

MPLS Japan的 ネットワークスライス動向

2021/11/01

栃尾 祐治 (富士通(株))

報告内容

- ネットワークスライミングに関する動向として、IETFでの動向を中心に紹介
(お断り) 参照しているInternet draftなど、2021/10時点の動向です。
- 具体的には、IETF TEAS WGで中心に議論を進めている IETF Network Slice の動向を紹介しつつ、どうNetwork Slicingを実現しようとしているのか紹介
- 加えて、IETF Network Slice の議論が深まり、(IPv6だけでなく) MPLSへの応用検討が進むにつれ、MPLSラベルスタックに対し、(互換性を維持しつつ) 新たなラベルスタックを議論する動きが加速
- 本報告ではこのMPLSの件についてもこれまでの経緯と今議論されている状況を紹介 (し、タイトル回収😊)
- 参考までに、これら内容はすでにISOC-JP IETF(109, 110)報告会でも報告したもので、今回はこのアップデートに該当
- なお、本資料は、本間俊介さん・宮坂拓也さんにもご協力いただきました(感謝)

IETFにおけるNetwork Slicing関連

Network SlicingにおけるIETFの取り組み

- IETF99(2017夏)ごろから、各WG or BoFで検討開始。例えば
 - *Side meeting* (IETF98) > [pdf](#)
 - NetSlicing BoF (IETF99) > [pdf](#)
 - COMS BoF (IETF101) > [pdf](#)
 - RTGWG, OPSAWGなど (IETF104) > [pdf](#)
 - TEAS (IETF105) > [pdf](#)
- IETF105 にて、TEASでNetwork Slicingを検討することが同意され、DT (Design Team) を結成。> [pdf](#) (@IETF106)
 - 参考: TEAS (Traffic Engineering Architecture and Signaling) WG とは
 - IP, MPLS and GMPLSにおけるTraffic Engineering (TE) に関わる一般的アーキテクチャ、RSVP-TEなどのシグナリングプロトコルなどを扱う、平たくいうとTE全般に関わることを扱うWG
 - RFC8453 こと Abstraction and Control of Traffic Engineered Networks (ACTN)もこのWGで進めてきた。他、TE YANG, TE Topology YANGも扱い、現在はRFC3272bisもすすめている

TEAS WGでのこれまでの取り組み

- 主なアウトプット文書 (2021/10現在)

(1)全体に関するドラフト (Framework, E2E Slice定義)

ドキュメント	概要
Framework for IETF Network Slices https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-teas-ietf-network-slices	IETFにおけるネットワークスライス(IETF Network Slice)を定義。 以前は、Definition draftとFramework draftが存在したがこの春にマージ。Network Slice関連で数少ないWG I-Dの一つ。後述
IETF Network Slice use cases https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-cheng-teas-network-slice-usecase	タイトルの通りUse caseを紹介。cloud-network serviceや1 IPオペレータ内での複数companyネットワーク運用などの例を紹介
5G End-to-end Network Slice Mapping from the view of Transport Network (Expired) https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-geng-teas-network-slice-mapping	5G End-to-end ネットワークを Transport Network (TN) slice (i.e. IETF Network Slice)にどうマッピングするか検討し示した文書。Management / Data plane でのGap分析もあり
IETF Network Slice for 5G and its characteristics (Expired) https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-rokui-5g-ietf-network-slice	5G IETF Network Slicesを定義し、5G End-to-end sliceとIETF Network Slice Controllerとの関係並びにNBIデータモデル (YANG)を提案するドラフト。後述するが、IETF Network Sliceのベースになっている

TEAS WGでのこれまでの取り組み

- 主なアウトプット文書 (2021/10現在)

(2a) ソリューションに関わるドラフト

ドキュメント	概要
<p>A Framework for Enhanced Virtual Private Network (VPN+) Services https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-teas-enhanced-vpn</p> <p>Scalability Considerations for Enhanced VPN (VPN+) https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-dong-teas-enhanced-vpn-vtn-scalability</p>	<p>VPN+として、Network Sliceを提供するVPNとして比較的長期に亘り議論されたドラフトで、VTN (Virtual Transport Network) をUnderlayにVPN serviceを提供するための枠組み。Routing拡張やスケールに関する考察など関連ドラフトあり 後述</p>
<p>Applicability of Abstraction and Control of Traffic Engineered Networks (ACTN) to Network Slicing https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-teas-applicability-actn-slicing</p>	<p>RFC8453 (ACTN Framework)、特にACTN Virtual Network (VN)並びにACTN management Components (i.e., CNC, MDSC, PNC)をベースに Network Slicingをどう適用できるかまとめたWG I-D</p>

TEAS WGでのこれまでの取り組み

- 主なアウトプット文書 (2021/10現在)

(2b) ソリューションに関わるドラフト

ドキュメント	概要
Building blocks for Network Slice Realization in Segment Routing Network https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ali-teas-spring-ns-building-blocks	SR(SR-MPLS, SRv6)によりNetwork Sliceをどう実現するかを記したドラフト。TEAS/SPRINGの双方のWGで展開 後述
Realizing Network Slices in IP/MPLS Networks https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-bestbar-teas-ns-packet	IP/MPLSネットワーク上でネットワークスライスを実現する提案。後述
Packet Network Slicing using Segment Routing (Expired) https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-peng-teas-network-slicing	5Gサービス向けにTransport network (TN)をどうスライス実現するか手法を示したもので、SR policyを拡張したAll-based mechanismを紹介

TEAS WGでのこれまでの取り組み

- 主なアウトプット文書 (2021/10現在)

(3) IETF Network Slice Controller のNBIに関するドラフト

ドキュメント	概要
<i>IETF Network Slice Controller and its associated data models (Expired)</i> https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-contreras-teas-slice-controller-models	<i>IETF Network Slice</i> におけるControllerの内部構造ならびに、そこで用いられる各種data modelに関する考察的なInformational draft
IETF Network Slice Service YANG Model https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-teas-ietf-network-slice-nbi-yang/	IETF Network Slice Service YANGを定義。IETF Network Slice Customer - IETF Network Slice Controller (NSC)間、すなわち NSC NBIを対象にする。WG I-D
IETF Network Slice use cases and attributes for Northbound Interface of controllers https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-contreras-teas-slice-nbi	IETF Network Sliceを利用するユースケースを整理し、そのユースケースを満たすためにNBIに埋め込むべき情報を整理するドラフト

TEAS WGでのこれまでの取り組み

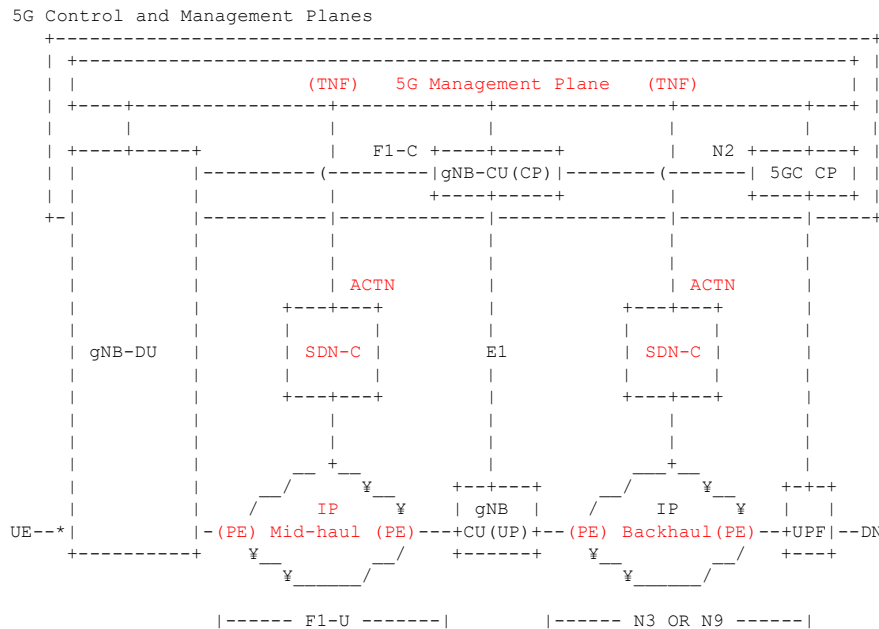
- 主なアウトプット文書 (2021/10現在)

(3) IETF Network Slice Controller の SBI に関するドラフト

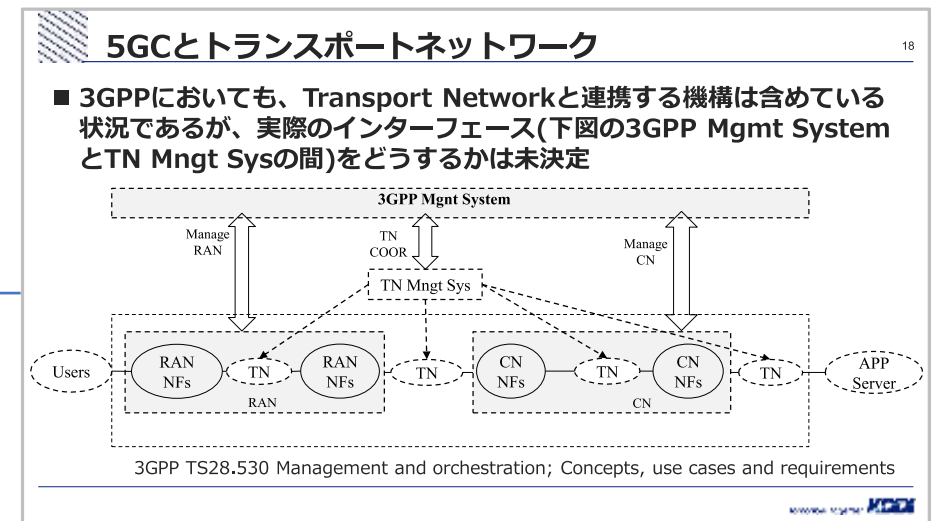
ドキュメント	概要
YANG Model for Scalable VTN https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-geng-teas-enhanced-vpn-scalable-vtn-yang A VTN Network YANG Module https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-wd-teas-vtn-network-yang	VPN+におけるYANG定義
Instantiation of IETF Network Slices in service providers networks https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-barguil-teas-network-slices-instantiation	IETF Network Slice Controller – Network Controller (i.e, NSC SBI)の動作定義。NBIからのSliceリクエスト (例えば LxVPN service) をもとにLxVPN (LxVPN network) 設定するための手順を定義
IETF Network Slice YANG Data Model https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-liu-teas-transport-network-slice-yang	IETF Network Slice全体のYANG data modelを提案。Network Topology YANG (RFC8345), TE Topology YANG (RFC8765) をベースにNetwork Sliceを定義
YANG Data Model for Slice Policy https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-bestbar-teas-yang-slice-policy	IP/MPLS networksにおけるSlice Policyに対するYANGを定義するドラフト。 draft-bestbar-teas-ns-packet に関連

