

IETF 94 (横浜) 報告会
RTG, OPS に見る
ネットワーク制御・管理技術動向
(YANGなど...)

2015/12/8

梶尾 祐治(富士通研究所)

今回の報告事項

過去の報告(IETF92, IETF93)同様、ネットワークの制御・管理技術動向について、RTG・OPA中心に最近の話題を紹介します

n ネットワークの制御・管理技術動向(1) – Data model (YANG)

n 特に関連 WG の動向

- OPS Area: NETMOD, SUPA, L3SM, *LIME*
- RTG Area: RTG WG, TEAS, BESS (or PALS), *I2RS*
- 主に、Overviewと今後の展開について

n ネットワークの制御・管理技術動向(2) – 今後の注目技術

n 具体的には、PCE, TEAS

n その他、年末なので...Bonus Tracks (時間の許す限り)

n 参考: 過去ログ

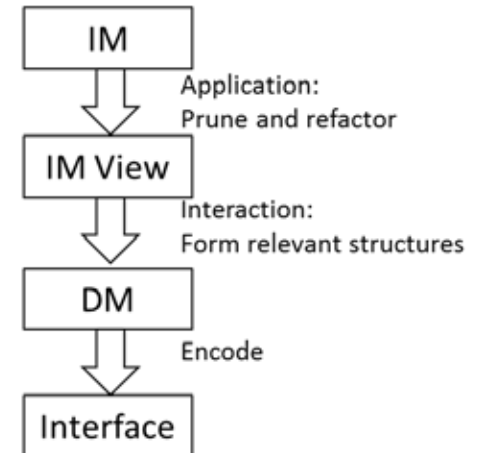
n <https://www.isoc.jp/wiki.cgi?page=IETF92Update&action=ATTACH&file=isocjp%5Fietf92%5Frtg%2Epdf>

n <https://www.isoc.jp/wiki.cgi?action=ATTACH&file=20150827%5FIETF93%5Fupdate%5F10%5Ftochio%2Epdf&page=IETF93Update>

ネットワークの制御・管理技術動向(1) – DATA MODEL (YANG)

Information Model/Data Model

- n そもそも Information model (IM) と Data model (DM)とは
- n RFC 3444 “On the Difference between Information Models and Data Models”
 - n **IM – Conceptual/Abstract model**
 - specify relationships between objects
 - model managed objects at a conceptual level, **independent of any specific implementations or protocols** used to transport the data.
 - n **DM – Concrete/Detailed model**
 - define managed objects at a lower level of abstraction. They include **implementation- and protocol-specific details**, e.g. rules that explain how to map managed objects onto lower-level protocol constructs.
- n DM は IETFではYANGが主流に。ほか、IEEE, MEFでもYANG model検討。
- n しかし IM もまた重要
 - n IM を進めている WG: I2RS (RIB info model 検討)
 - n IM (UML) を進めている SDO: ITU-T, ONF, TMF, MEF...
 - n ご参考
 - draft-lam-teas-usage-info-model-net-topology
 - draft-betts-netmod-framework-data-schema-uml
 - draft-mansfield-netmod-uml-to-yang
- # IM も紹介したいのですが、それは MPLS Japan 2015 を J



[NETMOD] YANG

n YANG (RFC 6020)

- n **Data modeling** languageを規定
 - RFC6087にてガイドラインを規定
- n NETCONFのクライアントとサーバーとの間のAPIを詳細に記述。またNETCONF XML 表記と互換あり。
- n YANG の基本構成 (Data modeling 構成)
 - **Leaf** Nodes
 - **Leaf-List** Nodes
 - **Container** Nodes
 - **List** Nodes
 - 1 list に複数の Leaf を定義することで Configuration data のみならず State Data の定義可能
- n **Tree** 構成として簡素化した表記も定義 (RFC 6087bis)

```
+--rw top-level-config-container
|   +--rw config-list* [key-name]
|   |   +--rw key-name            string
|   |   +--rw optional-parm?     string
|   |   +--rw mandatory-parm     identityref
|   |   +--ro read-only-leaf     string
|   +--ro top-level-nonconfig-container
|   |   +--ro nonconfig-list* [name]
|   |   |   +--ro name            string
|   |   |   +--ro type           string
```

