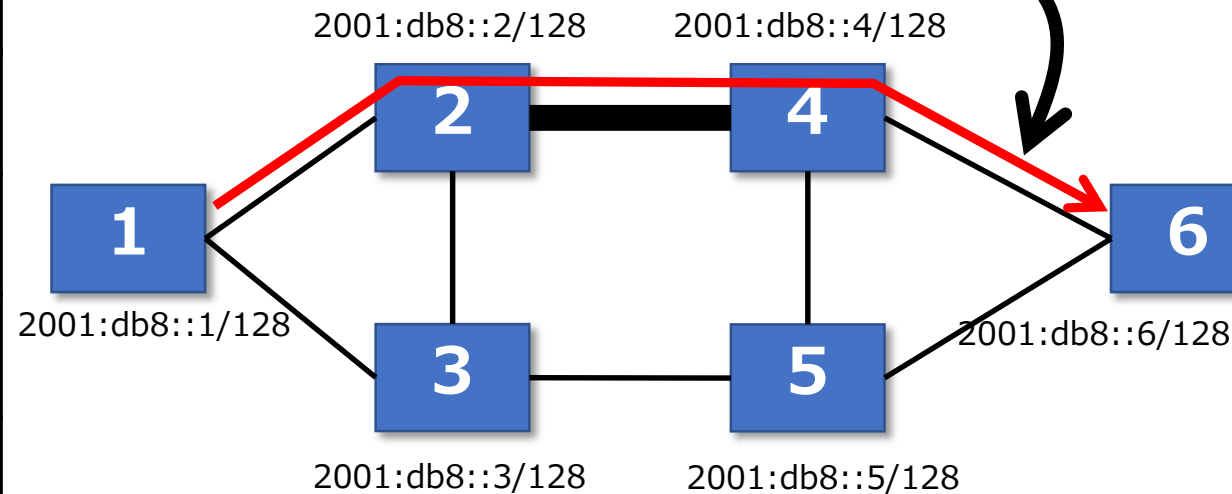
### Segment List[2]

2001:db8::2

### IPv6 Header

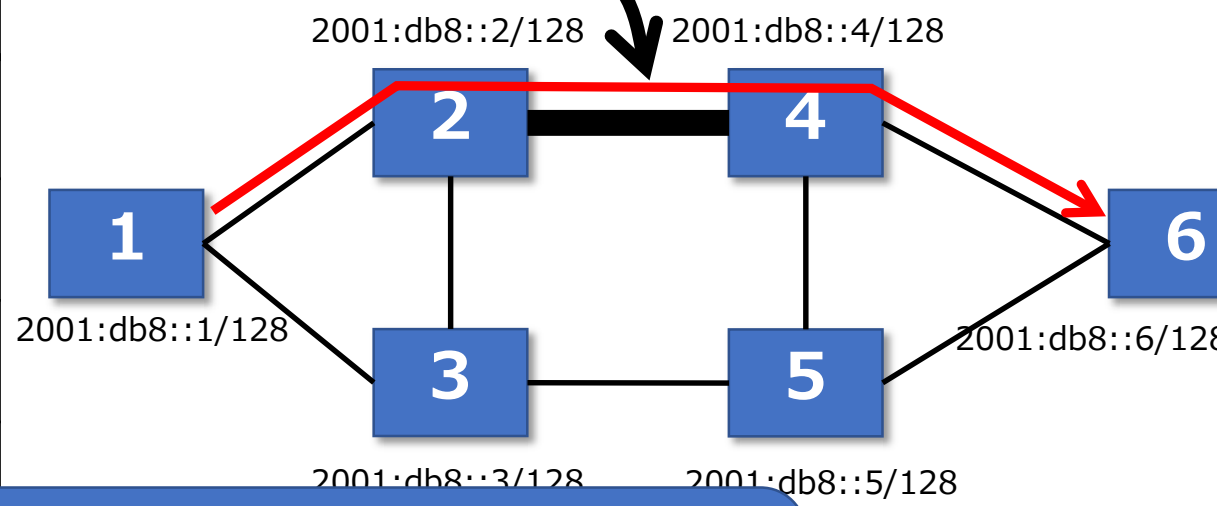
(実際のアプリケーションパケット)

- SRHのSegment Leftを1減らす
- Destination IPv6アドレスを次のSegment (Segment List[1])に変更する
- Hop Limitを1減らす



# Segmentが何を表す？

<u>L2 Header</u>			
<u>IPv6 Header</u>			
Next Header = 43(Routing)			
Source IPv6 address = 2001:db8::1			
Destination IPv6 address = 2001:db8::4			
Hop Limit = 63			
<u>Next Header</u> 41 (IPv6)	<u>Hdr Ext Len</u> 6	<u>Routing Type</u> 4	<u>Segment Left</u> 1
<u>Last Entry</u> 2	<u>Flags</u> 0	<u>Tag</u> 0	
<u>Segment List[0]</u> 2001:db8::6			
<u>Segment List[1]</u> <b>2001:db8::4</b>			
<u>Segment List[2]</u> 2001:db8::2			
<u>IPv6 Header</u>			



この、「2001:db8::4」がどのようなパケット処理を表すのか？  
→ SRv6 Network Programming draft

# SRv6 Network Programming

- SRv6 Segmentが提供する基本Functionを定義
- 前述の通り、SRv6 Segmentは128bitのIPv6アドレスであるため、MPLSと比べて、様々な種類のFunctionを定義することができる
- SRv6 Segment Format
  - 128bitのIPv6アドレスをどのように使うか定義 (各フィールドのbit長の制限は無く、利用者が好きに定めることができる)
    - **LOC** : Locator → Functionを提供するノードのネットワーク位置を示す
    - **FUNC** : Function → 特定のFunctionを示す (Functionの種類は後述)
    - **ARG** : Argument → (Option) Functionに対する引数を示す

例1

LOC+FUNC

<u>LOC(64bit)</u>	<u>FUNC(64bit)</u>
2001:db8:0:1:	0:0:0:1

例2

LOC+FUNC+ARG

<u>LOC(64bit)</u>	<u>FUNC(32bit)</u>	<u>ARG(32bit)</u>
2001:db8:0:1:	0:1:	0:1

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-spring-srv6-network-programming/>

# SRv6ノードの定義

2001:db8::1/128

**Source  
SR Node**

SRv6パケットの生成

2001:db8::2/128

**Transit  
Node**

SRv6パケットの転送

2001:db8::3/128

**SR Segment  
Endpoint Node**

Segmentの処理

SRv6パケットのカプセル化を行い、パケットを送信

途中のルーターはSRHをLookupせずに、宛先IPv6アドレスを見て転送

SRHをLookupし、Segmentに設定されたFunctionを実施

L2 Header

IPv6 Header

Src IPv6 address = 2001:db8::1  
Dest IPv6 address = 2001:db8::3

SRH

Segment Left = 1  
Segment List[0] = 2001:db8::5  
Segment List[1] = 2001:db8::3

IPv6 Header

(実際のアプリケーションパケット)

L2 Header

IPv6 Header

Src IPv6 address = 2001:db8::1  
Dest IPv6 address = 2001:db8::3

SRH

Segment Left = 1  
Segment List[0] = 2001:db8::5  
Segment List[1] = 2001:db8::3

IPv6 Header

(実際のアプリケーションパケット)

L2 Header

IPv6 Header

Src IPv6 address = 2001:db8::1  
Dest IPv6 address = 2001:db8::5

SRH

Segment Left = 0  
Segment List[0] = 2001:db8::5  
Segment List[1] = 2001:db8::3

IPv6 Header

(実際のアプリケーションパケット)