IETFが (3GPP) 5G slicingで目指すところ (またはIETF Network Slice定義の契機)

- TS28.530でいうところのTransport Network (TN) 念頭に、Network Slicingはじめ、UP, Controller などのManagement planeを定義
 - 初期の Framework draft はTransport network slice定義し、これがIETF Network Sliceの大元になっている (大元であり IETF Network Slice が TN を対象にしているとは明言していない)
draft-clt-dmm-tn-aware-mobility から。このドラフトでは、表向きTS28.530は参照していないが、明らかに意識



* Radio and Fronthaul
Figure 1: Backhaul and Mid-haul Transport Network for 5G



<https://www.isoc.jp/wiki.cgi?action=A TTACH&page=IETF105Update&file=ietf105%2Dmiyasaka%2Epdf>

Framework for IETF Network Slices

[draft-ietf-teas-ietf-network-slices](#)

- 以下、Frameworkドラフトと略記
- ドラフトの構成(目次抜粋)
 - 原則05版(2021/10)に沿って紹介
- FYI: 以前はDefinitionとFrameworkドラフトが存在。2021/4にマージ
 - draft-ietf-teas-ietf-network-slice-definition
 - draft-ietf-teas-ietf-network-slice-framework

1.	Introduction	3
1.1.	Background	4
2.	Terms and Abbreviations	5
2.1.	Core Terminology	5
3.	IETF Network Slice Objectives	7
3.1.	Definition and Scope of IETF Network Slice	7
3.2.	IETF Network Slice Service	8
3.2.1.	Ancillary CEs	10
4.	IETF Network Slice System Characteristics	10
4.1.	Objectives for IETF Network Slices	10
4.1.1.	Service Level Objectives	11
4.1.2.	Service Level Expectations	13
4.2.	IETF Network Slice Endpoints	15
4.3.	IETF Network Slice Decomposition	18
5.	Framework	18
5.1.	IETF Network Slice Stakeholders	19
5.2.	Expressing Connectivity Intents	19
5.3.	IETF Network Slice Controller (NSC)	21
5.3.1.	IETF Network Slice Controller Interfaces	23
5.3.2.	Management Architecture	24
5.4.	IETF Network Slice Structure	25
6.	Realizing IETF Network Slices	27
6.1.	Architecture to Realize IETF Network Slices	27
6.2.	Procedures to Realize IETF Network Slices	29
6.3.	Applicability of ACTN to IETF Network Slices	30
6.4.	Applicability of Enhanced VPNs to IETF Network Slices	31
6.5.	Network Slicing and Slice Aggregation in IP/MPLS Networks	31
7.	Isolation in IETF Network Slices	32
7.1.	Isolation as a Service Requirement	32
7.2.	Isolation in IETF Network Slice Realization	32
8.	Management Considerations	32
9.	Security Considerations	32
10.	Privacy Considerations	34

3.1 Definition of IETF Network Slice

- draft-ietf-teas-ietf-network-slices-04 section-3.1 から
- **IETF Network Slice (の定義) とは...**
 - logical network topology
 - connectivity resource requirements & associated network behaviors
 - Underlayから独立
 - これにより IETF Network Slice Service Customerが、connectivityなどを提供可能
 - 階層的に提供可 & 横方向に結合可
 - technology-agnostic
- なお "Slice" については、ある user traffic を他のものから分離するための特性および動作と定義しているが、IETF Network Slice は、(大雑把に記すと) Underlay network がネットワーク装置の変更に対応でき、かつSLO/SLE(Service level objective/Expectation)を満足できるものを想定している

An IETF Network Slice Service enables connectivity between a set of CEs with specific Service Level Objectives (SLOs) and Service Level Expectations (SLEs) over a common underlay network.

An IETF Network Slice combines the connectivity resource requirements and associated network behaviors such as bandwidth, latency, jitter, and network functions with other resource behaviors such as compute and storage availability. The definition of an IETF Network Slice Service is independent of the connectivity and technologies used in the underlay network. This allows an IETF Network Slice Service customer to describe their network connectivity and relevant objectives in a common format, independent of the underlying technologies used.

IETF Network Slices may be combined hierarchically, so that a network slice may itself be sliced. They may also be combined sequentially so that various different networks can each be sliced and the network slices placed into a sequence to provide an end-to-end service. This form of sequential combination is utilized in some services such as in 3GPP's 5G network [TS23501].

An IETF Network Slice Service is technology-agnostic, and its realization may be selected based upon multiple considerations including its service requirements and the capabilities of the underlay network.

The term "Slice" refers to a set of characteristics and behaviours that separate one type of user-traffic from another. An IETF Network Slice assumes that an underlay network is capable of changing the configurations of the network devices on demand, through in-band signaling or via controller(s) and fulfilling all or some of SLOs/SLEs to all of the traffic in the slice or to specific flows.

3.2 IETF Network Slice Service

- 04版で3.2章として追加
- IETF network slice serviceを提供するということは:
CE (customer's endpoints) 起点で定義し、CE間を connectivity matrices (p2p, p2mp等)で定義の上、CE間にSLO/SLEを提供する
ということ
 - SLO: Service Level Objective (SLO)
 - SLE: Service Level Expectation (SLE)
- Connectivity matrix ないしは Slice connection types (04版 4.2.1章) との関係を05版で大幅更新。3.2章でConnectivity matrix を明確化し、Slice connection types は05版で削除

4. IETF Network Slice System Characteristics

4.1. Objectives for IETF Network Slices

- Service level Characteristics
 - Service Level Indicator (SLI)
 - Service Level Objective (SLO)
 - Service Level Expectation (SLE)
 - Service Level Agreement (SLA)
- このうち、Measurable なものとしてEndpointに提供できる **SLO** (例えば、latency, BW など)と、**SLE** について紹介。
- SLE の例は以下の通り
 - Security
 - Geographic Restrictions
 - Maximal Occupancy Level
 - Isolation
 - Diversity

4.2. IETF Network Slice Endpoints (NSE)

- 主な定義
 - conceptual points of connection to IETF network slice.
 - identified by a unique ID in the context of an IETF Network Slice customer
- 04版までではEndpointの解釈(vs CE, PE)をめぐる議論継続中、05版で明確化し更新

Realizing IETF Network Slices / Isolation

6. Realizing IETF Network Slices

- アーキテクチャは次ページ
- 実現手法 (Controller(NSC)とcustomerの關係に着目)
 - The NSC exposes the network slicing capabilities that it offers for the network it manages.
 - The customer may issue a request to determine whether a specific IETF Network Slice could be supported by the network. <..>
 - The customer requests an IETF Network Slice. The NSC may respond that the slice has or has not been created, <..>
 - When processing a customer request for an IETF Network Slice, the NSC maps the request to the network capabilities and applies provider policies before creating or supplementing the resource partition.
- Applicability
 - ACTN
 - VPN+
 - IP/MPLS Networks

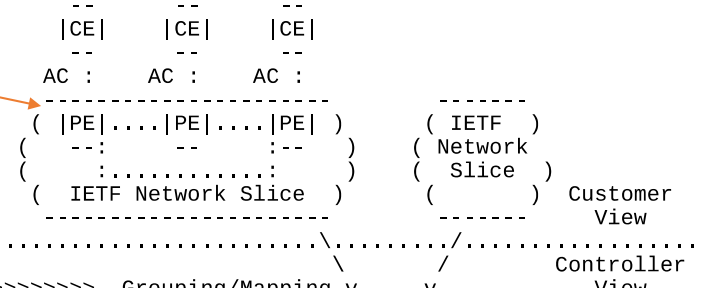
7. Isolation in IETF Network Slices

- Requirement (いずれもmay)
 - 他の slice customer の影響を受けないよう IETF network slice deliveryを要求していい
 - Providerの変更や他のslice customerの動作状況に対して、影響を受けない度合いを定義していい
 - このことを SLE (4.1.2) として表現していい
- Isolation は、underlying network において行われ、dedicatedからsharingまで様々な resource partitioning によって提供される
 - 代表例は、VPN (L3VPN, L2VPN, EVPN)

Frameworkドラフト近況

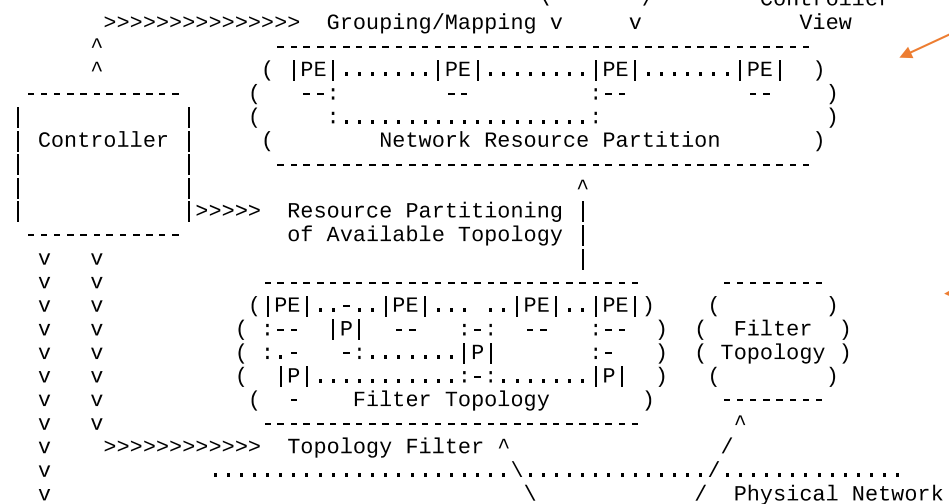
6.1 Architecture of an IETF Network Slice

The network slice (service) as viewed by the customer.