- n 開発環境としては pyang などが存在
 - code.google.com/p/pyang

```
module acme-system {
  namespace
  "http://acme.example.com/system";
  prefix "acme";
  organization "ACME Inc.";
  contact "joe@acme.example.com";
  description
  "The ACME system.";
  revision 2007-11-05 {
    description "Initial revision.";
  }
  container system {
    leaf host-name {
      type string;
    }
    leaf-list domain-search {
      type string;
    }
    list interface {
      key "name";
      leaf name {
        type string;
      }
      leaf type {
        type enumeration {
          enum ethernet;
          enum atm;
        }
      }
      leaf mtu {
        type int32;
      }
      must "(ifType != 'ethernet' or '(+
      '(ifType = 'ethernet' and '(+
      'mtu = 1500))" {
    }
  }
  ...
}
```

YANG Tutorial in Yokohama

- n YANG Tutorial は、日曜日午後開催
- n 横浜会合では
 - n NETCONF プロトコル (RFC6241) 紹介 (実例込み)
 - n YANG のデータ構造紹介 (Router IFを例にどう記載されるかなど)
 - n PYANG Tutorial
 - n YANG Doctors による、コンサルティング (コードチェックなど)
- n 横浜での資料は以下に展開済み
 - n Videos on Youtube:
 - YANG by Example: <https://www.youtube.com/watch?v=AhYZhbANiwE>
 - NETCONF by Example: <https://www.youtube.com/watch?v=N7fb11dLztA>
 - PYANG: <https://www.youtube.com/watch?v=aPFTzgdYDw0>
 - n Slides
 - NETCONF & YANG:
<http://ietf.org/edu/technical-tutorials.html#netconfandyang>
 - PYANG(@IETF90):
<https://www.ietf.org/proceedings/90/slides/slides-90-edu-yang-0.pdf>

YANG in RTG Area

- n YANG (RFC 6020)がData model記述上でIETF公用語化されたことで、RTGの至るWGでYANGに関するのドラフトが大量発生
- n RTG Areaでも重複回避のために以下のWiki, MLを創設
 - n <http://trac.tools.ietf.org/area/rtg/trac/wiki/RtgYangCoord>
 - n rtg-yang-coord@ietf.org

n RTGの中で核となる(であろう)ベースドラフトは以下の通り

n Core Routing (Generic)

- draft-ietf-netmod-routing-cfg (NETMOD and RTGWG)
OSPF, ISIS, BGPなどプロトコルSpecificは各WG管理

n Topology

- draft-liu-yang-abstract-te-topo (TEAS) or draft-clemm-i2rs-yang-network-topo (I2RS)
I2RSではL1, L2, L3 topoの文書が別途存在

n OAM

- draft-tissa-lime-yang-oam-model (LIME (OPSArea))

但し、MPLS, BFDなどプロトコル依存なものは各WGで進めることになるが、双方間でOverlapもあり
NVO3, SFC(, TRILL)などサービス規定なアプローチからのYANG文書も存在する