# SRv6 Network Programming

- Function

- End Function : Endpoint Nodeにおいて実施されるfunction

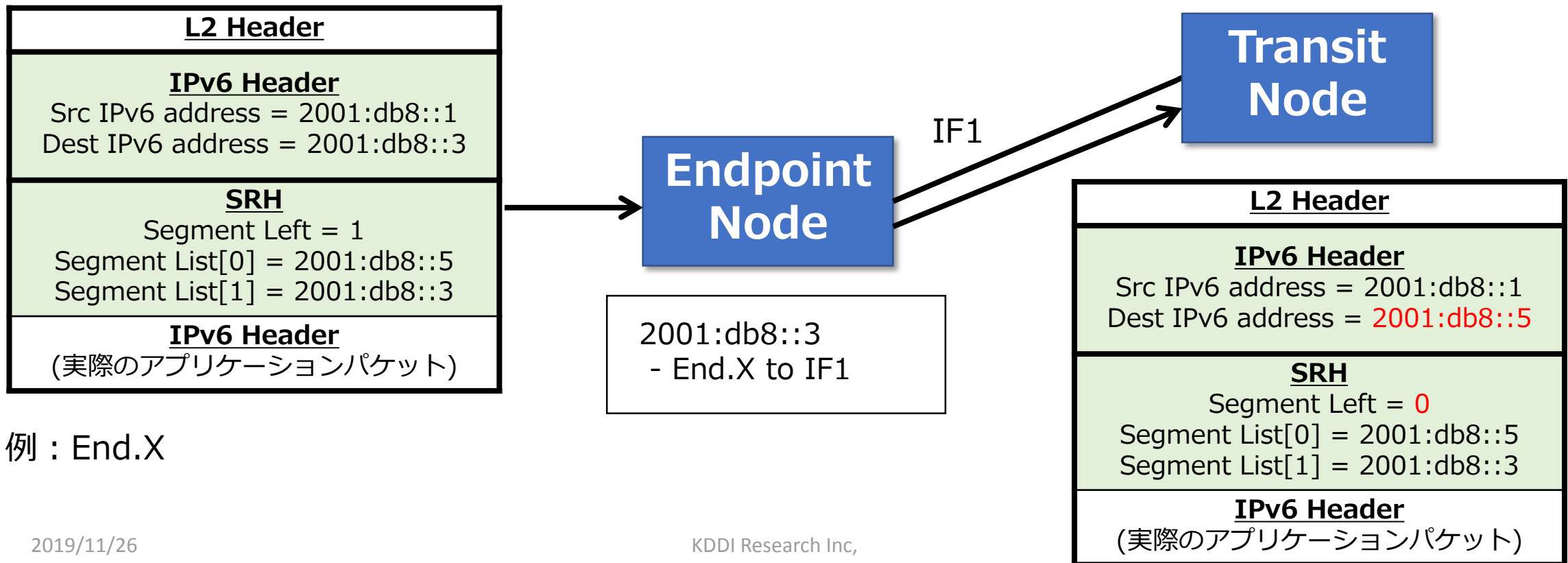
End	特定のPrefix(Node)へRoutingする
End.X	特定のInterfaceへRoutingする
End.T	特定のIPv6 Routing TableをLookupする
End.DX6	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のIPv6 InterfaceへRoutingする (例 : IPv6-L3VPN)
End.DT6	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のIPv6 Routing TableをLookupする (例 : IPv6-L3VPN)
End.DT4	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のIPv4 InterfaceへRoutingする (例 : IPv4-L3VPN)
End.DT46	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のIPv4 Routing TableをLookupする (例 : IPv4-L3VPN)
End.DX2	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のL2 InterfaceへRoutingする (例 : L2VPN)
End.DX2V	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のVLAN L2 TableをLookupする (例 : EVPN Flexible cross-connect)
End.DT2U	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のunicast MAC L2 TableをLookupする (例 : EVPN Bridging Unicast)
End.DT2M	SRv6のカプセル化をDecapして、L2 Table Floodingする (例 : EVPN Bridging BUM)
End.B6.Encaps	特定のSRv6 Policy(Binding SID)をEncapする
End.B6.Encaps.RED	特定のSRv6 Policy(Binding SID)をEncapする (最初のSIDは削除)
End.BM	特定のSR-MPLS PolicyをEncapする

# SRv6 Network Programming

- Function

- End Function : Endpoint Nodeにおいて実施されるfunction

End.X	特定のInterfaceへRoutingする
-------	------------------------



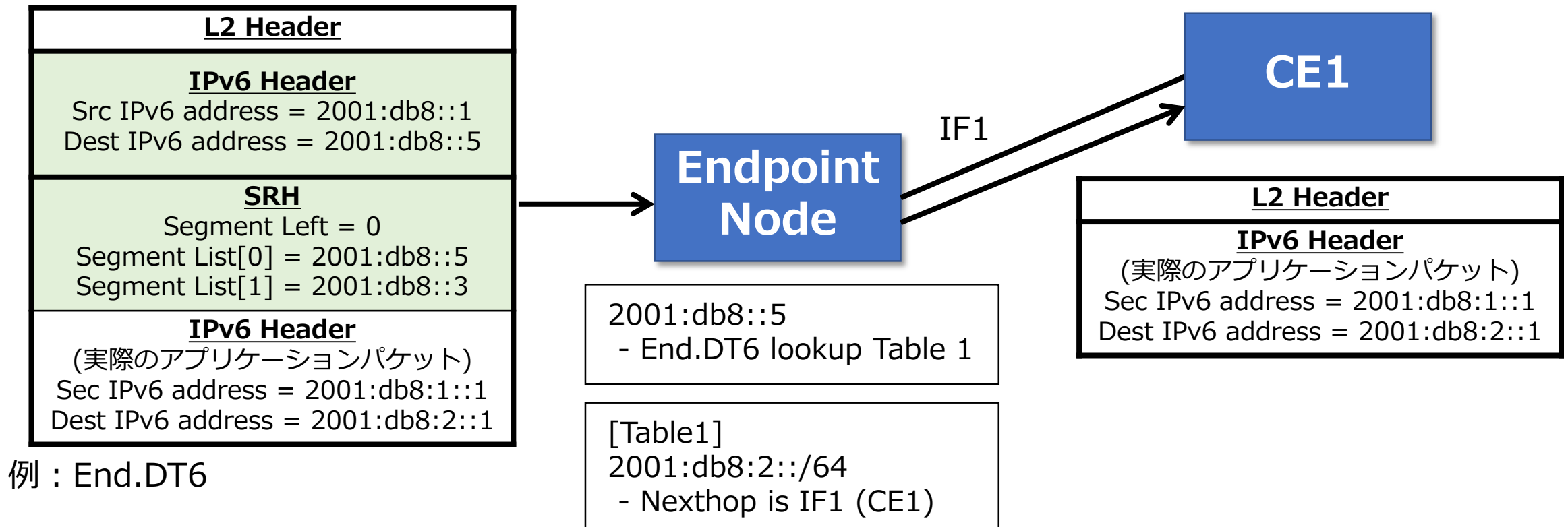
例 : End.X

# SRv6 Network Programming

- Function

- End Function : Endpoint Nodeにおいて実施されるfunction

End.DT6	SRv6のカプセル化をDecapして、特定のIPv6 Routing TableをLookupする (例 : IPv6-L3VPN)
---------	--