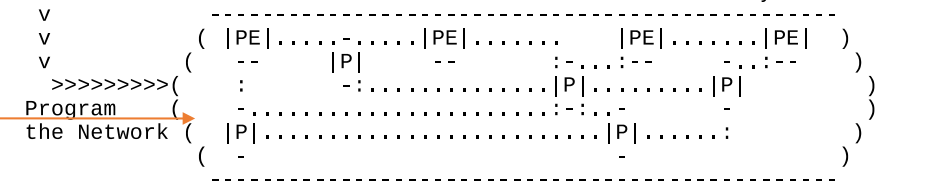
Set of network resources available to support a group of network slice services.

Controller programs the operations at each stage.



Optional stage like coloured graphs in multi-topology, or like clustering all available resources with a specific property.

The architecture must not care about the network technology or how it is operated.



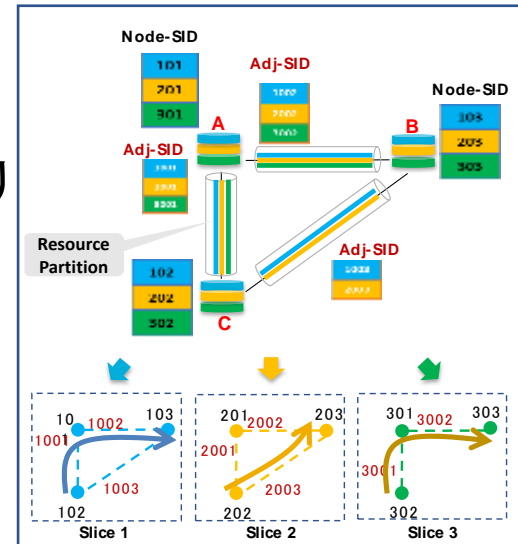
<https://datatracker.ietf.org/meeting/interim-2021-teas-01/materials/slides-interim-2021-teas-01-sessa-open-issues-framework-for-ietf-network-slices-00>

IETF Network Slice実現例

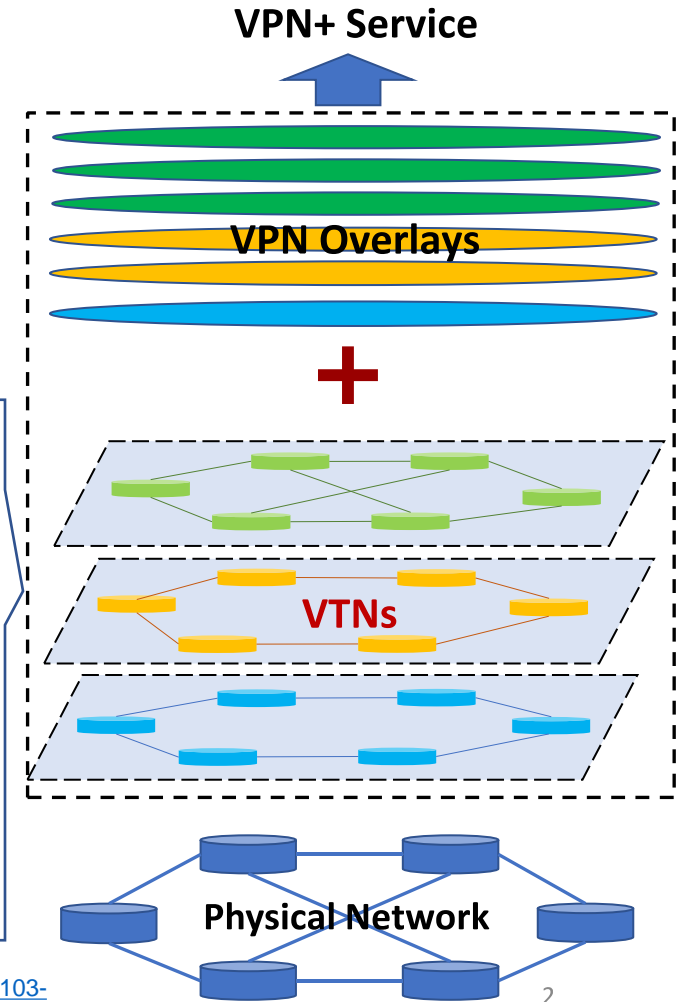
A Framework for Enhanced Virtual Private Network (VPN+) Services

draft-ietf-teas-enhanced-vpn

- Network Sliceを提供するVPNとして比較的長期に亘り議論されたドラフト
- VTN (Virtual Transport Network) をUnderlayにVPN serviceを提供するための枠組みであり、ドラフトのメインはこのVTNに関わるもの
- VTNの提供手段(の一つ)にSRを想定
 - SR詳細は、SRPRING WG他にドラフトあり
 - draft-ietf-spring-sr-for-enhanced-vpn
 - draft-dong-lsr-sr-enhanced-vpn-06
- TEAS WGでは、このドラフトの課題である拡張性を考察したドラフトも議論
 - draft-dong-teas-enhanced-vpn-vtn-scalability



<https://datatracker.ietf.org/meeting/103/materials/slides-103-spring-segment-routing-for-enhanced-vpn-service-00.pdf>

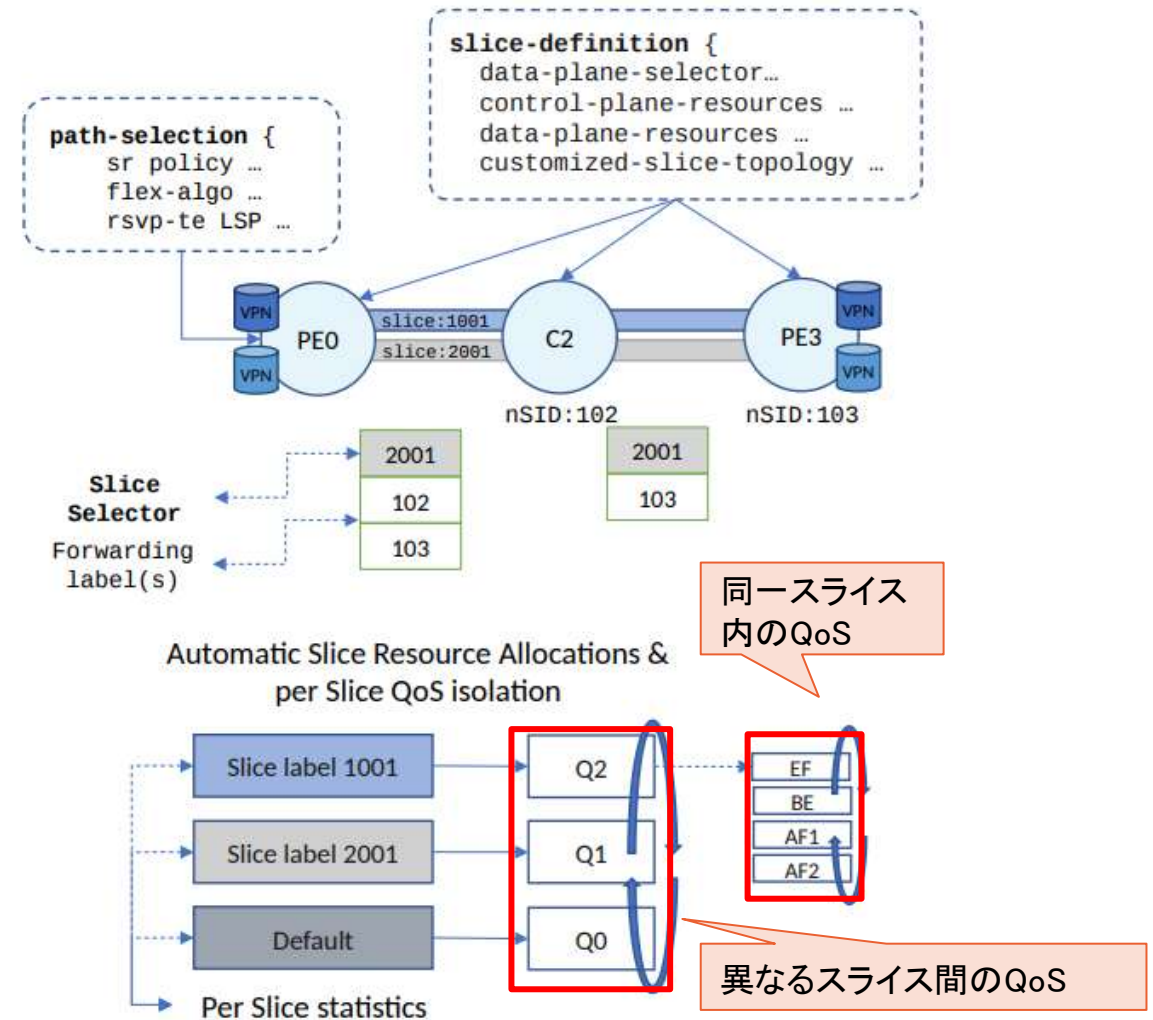


<https://datatracker.ietf.org/meeting/110/materials/slides-110-teas-scalability-considerations-for-enhanced-vpn-vpn-00>

Realizing Network Slices in IP/MPLS Networks

draft-bestbar-teas-ns-packet(-04)