- n 他、VPN などサービス設定のもの、プロトコル設定などが存在するが、全体にまだまだ交通整理が必要

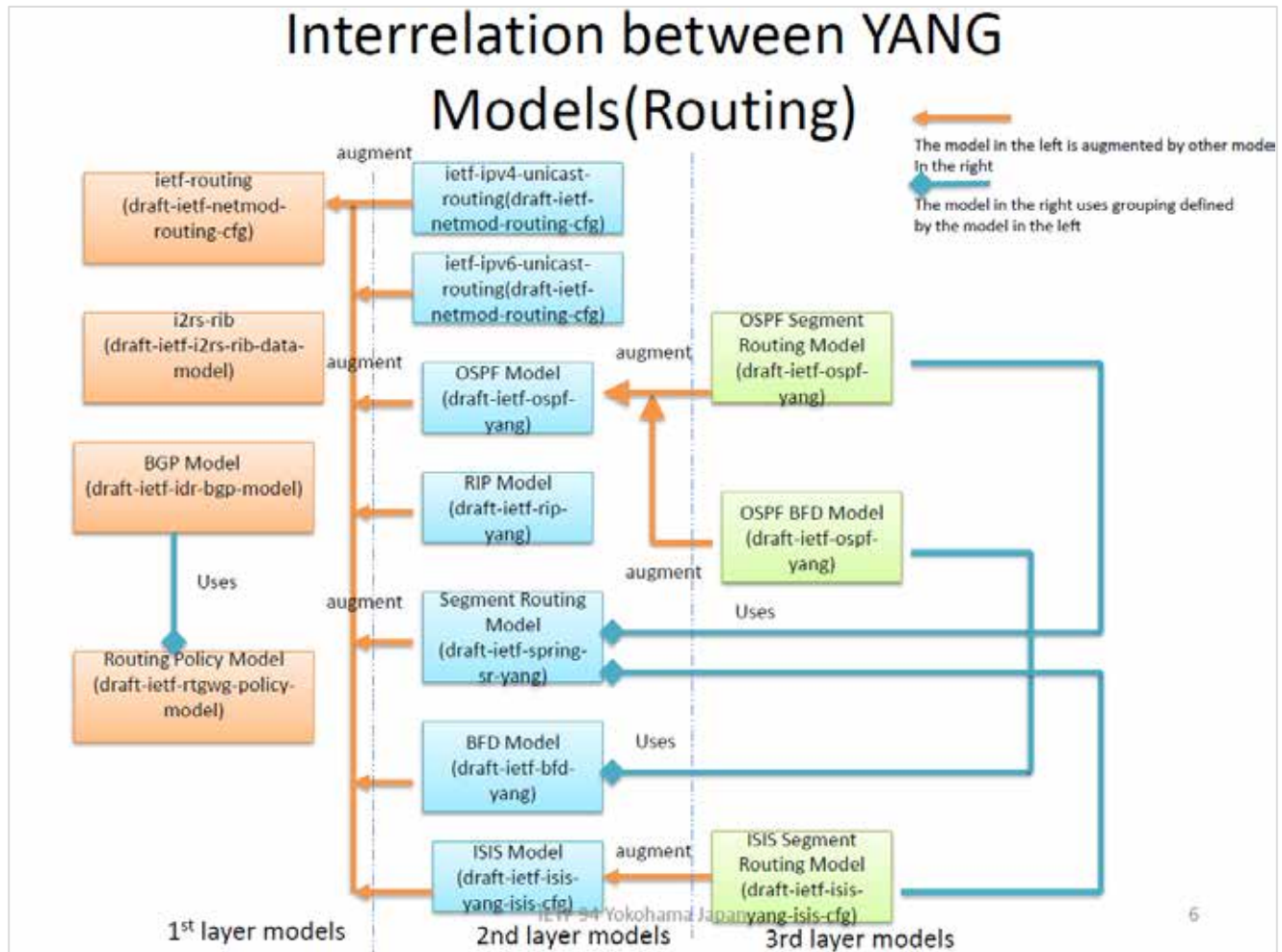
IETF 93 報告

YANG in RTG Area

n RTG Area ならびに NETMODで以下のスライドを紹介

n **IETF YANG Models Inventory, status and observation**

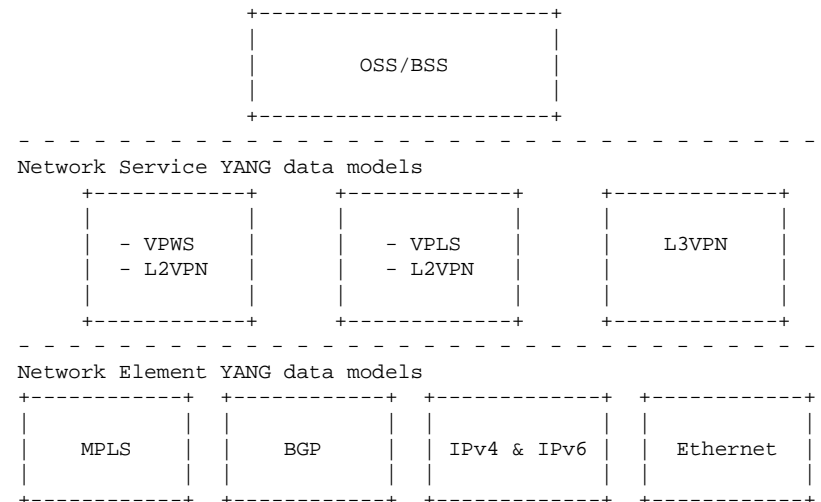
- <https://www.ietf.org/proceedings/94/slides/slides-94-rtgarea-3.pdf>
- 例: Routing



YANG in RTG Area

- n RTG Area ならびに NETMODで以下のスライドを紹介 (続き)
 - n **IETF YANG Models Inventory, status and observation**
 - <https://www.ietf.org/proceedings/94/slides/slides-94-rtgarea-3.pdf>
 - n Routing 以外に紹介された Interrelation between YANG Models
 - OAM, Topology, TE
 - n Missing parts
 - Tunnel. 特に TE Tunnel (MPLS vs IP など)
 - QoS. とりあえず draft-asechoud-netmod-diffserv-model をベースに検討
 - n その他、このスライドにはない Interrelationとして Layer 観点の切り口
 - **draft-bogdanovic-ietf-netmod-yang-model-classification**

Network Elements は網羅できた
次は Network Service との相関



YANG Device model (-00, IETF93)

n draft-rtgyangdt-rtgwg-device-model

- n Design TeamによるYANG構造の一般化ドラフト。NETMODでも議論
 - draft-**openconfig**-netmod-model-structure を意識し、より内容を深めたもの
- n Device (Physical or VM) を Root にした構造。配下に Interface (RFC 7223) コンテナ定義

```
+--rw device
  +--rw info
  |   +--rw device-type?    enumeration