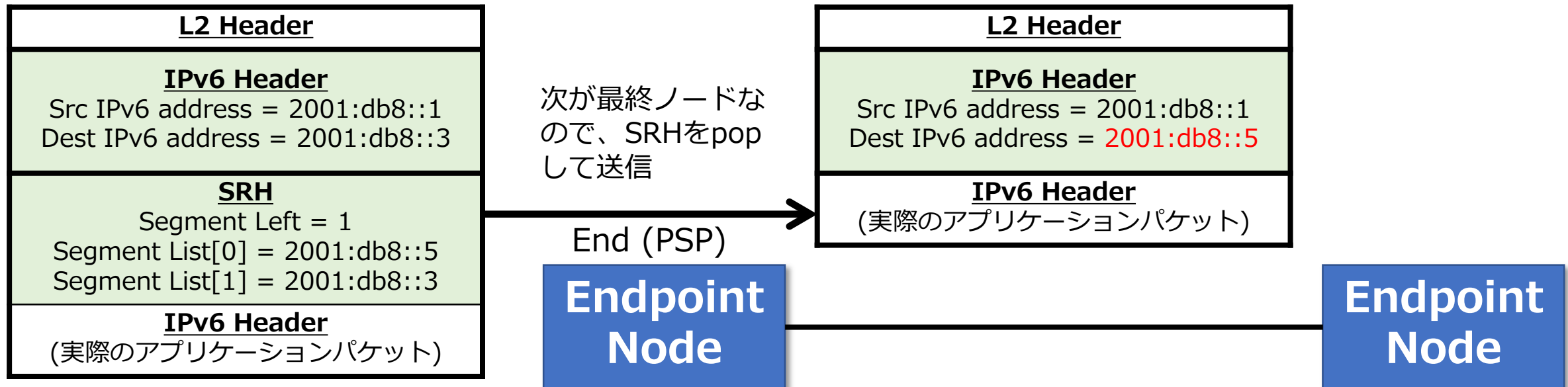
例 : End.DT6

# SRv6 Network Programming

- Flavors for End Functions

- End, End.X, End.Tには以下3種類の別パターンが存在する

PSP	次が最終ノードの場合(Updated SL=0)、Outer IPv6ヘッダーのDestinationアドレスを更新した後に、SRHをPopする
USP	自身が最終ノードの場合(Received SL=0)、そのSRHをpopする
USD	自身が最終ノードの場合(Received SL=0)、そのSRHの処理をskipして、次のヘッダーの処理を行う





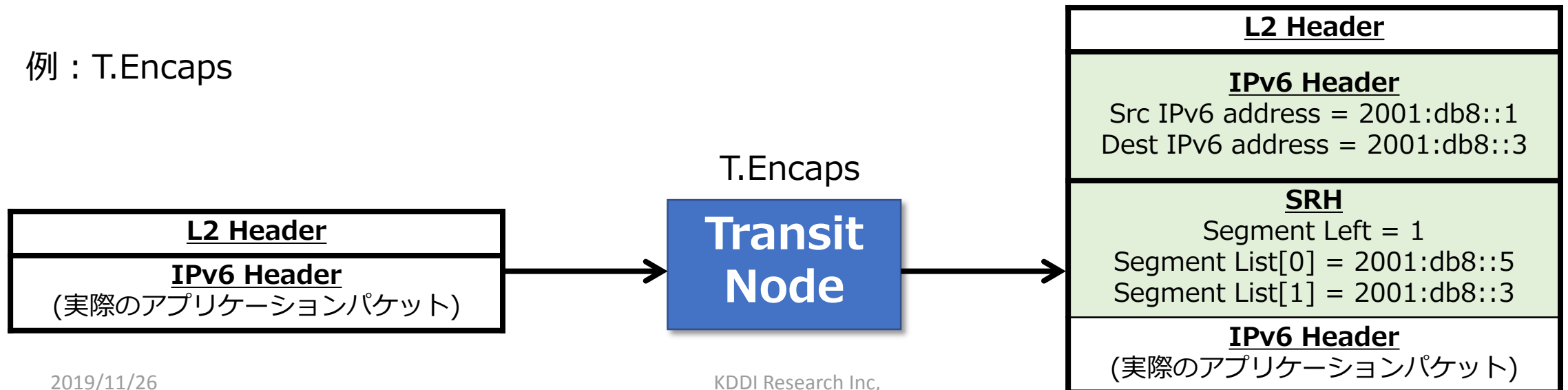
# SRv6 Network Programming

- Function

- Transit Function : Transit Nodeにおいて実施されるfunction

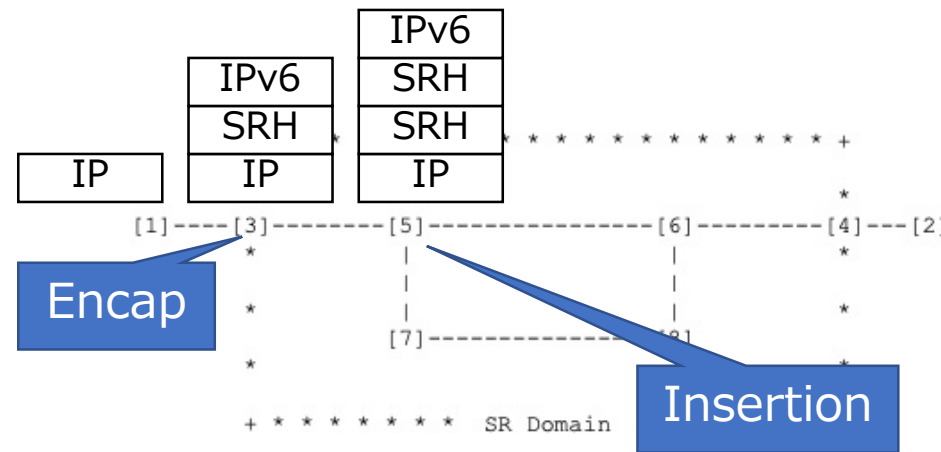
T	通常のIPv6 Routingに従い、転送する (SRHに何も変更をしない)
T.Encaps	特定のSRv6 PolicyをEncapする
T.Encaps.Red	特定のSRv6 PolicyをEncapする (最初のSIDは削除)
T.Encaps.L2	L2 Frameに対するT.Encap Function
T.Encaps.L2.Red	L2 Frameに対するT.Encap.Red Function

例 : T.Encaps



# Encapsulation or Insertion

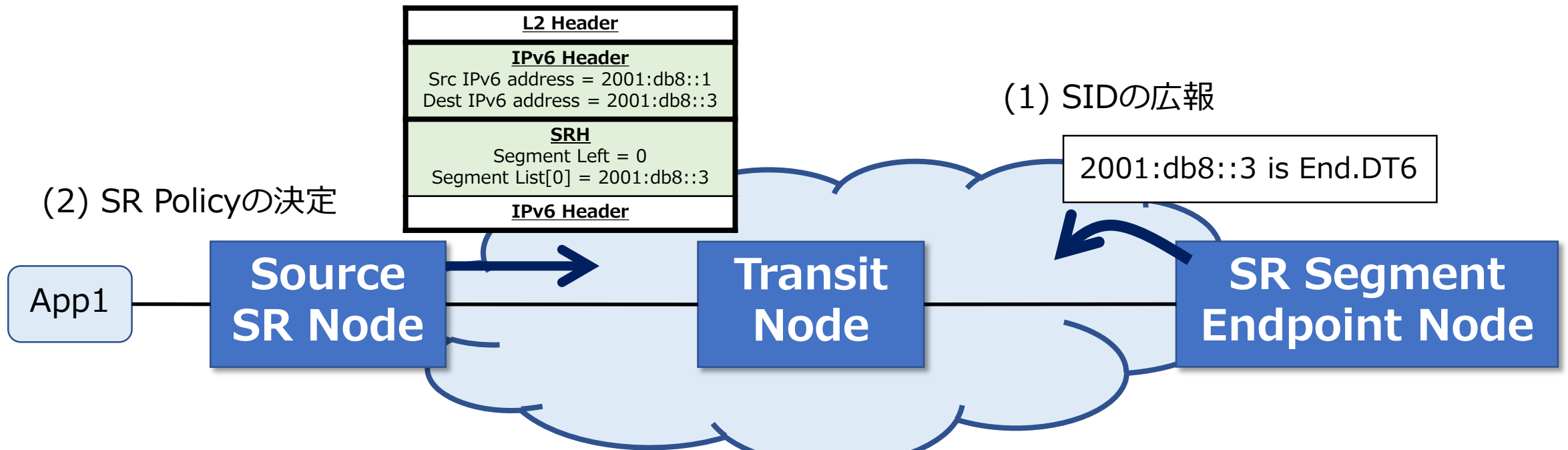
- 当初のNetwork Programming draftでは、SRHにSIDを追加する、Insertionを行うFunctionを定義されていた
- しかし、Routing Headerの途中ノードにおけるInsertionはRFC8200にて禁止されているため、Network Programming draftから一度除外され、別draftで定義されている
  - SR domainの入り口でSRv6 "Encapsulation"を実施し、SR Domain内でのみSRHのInsertionを実施するというもの