- IP/MPLSネットワーク上でネットワークスライスを実現する提案
- Diffservをベースとした提案
- PEルーターにおいて、CEから受信したIPパケットに、スライスの識別子を示すMPLSラベル(右図ではSlice Selector/Label)と、経由すべき各ルーターのMPLSラベルを付与して転送
 - H-QoSとスライシング
 - 同一ネットワークスライス内でのQoSを実現
 - 途中のPルーターは、Slice label毎のQueueを作成、その下で実際のDSCPの値(もしくはMPLS Label TC bit)に従ったQueueを割り当て

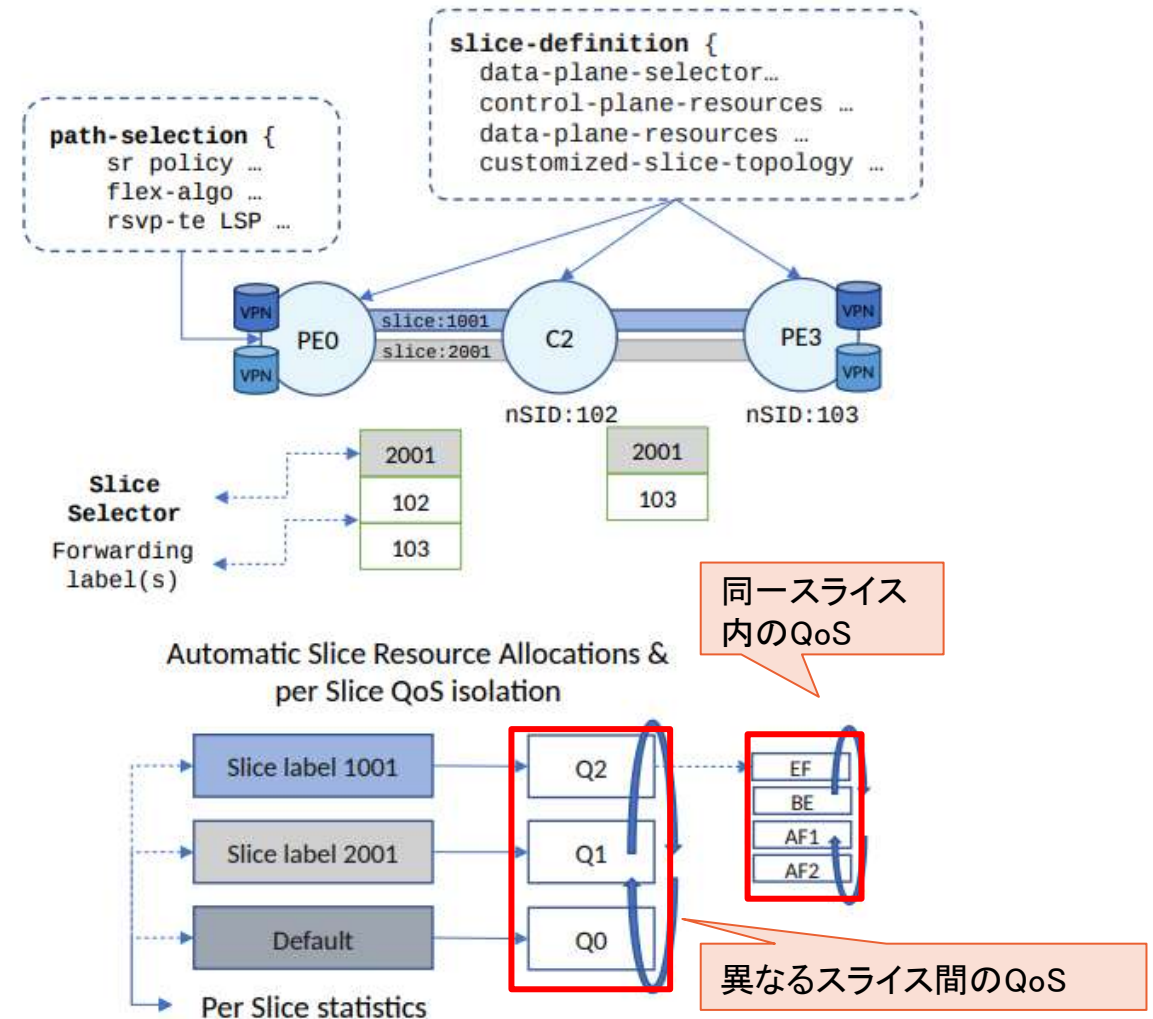


<https://datatracker.ietf.org/meeting/109/materials/slides-109-teas-realizing-network-slices-in-ipmpls-networks-01>

Realizing Network Slices in IP/MPLS Networks (続)

draft-bestbar-teas-ns-packet

- Label は Slice Policy Data Plane Selector を示すものとして定義され Slice aggregate をに属する
 - Slice aggregate: Slice 定義 (policy) に属した packet forwarding を兼ね、IETF network slice traffic stream を定義するもの
- Slice Policy Data Plane Selector は、MPLS では以下のドラフトにより定義されるとある
 - draft-decraene-mpls-slid-encoded-entropy-label-id
 - 詳細は次スライド
 - draft-kompella-mpls-mspl4fa
 - 詳細は後述(MPLSパート)



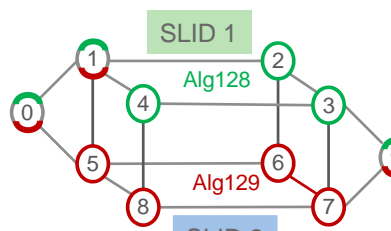
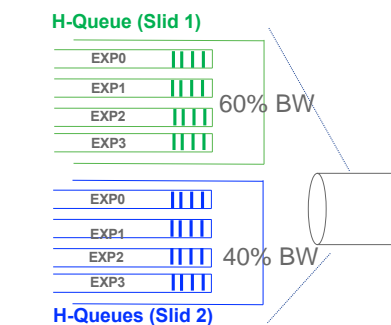
<https://datatracker.ietf.org/meeting/109/materials/slides-109-teas-realizing-network-slices-in-ipmpls-networks-01>

Building blocks for Network Slice Realization in Segment Routing Network

draft-ali-teas-spring-ns-building-blocks

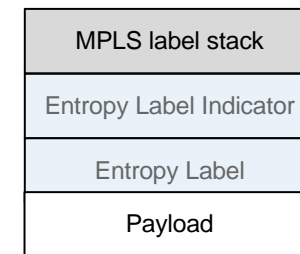
- SR(SR-MPLS, SRv6)によりNetwork Sliceをどう実現するかを記したドラフト
 - TEAS/SPRINGの双方のWGで展開
- 以下の構成要素
 - SR Policy with or without Flexible Algorithm.
 - TI-LFA with O(50 msec) protection in the slice underlay.
 - SR VPN
 - SR Service Programming (NFV, SFC).
 - OAM and Performance Management (PM).
 - QoS using DiffServ
 - Stateless Network Slice Identification (SLID)**
 - Orchestration at the Controller
- 本ドラフトでは、先のns-packet draftで定義の**SLID**に基づくQoS処理を実行したり、Flex-algoによるSlice提供に貢献することが記されている

- SLID**はIPv6, MPLSで別ドラフトにて定義
- MPLSでは、Entropy labelと同じ使い方 (Label一部にSLID定義)で提供を提言
 - draft-decraene-mpls-slid-encoded-entropy-label-id**

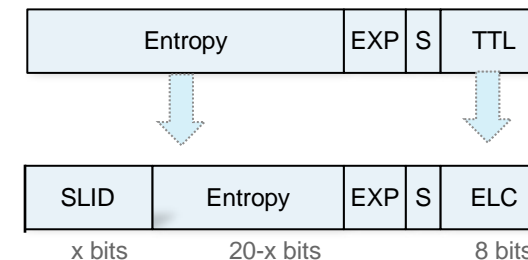


Underlay building blocks shared among SLIDs

<https://datatracker.ietf.org/meeting/111/materials/slides-111-teas-09-building-blocks-for-network-slice-realization-in-segment-routing-network-00.pdf>



Entropy Label

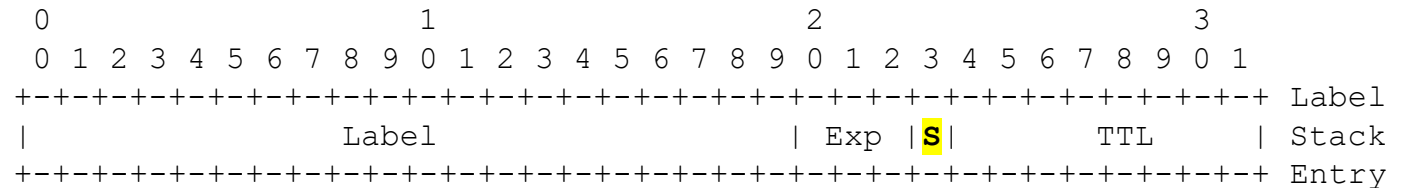


ここから話はMPLSに

MPLS Japanらしくなりました 😊

ここからお話しすること

- IETF110の PALS/MPLS/DetNet/SPRING ジョイントセッションで、ここ最近で急増した新たなMPLSラベルスタックに対するドラフトを集中して議論
 - 具体的には、MPLSラベルスタックの底 (BoS: Bottom of Stack) の上も下も拡張バリエーションが増えたため、是非を確認する議論を開催
 - 特にdraft-kompella-mpls-mspl4faが特にインパクト大
- IETF110の後もOpen MPLS DT meeting を開催
- この資料では、MPLSラベルスタックに関わる経緯を過去に遡り紹介
- FYI: MPLS Label Stack → (Figure 1/RFC3032)
 - EXPはRFC5426でTCに (Traffic Class)



Label: Label Value, 20 bits
Exp: Experimental Use, 3 bits
S: Bottom of Stack, 1 bit
TTL: Time to Live, 8 bits