  +--rw hardware
  +--rw interfaces
  |   +--rw interface* [name]
  |   ...
  +--rw qos
  +--rw logical-network-elements
```

- n Logical-network-elements (ドメイン)では例えばnetworking instance (VRF/VSU)を定義
networking instanceには、OAM, Control plane, policyなどが定義される

```
+--rw device
  +--rw logical-network-elements
    +--rw logical-network-element* [network-element-id]
      +--rw network-element-id                uint8
      +--rw network-element-name?            string
      +--rw default-networking-instance-name? string
      +--rw system-management
      |   ...
      +--rw ietf-acl
      +--rw ietf-key-chain
      +--rw networking-instances
      |   ...
```

YANG Device model (-01, IETF94)

- n 主な更新箇所 (<https://www.ietf.org/proceedings/94/slides/slides-94-netmod-7.pdf>)
- n Top Level の Device 断念、Network Device (Module)定義に

```
+--rw device
  +--rw info
  | +--rw device-type?  enumeration
  +--rw hardware
  +--rw interfaces
  | +--rw interface* [name]
  |   ...
  +--rw qos
  +--rw logical-network-elements
  |   ...
```

```
module: network-device
+--rw info
| +--rw device-type?  enumeration
+--rw hardware
+--rw qos
+--rw logical-network-elements
|   ...
augment /if:interfaces/if:interface:
  ...
```