<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-voyer-6man-extension-header-insertion/>  
<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-filsfils-spring-srv6-net-pgm-insertion/>

# SRv6 Control Plane

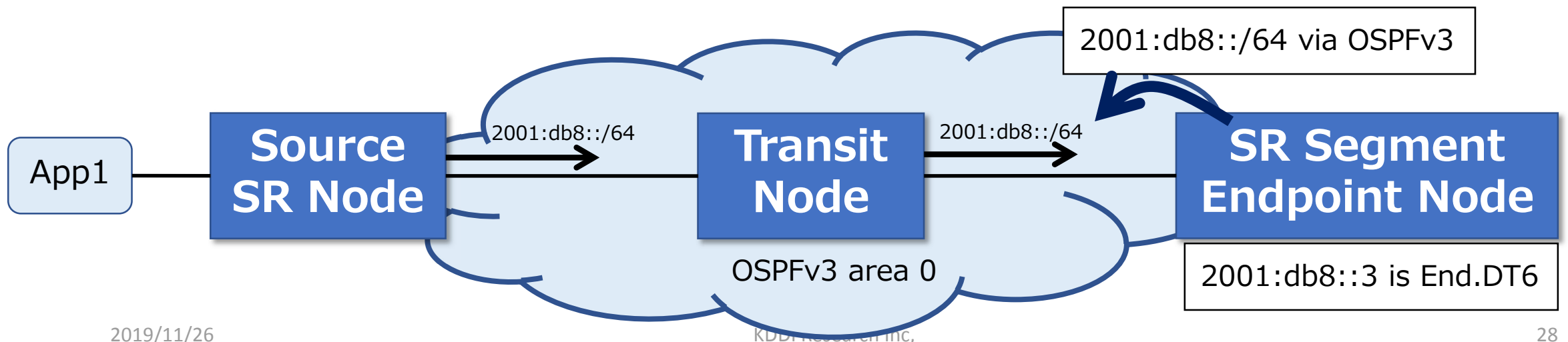
- Control Planeについては2つの観点
  - SR Endpoint Nodeが自身が提供するFunction/Segmentを示すIPv6アドレスをネットワークに広報すること (SIDの広報)
  - Source SR NodeがどのSRv6 Segmentを付与してカプセル化すべきか決定すること (SR Policyの決定)



# SIDの広報

## 1. FunctionのLocator Prefixのみを広報する

- SRv6用の拡張を用いずに、通常のRouting Protocol(BGP,OSPFv3など)を用いてLocator Prefixをネットワークに広報する
- もちろんそのPrefixがどのようなFunctionを実行するかは広報されないで、それはオペレーターが別途管理する必要がある



# SIDの広報

## 2. SRv6拡張のControl Plane Protocol (1/2)

- SRv6用の拡張を用い、LocatorのPrefixだけでなく、どのようなfunctionを提供するか？といったSRv6独自の情報も広報する
- 各種拡張ドラフト
  - IS-IS
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-lsr-isis-srv6-extensions/>
  - OSPFv3
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-ospf-ospfv3-srv6-extensions/>
  - BGP-LS
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-idr-bgpls-srv6-ext/>

# SIDの広報

## 2. SRv6拡張のControl Plane Protocol (2/2)

- Routing Protocolにより広報するものの一例
  - ノード関連情報
    - Supported SR Algorithm
    - Maximum SRv6 SID Depth
  - SRv6 SID関連情報
    - Topological Behavior Information (End/End.X)
      - End : Node SID, End.X : Adjacency SID
    - SRv6 SID Structure (Locator/Function/Argument Length)
    - Anycast Property
    - Endpoint behavior

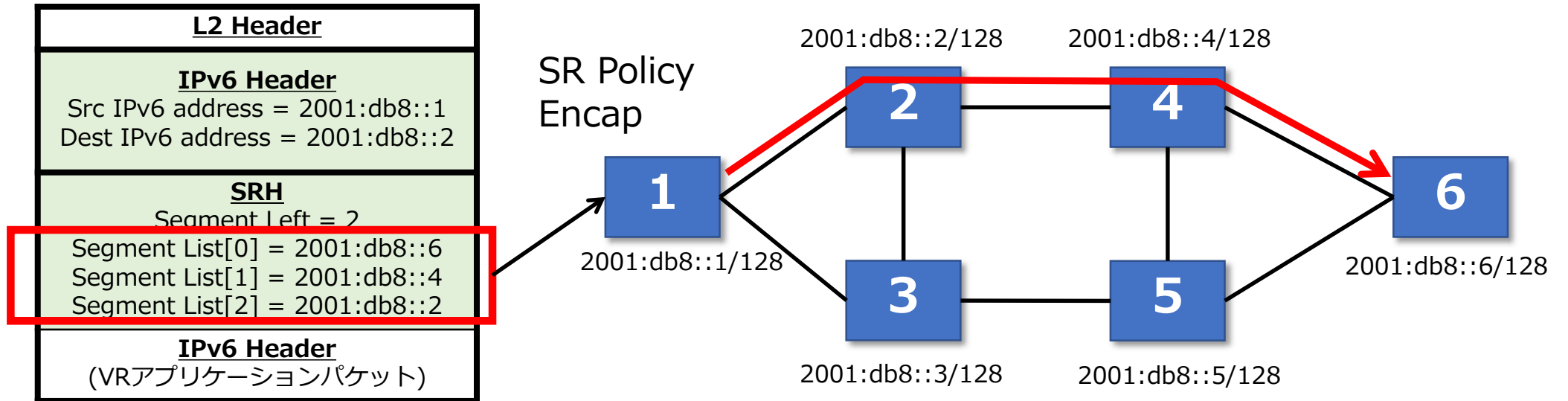
Endpoint Behavior	Endpoint Behavior Identifier	End SID	End.X SID	Lan End.X SID
End (PSP, USP, USD)	1-4, 28-31	Y	N	N
End.X (PSP, USP, USD)	5-8, 32-35	N	Y	Y
End.T (PSP, USP, USD)	9-12, 36-39	Y	N	N
End.DX6	16	N	Y	Y
End.DX4	17	N	Y	Y
End.DT6	18	Y	N	N
End.DT4	19	Y	N	N
End.DT64	20	Y	N	N
End.OP	40	Y	N	N
End.OTP	41	Y	N	N

Endpoint behavior

# SR Policy

- SR Policy

- 特定の目的を果たすために付与するべき、Segmentのリスト
  - SRv6だけでなく、SR-MPLSも共通の概念
  - 例：低遅延なパスを通すためのSegmentリスト
  - SR Policyは1つ以上のCandidate Pathにより構成される
  - Candidate pathは1つ以上のSegment Listにより構成される



<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-spring-segment-routing-policy/>