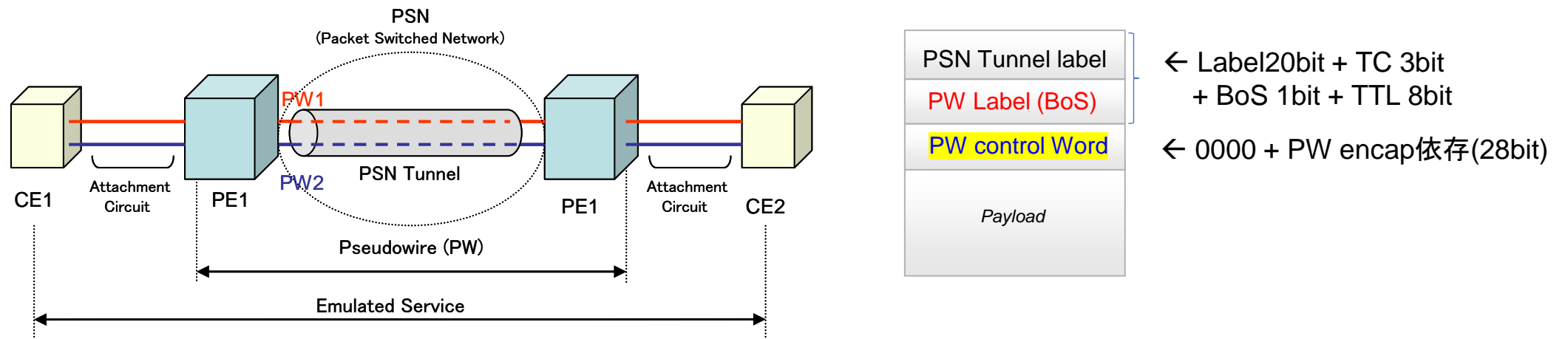
歴史を振り返る

Keywords

- PW Control Word(RFC4385), ACh (RFC5085), そして G-ACh (RFC5586)
 - そして実際 PW Control Word や G-ACh使っているRFCなど
 - 例えば、RFC4448 (Ethernet PW), RFC6347 (MPLS Loss/Delay測定)
 - そして忘れちゃいけない、ITU-T G.8113.1 (& RFC6671)
- Special-Purpose label (was Reserved label)
 - RFC3032
 - RFC7274
 - RFC9017
 - 代表例としてRFC8595
 - 参考
 - <https://www.iana.org/assignments/mpls-label-values/mpls-label-values.xhtml>

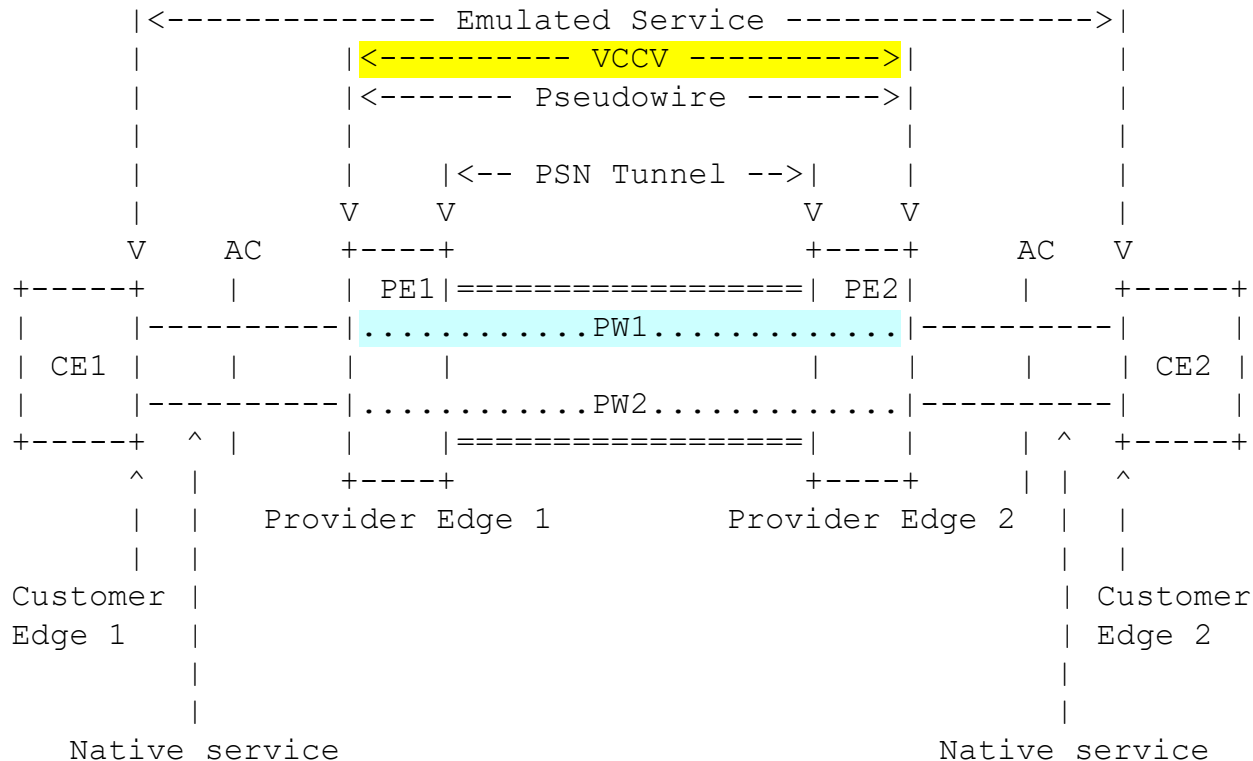
その昔の話

- MPLS/PWや、MPLS-TPが活気づいていたころの話(2005年ごろ)
- PWE3 (Pseudowire (PW) Emulation Edge to Edge) WGでのお話
 - このWGはConcludedし、現在は PALS WG に
- PWとは: 主にMPLSを使って回線技術(Ethernet, TDM)を提供するための技術を定義
 - RFC3985 に基づくアーキモデルと、RFC4385 (PW control word)含めた Formatを構成
 - PE間で定義されるPWラベル(BoS)に PW Control word が定義される(こともある)
 - PW control wordの用途: FragmentationやSequence numberの定義など



PWでもOAMが必要だよね...ということで

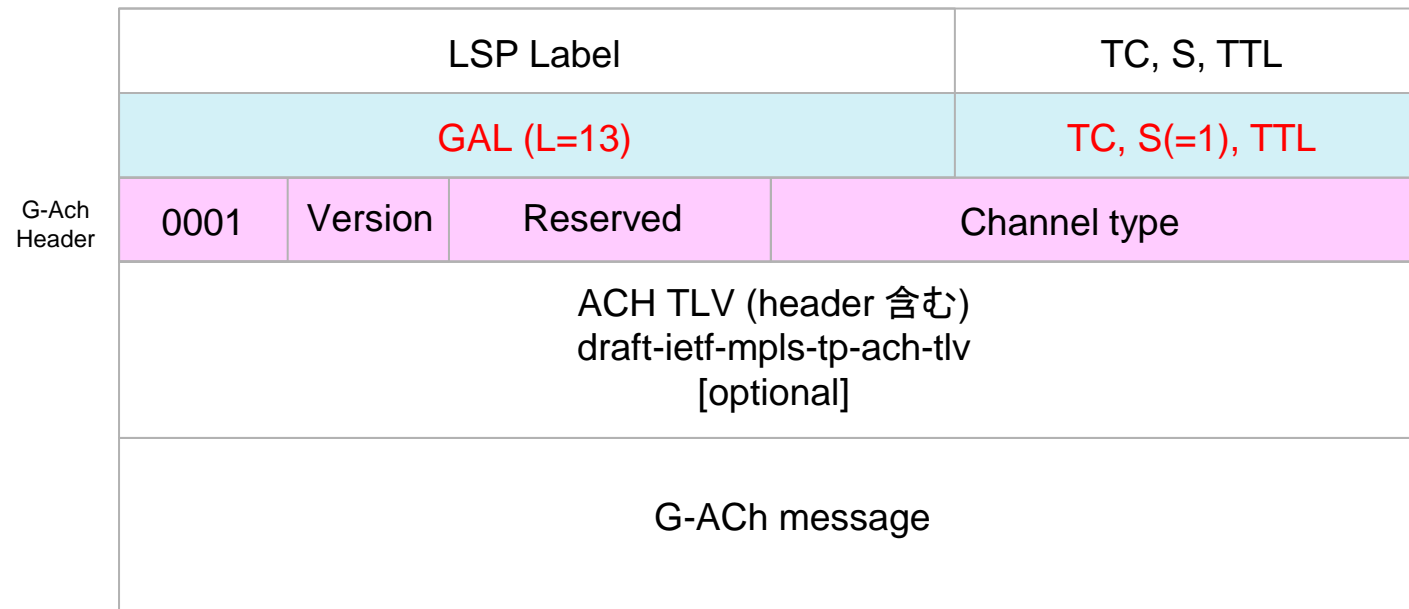
- RFC5085 “Pseudowire Virtual Circuit Connectivity Verification (VCCV): A Control Channel for Pseudowires”
 - VCCV control channel messagesを定義
 - HeaderはPW Associated Channel Header。First Nibble = 0001で in-band VCCVを宣言



LSP Label			TC, S, TTL
PW LABEL			TC, S(=1), TTL
0001	Version	Reserved	Channel type
ACh message (LSP pingなど)			

MPLS-TPが出てきてOAMは...