- n 同時に Interface を augment として記載し、Logical Network element Network instance と柔軟に関連付けられるよう変更
- n **Logical Network Element:** Sub LNE, System management を独立定義

```
+--rw device
  +--rw logical-network-elements
  +--rw system-management
  | +--rw device-view?          boolean
  | +--rw syslog
  | +--rw dns
  | +--rw ntp
  | +--rw statistics-collection
  | +--rw ssh
  | +--rw tacacs
  | +--rw snmp
  | +--rw netconf
```

```
module: network-device
+--rw logical-network-elements
  +--rw logical-network-element* [network-element-id]
  +--rw system-management
  | +--rw device-view?          boolean
  | +--rw system-management-global
  | +--rw system-management-protocol* [type]
  +--rw type identityref
```

- n これでも表記方法はまだ課題ありと、DT では議論継続中

YANG Model in NETMOD

n IETF 94 での注目のドラフト

n Operational State Data

n draft-openconfig-netmod-opstate

& kwatsen-netmod-opstate, wilton-netmod-opstate-yang

- Configuration data に加え、Operational State data サポートについての YANG 記載を明確化したもの
 - à Conf call 等を経て、要求を明確化> [draft-ietf-netmod-opstate-reqs](#)

n 要求文書をもとに 3 ドラフトの比較検討中

n Interface (RFC 7277)のL2以下拡張

n draft-wilton-netmod-intf-ext-yang

n draft-wilton-netmod-intf-vlan-yang

- L2 拡張は IEEE802.1Q YANGとの調整要

n Physical Entity Model

n draft-entitydt-netmod-entity-00

- いわゆる伝送装置(箱)の YANG model,
- RFC6933 “Entity MIB v4”ベースに拡張 Physical Entity に注目

n Catalog and registry for YANG models

n 次スライド

```
augment /if:interfaces/if:interface/if-cmn:encapsulation/  
if-cmn:encaps-type:  
  +--:(vlan)  
    +--rw vlan  
      +--rw tags  
        +--rw tag* [index]                uint8  
          +--rw tag-type                  dot1q-tag-type  
          +--rw vlan-id                  dot1q-vlan-id
```

```
module: ietf-entity  
  +--ro entity-state  
    +--ro last-change?                    yang:date-and-time  
    +--ro physical-entity* [name]  
      +--ro name                          string  
      +--ro class?                        identityref  
      +--ro physical-index?              int32 {entity-mib}?  
      +--ro description?                  string  
      +--ro contained-in*                 -> ../../physical-entity/name  
      +--ro contains-child*               -> ../../physical-entity/name  
      +--ro parent-rel-pos?               int32  
      +--ro hardware-rev?                 string  
      +--ro firmware-rev?                 string  
      +--ro software-rev?                 string
```