# SR Policy 構成

SR Policy	Candidate Path	Segment List
<b>POL1</b>	<b>CP1</b> (Preference is 200) B-SID : 2001:db8:a::1	<b>SID-List1</b> <2001:db8::2,2001:db8::4,2001:db8::6> (weight is 60)
		<b>SID-List2</b> <2001:db8::3,2001:db8::5,2001:db8::6> (weight is 40)
	<b>CP2</b> (Preference is 100) B-SID : 2001:db8:a::2	<b>SID-List1</b> <2001:db8::2,2001:db8::4,2001:db8::6> (weight is 50)
		<b>SID-List3</b> <2001:db8::3,2001:db8::2,2001:db8::6> (weight is 50)

Candidate Pathは Preferenceが高いものが選択される

## W-ECMP

複数のSegment Listがある場合は、Weightに従い、W-ECMPされる

例：  
SID-List1に全体の60%のフロー、SID-List2に全体の40%のフローを流す

※B-SID : Binding SID

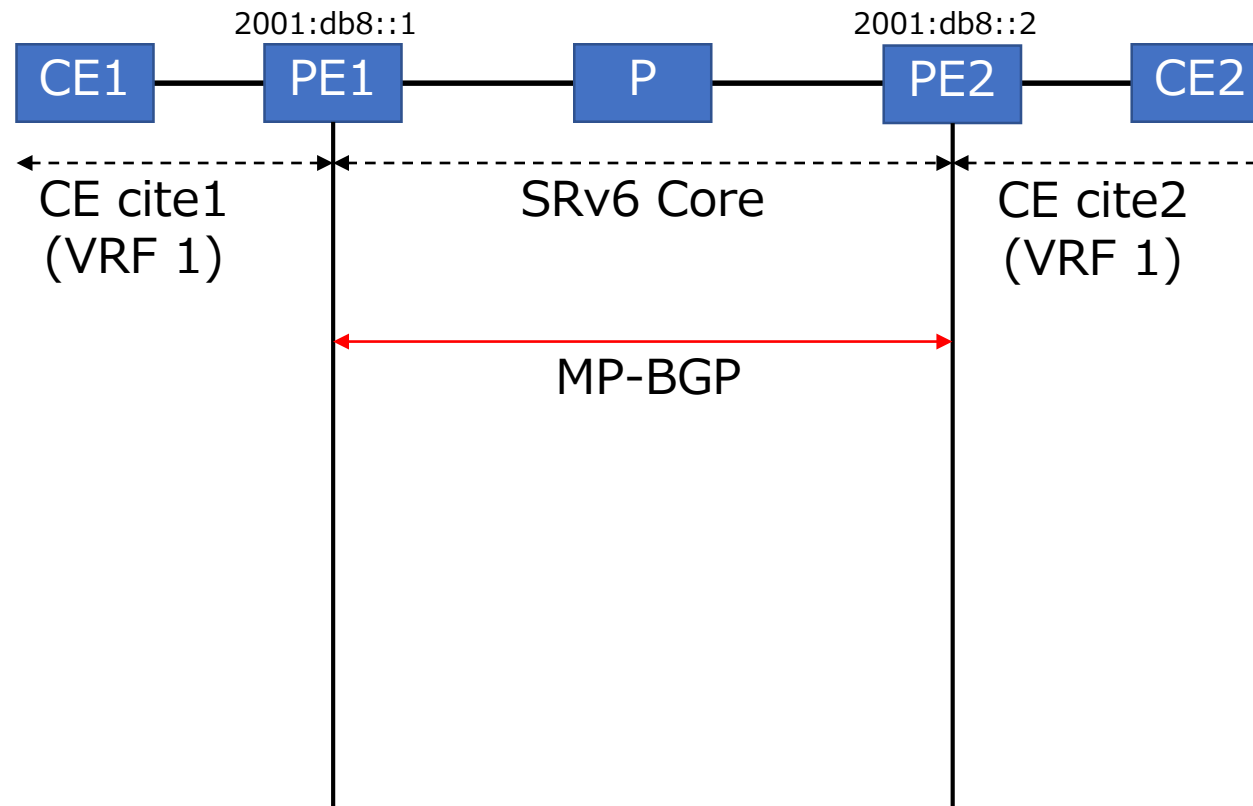


# SRv6 Policyの決定

1. 各種プロトコルの拡張提案がなされている
  - 基本的には、コントローラーから、エッジノードに対してSR Policyを配布するシナリオが考えられている
  - PCEP
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-pce-segment-routing-ipv6/> (ERO/RRO)
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-barth-pce-segment-routing-policy-cp/> (Policy)
  - BGP
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-idr-segment-routing-te-policy/>
  - Netconf(YANG model)
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-raza-spring-sr-policy-yang/>

# SRv6 VPN/EVPN

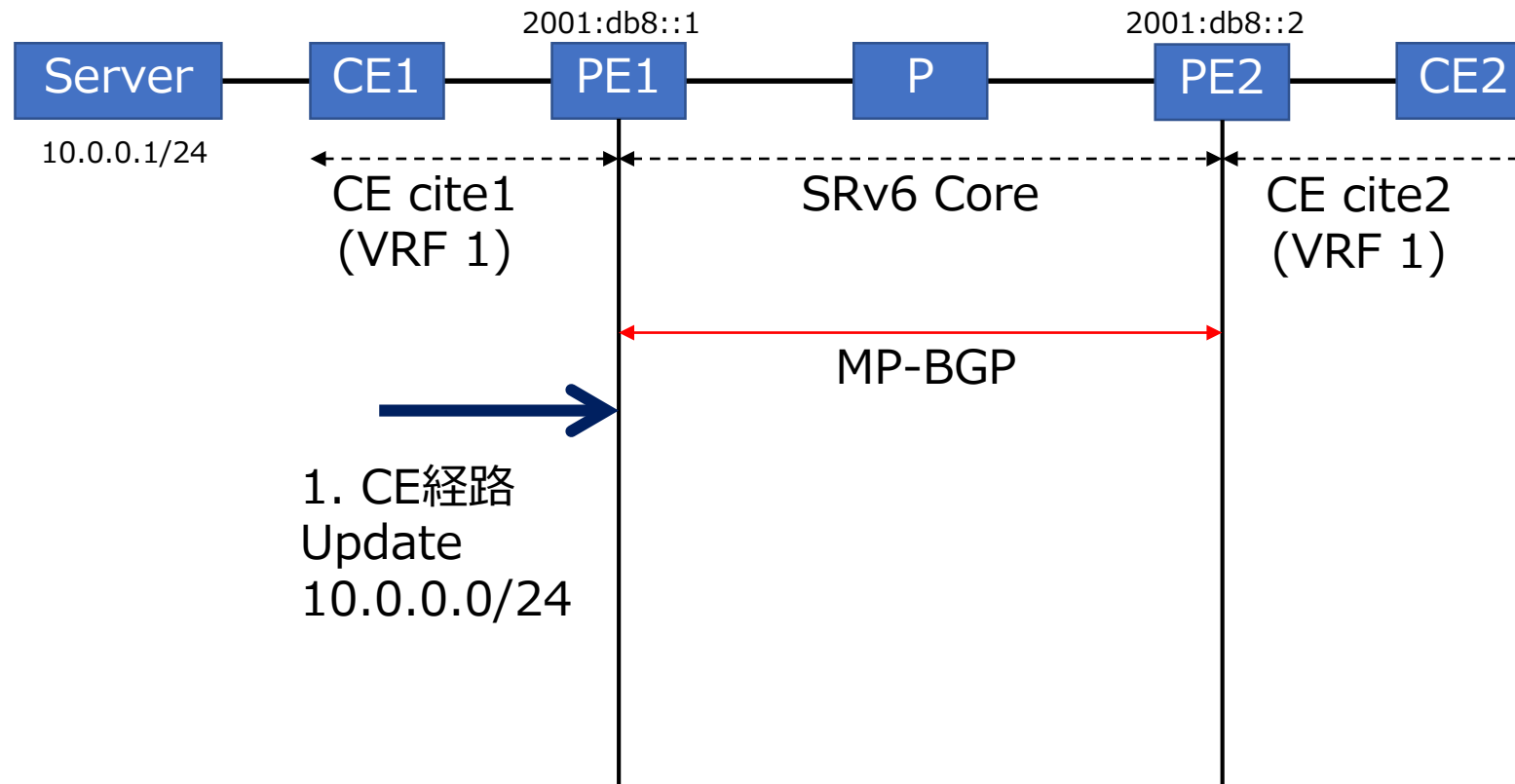
- SRv6を用いたVPN/EVPN実現
  - 例：IPv4 VPN over SRv6 core