- OAM は、GAL + G-ACh (RFC5586) で定義
 - G-ACh: PW Associated Channel (RFC4385, Clause 5.1) を一般化した Associated Channel を定義
- G-ACh が伴っている LSP に対して GAL = 13 (BoS) を付加
 - 新規 Reserve = 13 を使用
 - PW VCCV の場合は、GAL は不要になる。またG-ACh header とは呼ばず(前のスライド参照)



- 参考までに、GAL + G-ACh を用いている文書: RFC6374; 6426; 6427; 6428; 6435; 8169(; ITU-T G.8113.1)

Special Purpose Labels (SPL) & Extended SPL (eSPL)

- **RFC7274 & RFC9017**

- Label 0-15(SPL (ex Reserved label) or bSPL) と 16-255(eSPL)の使用について
- <https://www.iana.org/assignments/mpls-label-values/mpls-label-values.xhtml>

Value	Description	Reference
0	IPv4 Explicit NULL Label	[RFC3032]
1	Router Alert Label	[RFC3032]
2	IPv6 Explicit NULL Label	[RFC3032]
3	Implicit NULL Label	[RFC3032]
4-6	Unassigned	
7	Entropy Label Indicator (ELI)	[RFC6790]
8-12	Unassigned	
13	Generic Associated Channel Label	[RFC5586]
14	OAM Alert Label	[RFC3429]
15	Extension Label (XL)	[RFC7274] [RFC9017]

Value	Description	Reference
0-15	Reserved. Never to be made available for allocation.	[RFC7274]
16	Metadata Label Indicator (MLI)	[RFC8595]
17	Metadata Present Indicator (MPI)	[RFC8595]
18-239	Unassigned	
240-255	Reserved for Experimental Use	[RFC7274]
256-1048575	Reserved. Not to be made available for allocation without a new Standards Track RFC to define an allocation policy.	[RFC7274]

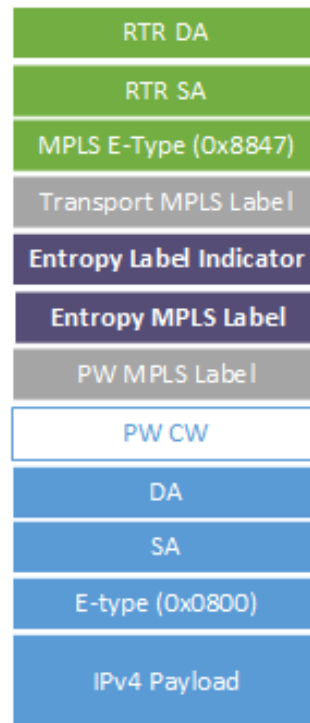
RFC6790 (& RFC6391)

- RFC6790

- The Use of Entropy Labels in MPLS Forwarding

Entropy Label Indicator (ELI = 7) を使用。
Entropy MPLS label と合わせ、ECMPを提供 (TTL=0)

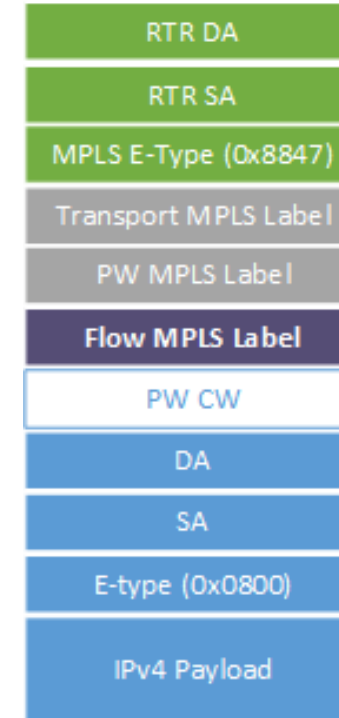
- 以下の図は、PW前提に描かれているがPW必須ではなく Entropy MPLS Label が BoSになることもある



- 参考までに、EMCP目的であれば、FAT label (Flow label) という解もあるにはある

- RFC6391

- Flow-Aware Transport of Pseudowires over an MPLS Packet Switched Network
 - PW 前提 (必須) に、FAT label (BoS) を定義。TTL=1

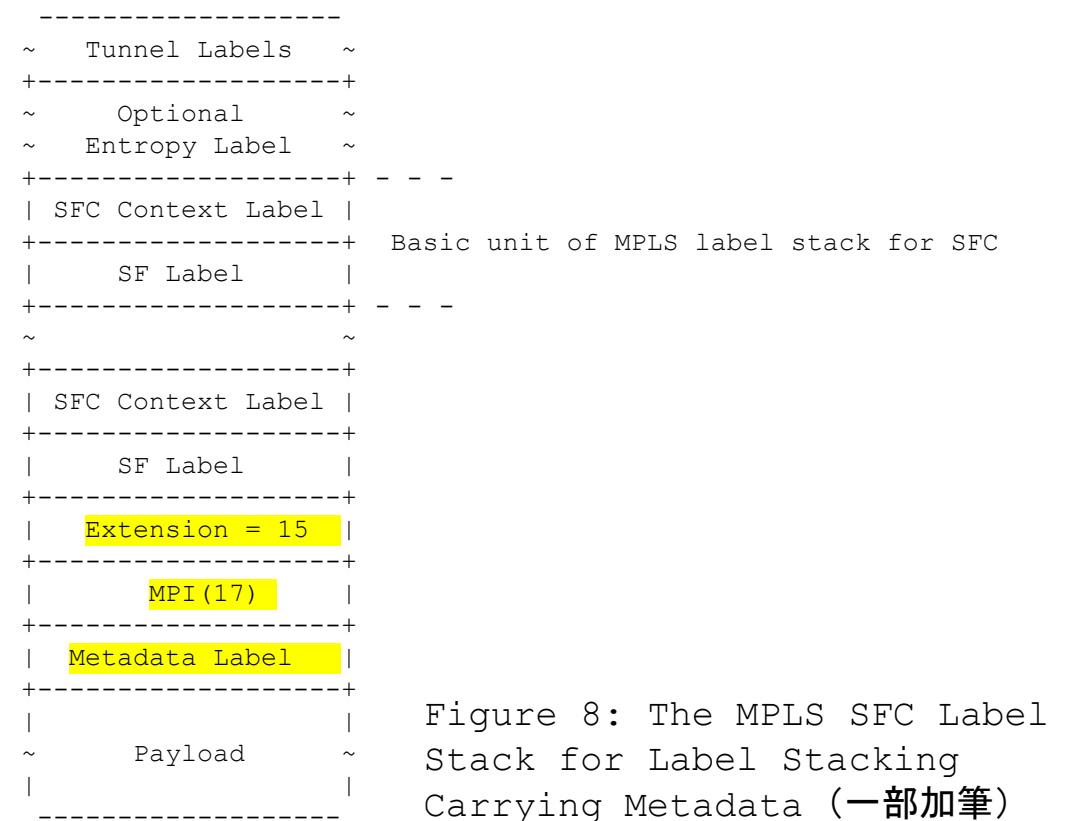
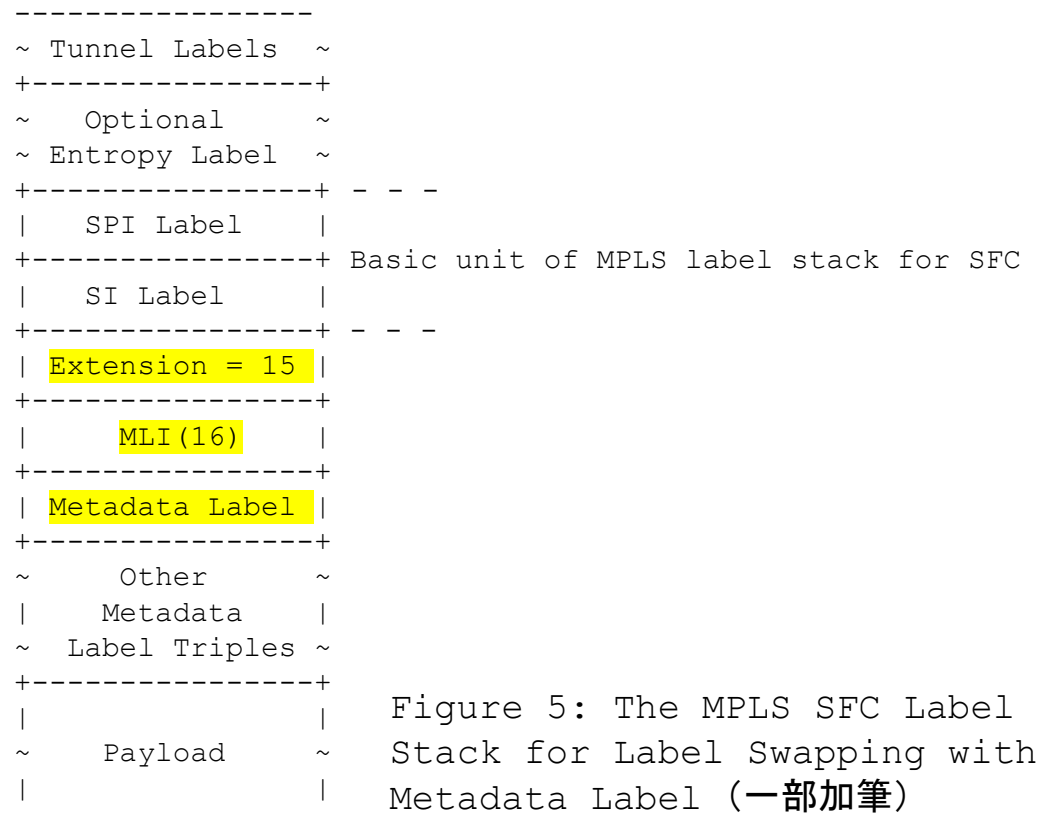


<https://packetpushers.net/fat-or-entropy-label/>

RFC8595

• An MPLS-Based Forwarding Plane for Service Function Chaining (SFC)

- Metadata 定義に eSPL である MLI (Metadata Label Indicator), MPI (Metadata Present Indicator) を定義 (Metadata LabelがBoSになる)



IETF110~IETF111と MPLS Open DTでの議論

IETF110&111 PALS/MPLS/DetNet/SPRING agenda

IETF 110 PALS/MPLS/DetNet/SPRING Joint Meeting
Friday, 12 March 2021 - 12:00-14:00 UTC Room:7
120/120 min allocated