YANG Model in NETMOD

n Catalog and registry for YANG models

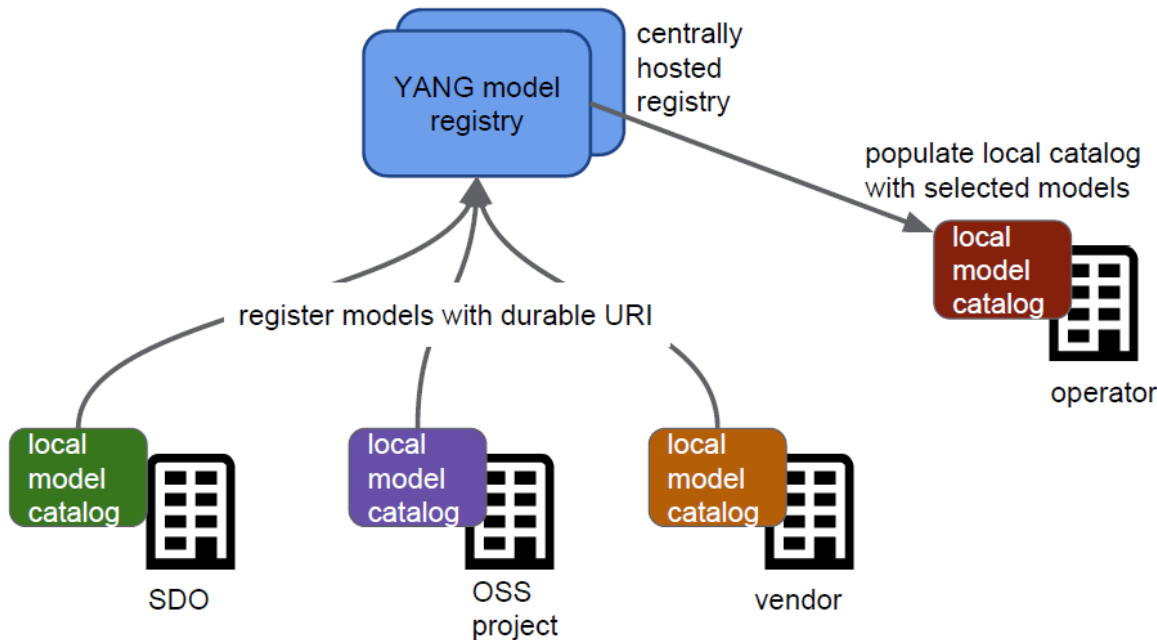
n draft-openconfig-netmod-model-catalog-00

n OpenConfig 提案のドラフトで、以下の図の通りの Registry, Catalog の必要性を提案すると共に、その要求を記載したもの

- draft-openconfig-netmod-model-structure と関連

n 要求に基づくスキーマは右の通り (Organization, Classification of Module, dependency...)

n Hackathon で Cisco が Demo 実演



```

+---rw organizations
  +---rw organization* [name]
    +---rw name          string
    +---rw type?         identityref
    +---rw contact?     string
    +---rw modules
      +---rw module* [name]
        +---rw name          string
        +---rw namespace?   string
        +---rw prefix?     string
        +---rw revision?   string
        +---rw summary?    string
        +---rw module-version? string
        +---rw module-hierarchy
          | ...
        +---rw classification
          | ...
        +---rw dependencies
          | ...
        +---rw module-usage
          | ...
        +---rw implementations

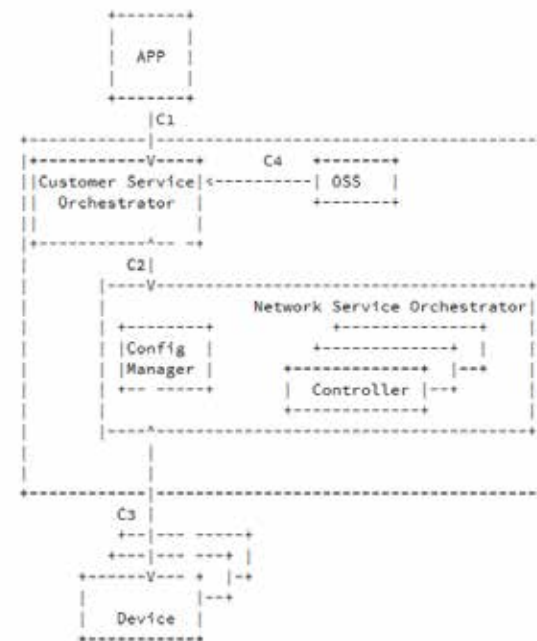
```

...