<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-bess-srv6-services/>

# SRv6 VPN/EVPN

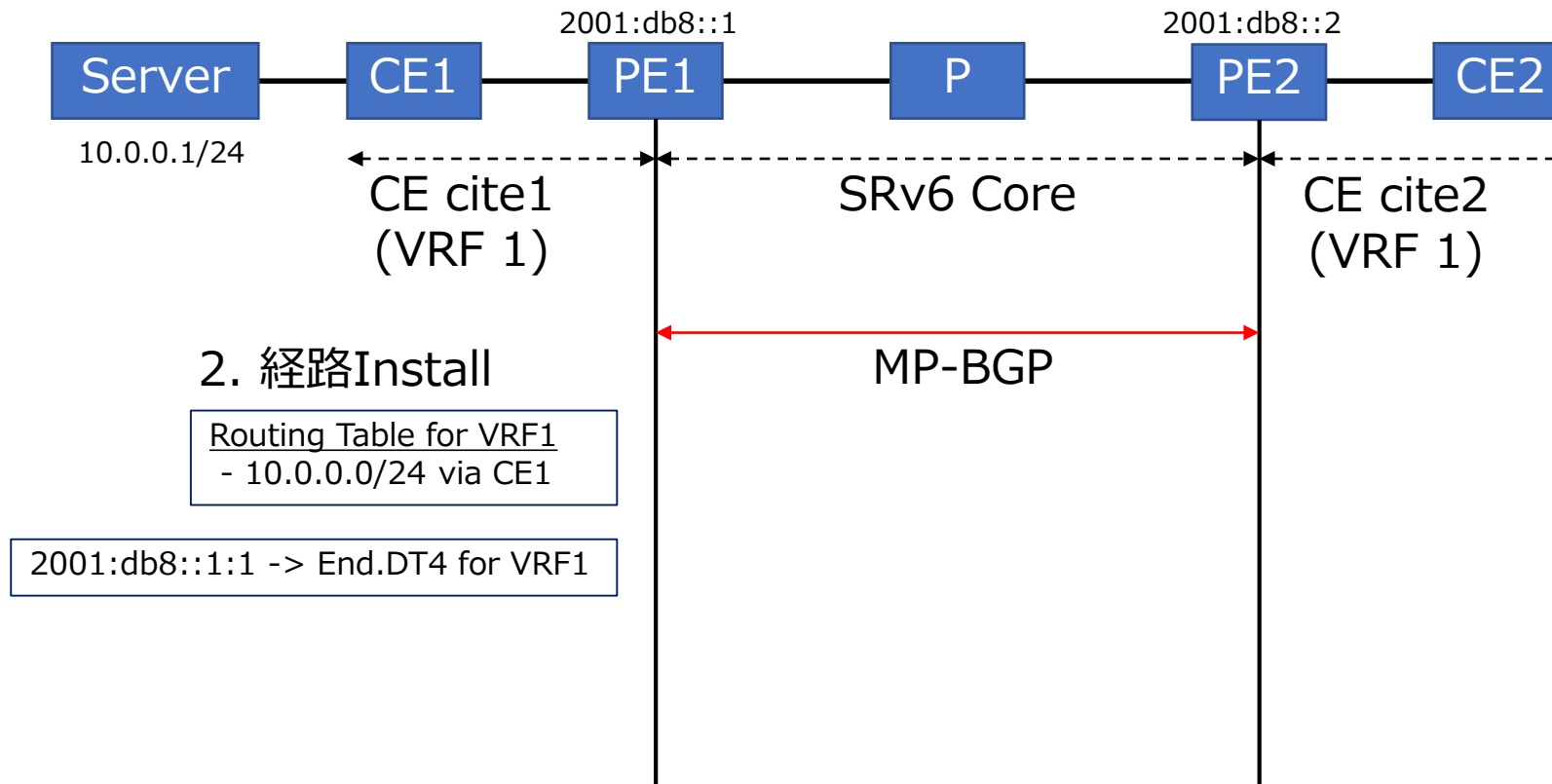
- SRv6を用いたVPN/EVPN実現
  - 例：IPv4 VPN over SRv6 core



<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-bess-srv6-services/>

# SRv6 VPN/EVPN

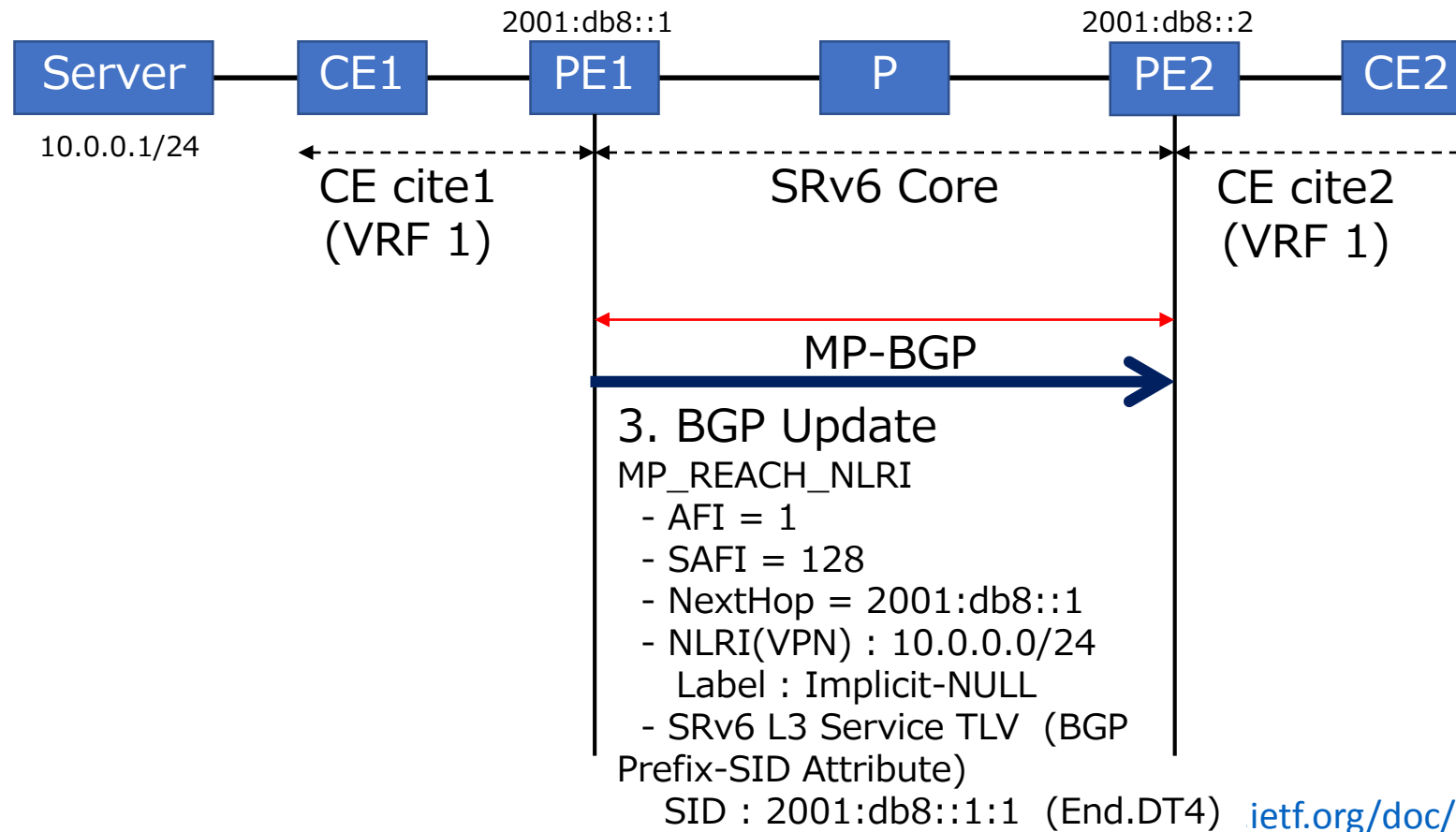
- SRv6を用いたVPN/EVPN実現
  - 例：IPv4 VPN over SRv6 core