Chairs: Stewart Bryant and Andy Malis
Secretary: David Sinicrope

1. 5 min - Chairs' intro - Andy MALIS
2. 20 min - MPLS architectural considerations - Stewart BRYANT
3. 10 min - DetNet data plane, RFCs 8938, 8939, 8964 - Balázs VARGA
4. 10 min - Generic delivery functions - Zhaohui (Jeffrey) ZHANG
<https://tools.ietf.org/html/draft-zzhang-intarea-generic-delivery-functions-00>
5. 15 min - MPLS in-situ OAM - Rakesh GANDHI
<https://tools.ietf.org/html/draft-gandhi-mpls-ioam-sr-06>
6. 10 min - Multi-purpose Special Purpose Label for Forwarding Actions - Kireeti KOMPELLA
<https://tools.ietf.org/html/draft-kompella-mpls-mspl4fa-00>
7. 45 min - Discussion - all
8. 5 min - Chairs' summary - Stewart BRYANT

<https://datatracker.ietf.org/meeting/110/materials/agenda-110-pals>

IETF 111 PALS/MPLS/DetNet/SPRING Joint Meeting
Joint session with PALS, MPLS, DetNet
Tuesday, 27 July 2021 - 16:00-18:00 PDT Room: 6
120/120 min allocated

Chairs: Stewart Bryant and Andy Malis
Secretary: David Sinicrope

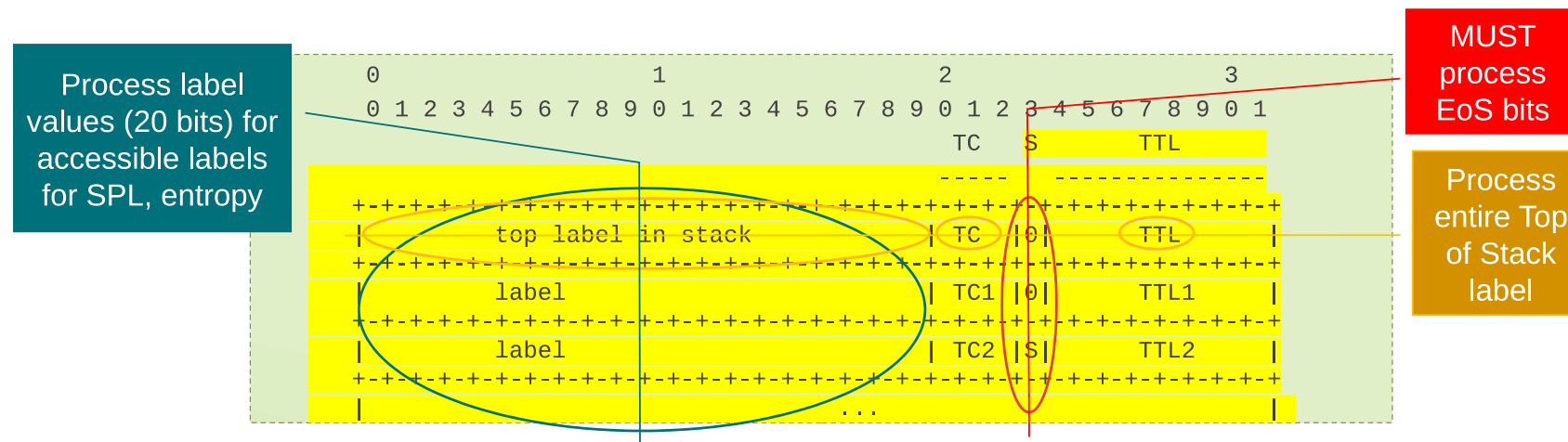
- 5 min - Chairs' intro - Andy MALIS
 - 20 min - MPLS Open DT summary and status - Stewart BRYANT
In-stack Indicators
 - 10 min - draft-kompella-mpls-mspl4fa FAI MSPL I-D: Kireeti KOMPELLA
 - 10 min - draft-bryant-mpls-aux-data-pointer-00: Stewart BRYANT
 - 5 mins- draft-song-mpls-eh-indicator: Haoyo SONG
- Meta-data Encoding Options:
- 20 min - MPLS Extension Header: Enabling Extensible In-Network Services - Haoyu SONG
Objective: Recap the solution proposal with some updates based on the DT meeting discussion.
- [draft-song-mpls-eh-indicator](#)
[draft-song-mpls-extension-header](#)
[draft-andersson-mpls-eh-architecture](#)
[Draft-andersson-mpls-eh-label-stack-operations](#)
- 10 min - draft-zzhang-intarea-generic-delivery-functions GFD Encodings - Jeffery ZHANG
 - 35 min - Discussion - All
 - 5 min - Chairs' summary - Stewart BRYANT

<https://datatracker.ietf.org/meeting/111/materials/agenda-111-pals>

Multi-purpose Special Purpose Label for Forwarding Actions

draft-kompella-mpls-mspl4fa

- IETF110で話題を引き起こした最大※のドラフト (※個人の感想です)
- ドラフトの目的は、MPLSパケットに“Forwarding Actions Indicator” (FAI)ならびに“Forwarding Actions Data” (FAD)を定義し、Slice ID (GISS (Global Identifier for **Slice Selector**))やNFFRR(No Further Fast Reroute)などの多目的な動作を、bSPL(base SPL)を使って提供すること
- 提案の背景には、MPLS label stack処理(Forwarding Engine)にあり
 - スタック数に関わりなく Label値と BoSは見るものの、TC (ex EXP) と TTL は初段(Top of Stack)しか扱わない
 - Top of Stackにない、SPLに対しては、SPLは見るがTCやTTLは処理には関わらない → 拡張できるでは？



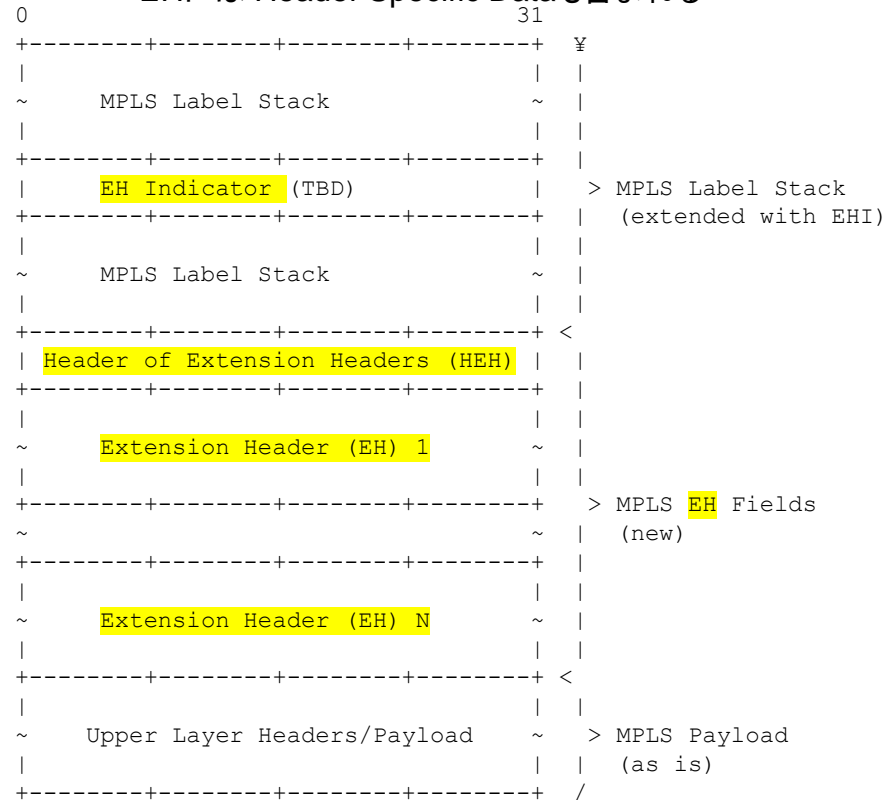
<https://datatracker.ietf.org/meeting/110/materials/slides-110-pals-6-10-min-multi-purpose-special-purpose-label-for-forwarding-actions-kireeti-kompella-00>

他のインプットドラフト

- draft-song-mpls-extension-header-05
- draft-song-mpls-eh-indicator-03

- Extension Header (EH)のほか、EH indicator (GAL+G-AchやELIを想定), HEH 定義

- EHには Header Specific Dataも含まれる



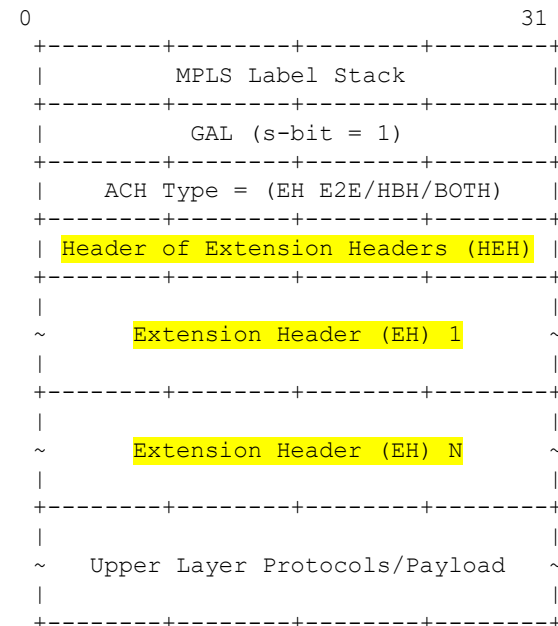
- draft-andersson-mpls-eh-architecture-02

- MPLS Extension Header Architecture

- draft-andersson-mpls-eh-label-stack-operations-02

- MPLS Label Operations in MPLS EH capable networks

- in-network servicesなどの情報を伴う、EHの転送手段について定義。draft-songとも連携はしている。また GAL+G-ACH でなく eSPLなどのケースも許容