<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-bess-srv6-services/>

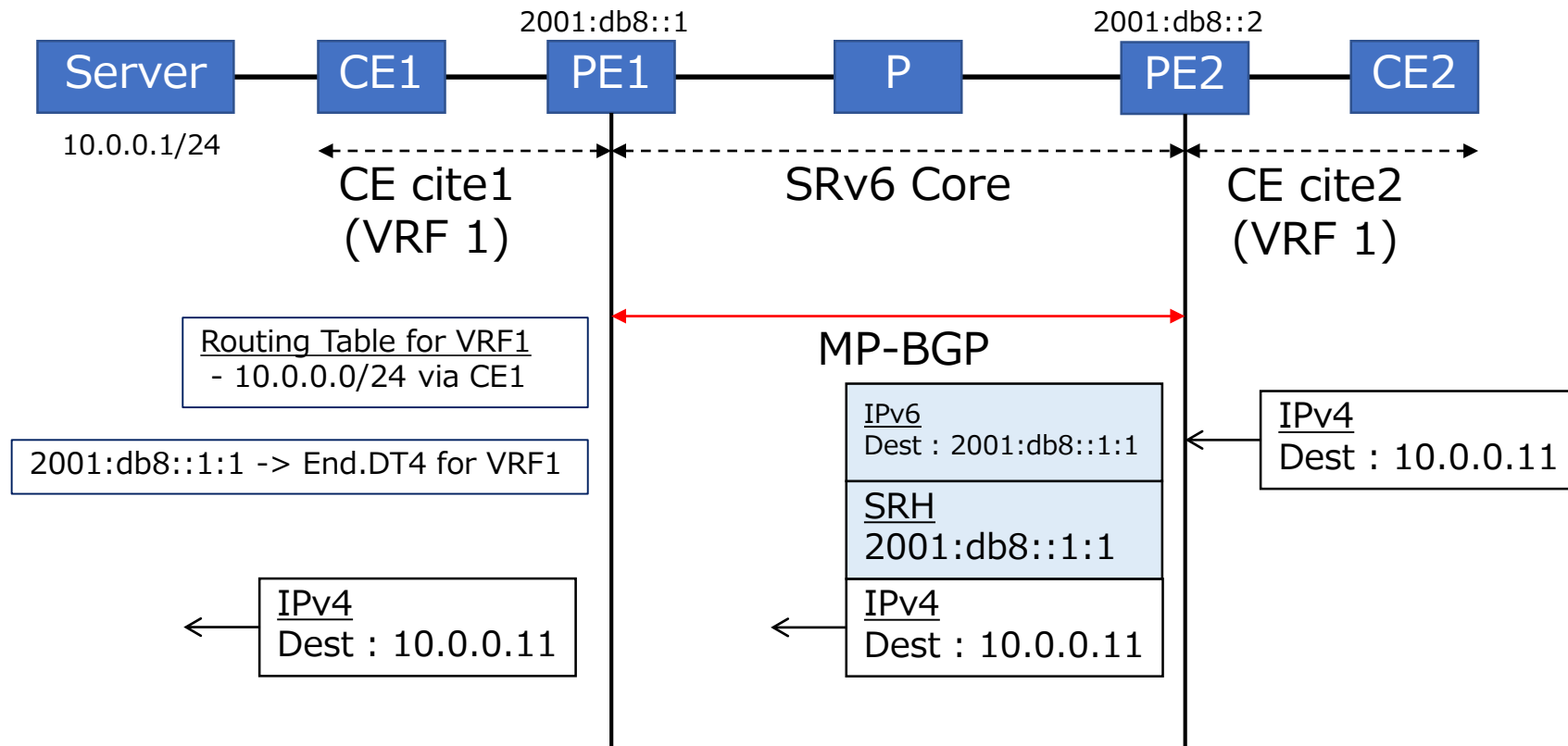
# SRv6 VPN/EVPN

- SRv6を用いたVPN/EVPN実現
  - 例 : IPv4 VPN over SRv6 core



# SRv6 VPN/EVPN

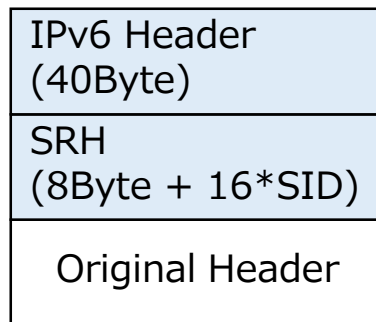
- SRv6を用いたVPN/EVPN実現
  - 例 : IPv4 VPN over SRv6 core



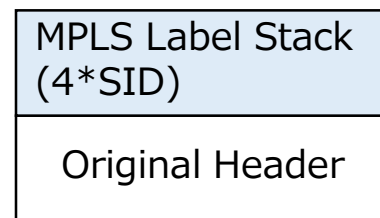
<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-bess-srv6-services/>

# Beyond SRv6 : Header Compression

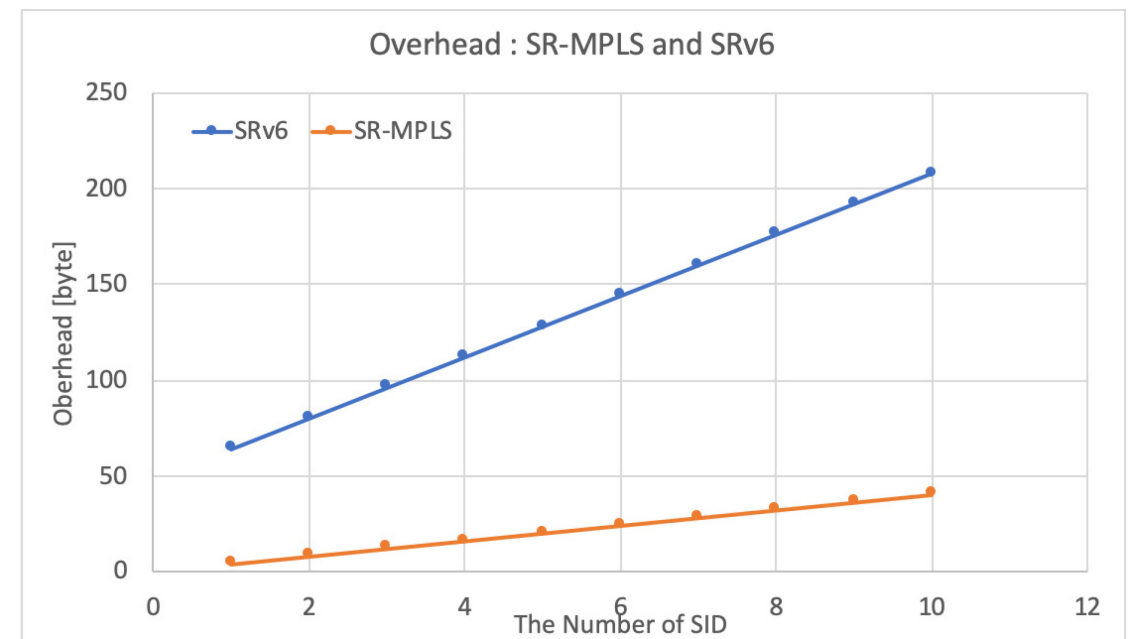
- SRv6の特徴として、Network Programmingなどの詳細な制御ができる一方、カプセル化のオーバーヘッドがSR-MPLSと比べて大きいというものがある
- オーバーヘッドの比較