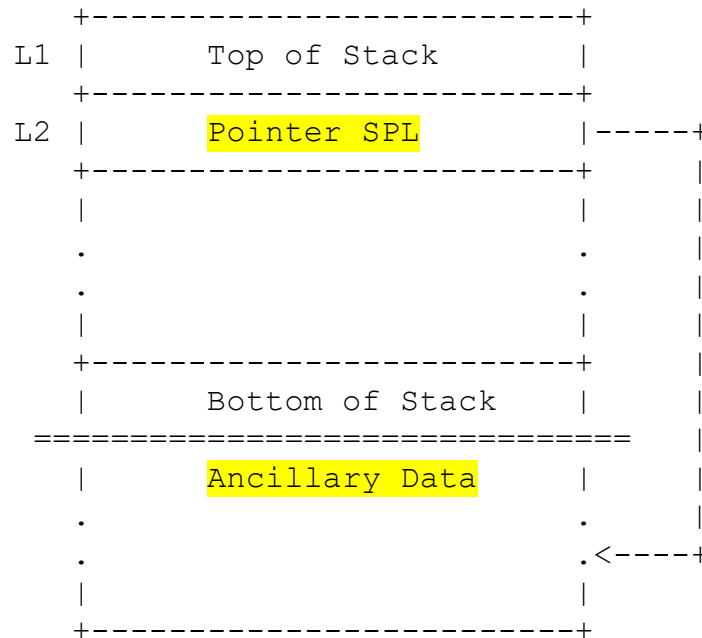


- * If eSPL then replace GAL with XL+EHL
- * If SPL then ACH not required; HEH follows XL+EHL directly

他のインプットドラフト

- **draft-bryant-mpls-aux-data-pointer-00**

- Top of Stackの配下にポインターを示す SPLを定義
- Pointer SPL は拡張データ (**Ancillary Data**)を参照し処理
 - Pointer SPL は配下のスタックに含めることも可。次のToSが処理される際に連動して処理



- (参考) **draft-zzhang-intarea-generic-delivery-functions-02**

- Generic Delivery Functions (GDF)
- IPv6のFragmentationヘッダをより一般的に定義して、MPLSなどにも適用可能にしたもの

```

+-----+
| Next Header | Hdr Ext Len | Fragment Offset |Res|M|
+-----+
| Identification |
+-----+
    
```

- 左のMPLS EH Fieldsに対し適用可能とし、上Fragmentationヘッダを拡張しかつ記MPLSに特化した、Generic Fragmentation Header (GFH)もわけて定義

```

+-----+
| Next Header | Hdr Ext Len | Fragment Offset |R|S|M|
+-----+
| Fragment/Source Identification (variable) |
+-----+
    
```

- その他、**draft-bryant-mpls-dev-primer** (A Primer on the Development of MPLS (Expired)) に幾つかの事例あり

MPLS Open DTでの議論(進行中)

- 目的と課題定義

- Directives: <https://trac.ietf.org/trac/mpls/wiki/MPLSOpenDT>
- 課題: [draft-andersson-mpls-open-dt-questions](https://trac.ietf.org/trac/mpls/wiki/draft-andersson-mpls-open-dt-questions)

- デザインの方向性(議論詳細):

- Use case
- In-stack data (ISD)データ構成
 - SPL または識別子(Indicator)の検討
- BoS配下のデータ構成(PSD: Post Stack Data)について
 - 既存フォーマット(ACH, GAL/GACH, DETNET control-word)との互換性の検討
 - BoS配下のデータを示す、識別子(Indicator)の検討

- 現在のOutput

- **MPLS Indicators and Ancillary Data_(MIAD)の定義に向け:**
 - 要求文書
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-bocci-mpls-miad-adi-requirements-00>
 - **MIADの定義・構成(on-going)**
 - Wiki にて展開中。用語、ISD, PSD構成など

MPLS Open DTでの議論(進行中)

- Use case
 - <https://trac.ietf.org/trac/mpls/wiki/Usecases>
 - **In-situ OAM**
 - **Network Slicing**
 - **Time Sensitive Networking**
 - **NSH Based SFC**
 - **Segment Routing with SRH**
 - **Network Programming**
 - **Application Aware Networking (APN)**
 - ...

MIAD (MPLS Indicators and Ancillary Data) に関する要求

- **Requirements for MPLS Label Stack Indicators for Ancillary Data**

- draft-bocci-mpls-miad-adi-requirements-00
- 2021/10/14初版発行

- **このドラフトでの定義**

- Ancillary Data (AD)
 - MPLSパケットに付随するデータであり、フォワードなどの機能に関与する
 - データは、ラベルスタック内(ISD: In-stack Data)だったり、BoS配下(PSD: Post Stack Data)だったり、データ明示的にを伴わない場合(No data)が存在
- ADI (Ancillary Data Indicator)
 - MPLSのスタックに定義され、Ancillary Data の存在とタイプを示す識別子

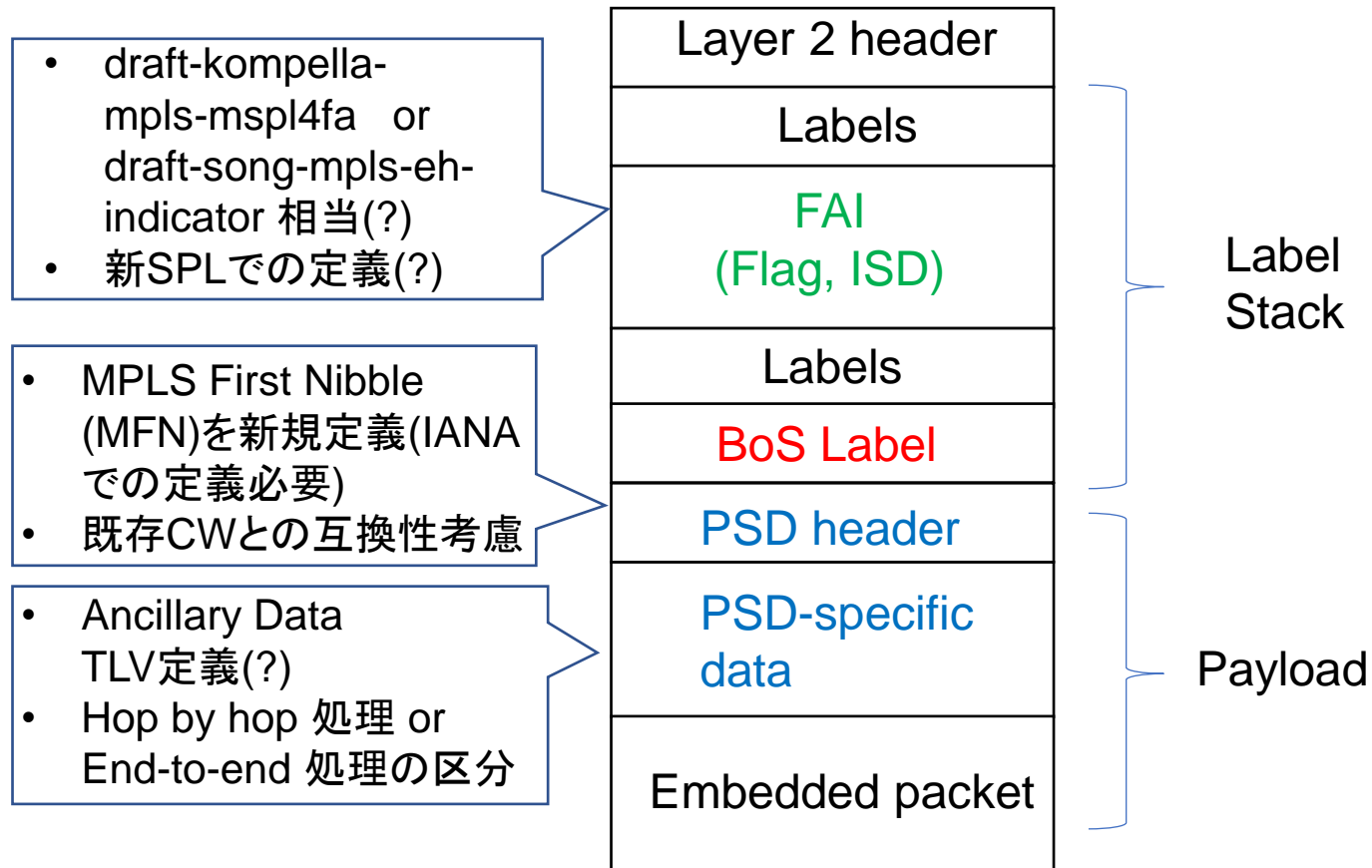
- **主な要求(抜粋)**

- MPLSが定義してきた拡張性・柔軟性・効率性の維持、及び制約・負荷の禁止
- SPLが最終手段であることの認識
- 非対応装置へ互換性の維持
- ADI: ADがラベルスタック内にある or BoS下にあることが示されること
- ADが存在することを示す機能はtop of LSEで運用されること
- LER はADIを挿入にあたり、LSRがラベルスタックを解析し、挿入された場所でADIを処理できるかどうかを判断する機能があること
- LSRはADI含まれているか判断できる機能があること
- ADのprocessing: fast path; hop-by-hop; end-to-end いずれもサポート
など

MIAD 検討(On-going)

詳細は <https://trac.ietf.org/trac/mpls/wiki/MIAD> 参照

- MPLSパケット構成 (個人的見解による、こうなるであろうという概念と課題)



FAI: Forwarding Action Indicator
ISD: In stack data
PSD: Post Stack Data

まとめ

- ネットワークスライミングに関する動向として、IETFでの動向を中心に紹介
 - IETF Network Slice 動向@TEAS WG
 - Framework for IETF Network Slices ([draft-ietf-teas-ietf-network-slices](#)) 中心に
- IETF Network Slice を含めた、MPLSへの応用検討が進むにつれ、MPLSラベルスタックを見直す動きも活発になったので、MPLSの件についても、これまでの経緯と今議論されている状況を紹介
- 特に後者については、MPLSを用いた新たなネットワーキングやアプリケーションが生まれるかもしれない、ということにも期待しつつ、IETF112(11/3, 8-12)以降の展開にも注目したい

ありがとうございました