**SRv6**



**SR-MPLS**



# Beyond SRv6 : Header Compression

- それを解決するために、SRv6のヘッダーサイズを小さくしようとしている取り組みが、近年盛んに議論されている
  - 注意点としては、SRv6/SRH自体を変更する・削除するというものではなく、新しいオプションを作ろうとしているという事
- 現在提案されているもの
  - uSID
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-filsfils-spring-net-pgm-extension-srv6-usid/>
  - SRm6 (以前はSRv6+という名前だった)
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-bonica-spring-sr-mapped-six/>
  - C-SRH/C-SID
    - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-spring-compressed-srv6-np/>
  - それぞれの比較として、以下のスライドがとても参考になります
    - <https://www.slideshare.net/kentaroebisawa/comparison-of-srv6-extensions-usid-srv6-csrh>



# Agenda

---

## 1. Segment Routing 基本説明

## 2. SRv6 基本説明

- Segment Routing Header
- Network Programming
- Control Plane & SR Policy
- SRv6 VPN
- Beyond SRv6

## 3. SRv6 実装状況

- Implementation
- Operator

# SRv6 実装状況

- 実装

- オープンソース

- Linux kernel[ref-1],[ref-2]: End, End.X, End.T, End.DX2, End.DX6, End.DX4, End.DT6, End.B6, End.B6.Encaps, T.Insert, T.Encaps, T.Encaps.L2
    - Linux snext module: End, End.X, End.DX2, End.DX6, End.DX4, End.AD, End.AM
    - FD.io VPP: End, End.X, End.DX2, End.DX6, End.DX4, End.DT6, End.DT4, End.B6, End.B6.Encaps, End.AS, End.AD, End.AM, T.Insert, T.Encaps, T.Encaps.L2

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-matsushima-spring-srv6-deployment-status/>

# SRv6 実装状況

## • 実装

### • 商用機器

#### Cisco:

Cisco hardware platforms supports SRH processing since April 2017, with current status as follows:

- o Cisco ASR 9000 platform with IOS XR shipping code.
- o Cisco NCS 5500 platform with IOS XR shipping code.
- o Cisco NCS 560 platform with IOS XR shipping code.
- o Cisco NCS 540 platform with IOS XR shipping code.
- o Cisco ASR 1000 platform with IOS XE engineering code.

#### Huawei:

- o Huawei ATN with VRPV8 shipping code.
- o Huawei CX600 with VRPV8 shipping code.
- o Huawei NE40E with VRPV8 shipping code.
- o Huawei ME60 with VRPV8 shipping code.
- o Huawei NE5000E with VRPV8 shipping code.
- o Huawei NE9000 with VRPV8 shipping code.
- o Huawei NG-OLT MA5800 with VRPV8 shipping code.

#### Barefoot Networks:

- o Hardware implementation in the Tofino NPU is present since May 2017.

#### Marvell:

- o Hardware implementation in the Prestera family of Ethernet switches.

#### Intel:

- o Hardware support on Intel's FPGA Programmable Acceleration Card N3000.

#### UTStarcom:

- o Hardware implementation in UTStarcom SkyFlux UAR500.

#### Spirent:

- o Support in Spirent TestCenter.

#### Ixia:

- o Support in Ixia IxNetwork.

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-matsushima-spring-srv6-deployment-status/>

# SRv6 オペレーション実績

- 7 Operators

- 下記のImplementation memoはドラフトより抜粋

Operator	Type	Country	Implementation Memo
Softbank	ISP	Japan	Nationwide SRv6 network
China Telecom	ISP	China	Multi-city SRv6 network
Iliad	ISP	Italy	Mobile IP Network / Cisco ASR9k, NCS5500
LINE Corporation	Datacenter	Japan	詳細は後のセッションにて！
China Unicom	ISP	China	SRv6 L3VPN / Huawei NE40E
CERNET2	Research	China	SRv6 L3VPN / Huawei NE40E
MTN Uganda Ltd.	ISP	Uganda	SRv6 based backbone network

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-matsushima-spring-srv6-deployment-status/>

# まとめ

---

## 1. Segment Routing 基本説明

## 2. SRv6 基本説明

- Segment Routing Header
- Network Programming
- Control Plane & SR Policy
- SRv6 VPN
- Beyond SRv6

## 3. SRv6 実装状況

- Implementation
- Operator

# References (1/2)

Reference	URL
Segment Routing	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8402/">https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8402/</a>
Segment Routing Header(SRH)	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-segment-routing-header/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-segment-routing-header/</a>
SRv6 Network Programming	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-spring-srv6-network-programming/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-spring-srv6-network-programming/</a>
SRH Insertion & Functions	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-voyer-6man-extension-header-insertion/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-voyer-6man-extension-header-insertion/</a> <a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-filsfils-spring-srv6-net-pgm-insertion/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-filsfils-spring-srv6-net-pgm-insertion/</a>
SRv6 SID Advertisement (IS-IS, OSPFv3, BGP-LS)	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-lsr-isis-srv6-extensions/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-lsr-isis-srv6-extensions/</a> <a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-ospf-ospfv3-srv6-extensions/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-ospf-ospfv3-srv6-extensions/</a> <a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-idr-bgp-ls-srv6-ext/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-idr-bgp-ls-srv6-ext/</a>
SRv6 VPN	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-bess-srv6-services/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-bess-srv6-services/</a>
SRv6 Deployment Status	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-matsushima-spring-srv6-deployment-status/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-matsushima-spring-srv6-deployment-status/</a>

# References (2/2)

Reference	URL
SR Policy	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-spring-segment-routing-policy/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-spring-segment-routing-policy/</a>
SR Policy Advertisement (PCEP)	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-pce-segment-routing-ipv6/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-pce-segment-routing-ipv6/</a> <a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-barth-pce-segment-routing-policy-cp/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-barth-pce-segment-routing-policy-cp/</a>
SR Policy Advertisement (BGP)	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-idr-segment-routing-te-policy/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-idr-segment-routing-te-policy/</a>
SR Policy Advertisement (YANG)	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-raza-spring-sr-policy-yang/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-raza-spring-sr-policy-yang/</a>
SRH Compression	<a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-filsfils-spring-net-pgm-extension-srv6-usid/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-filsfils-spring-net-pgm-extension-srv6-usid/</a> <a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-bonica-spring-sr-mapped-six/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-bonica-spring-sr-mapped-six/</a> <a href="https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-spring-compressed-srv6-np/">https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-spring-compressed-srv6-np/</a>
SRチュートリアル @JANOG40	<a href="https://www.janog.gr.jp/meeting/janog40/application/files/2415/0051/7614/janog40-sr-kamata-takeda-00.pdf">https://www.janog.gr.jp/meeting/janog40/application/files/2415/0051/7614/janog40-sr-kamata-takeda-00.pdf</a>
Compression of SRv6 Extensions: uSID, SRv6+, C-SRH	<a href="https://www.slideshare.net/kentaroebisawa/comparison-of-srv6-extensions-usid-srv6-csrh">https://www.slideshare.net/kentaroebisawa/comparison-of-srv6-extensions-usid-srv6-csrh</a>