<https://www.ietf.org/proceedings/94/slides/slides-94-netmod-16.pdf>

YANG for VPN Services

- n 主に、L2系はBESS (+ PALS) WG、L3系はL3SM(, BESS)で議論
 - n **L2 VPN(VPLS, VPWS, EVPN)**
 - draft-shah-bess-l2vpn-yang (VPLS, VPWS)
 - draft-brissette-bess-evpn-yang (EVPN)
 - n **L3 VPN(BGP IP/MPLS VPN)**
 - draft-ietf-l3sm-l3vpn-service-mode (サービス設定)
 - draft-li-bess-l3vpn-yang (VPNネットワーク設定)
- n L2VPN関連は、これまで、VPLSだけだったYANGがL2VPN(VPLS, VPWS, EVPNを一般にした) YANGがそろそろ近いことを告知
- n L3VPNは、L3SM でのドラフトを中心に進められているが、BESSだけでなく、他団体 (MEF) とも調整が必要 (本会合で MEF リエゾン紹介)
 - n MEF は Ethernet Service (E-Line, E-LAN) なので L3SM WG とは重複しないが、サービスモデル設定という観点で、調整が必要
 - n YANG だけでなく、サービス管理モデル構成も含む
 - 例(右図):
draft-wang-l3sm-service-automation-architecture



SUPA

n Simplified Use of Policy Abstractions

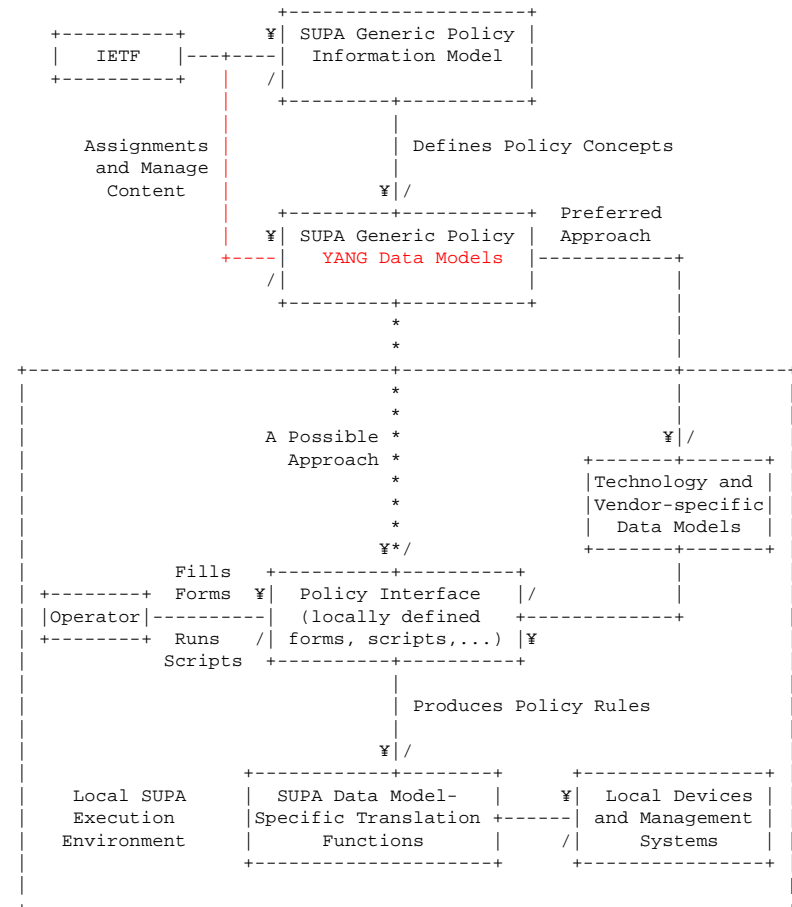
- n 標準化されたPolicyに基づくネットワークの管理手法ならびにそのモデル化
- n 過去2回の BoF を経て、OPS Area にて今回から正式な WG に

n WG 初めてということで、Charter を確認。ポイントは：

- n 当初予定の Info Model は Charter に含めず
- n YANG (Data Model) を優先し、IMはあくまで参考情報として扱う
- n 他の WG の作業に影響があるものの存在するが、それらを抑止しないよう進める
 - 例えば QoS YANG

n 他は、Value proposition (Problem statement), IM/DM, Use case の紹介 Value:

- n Vendor and Technology Independent Policy Framework
- n Unified Network Infrastructure Policy Management
- n Real-time and event-based Network Management
- n New Independent Network Management Layer



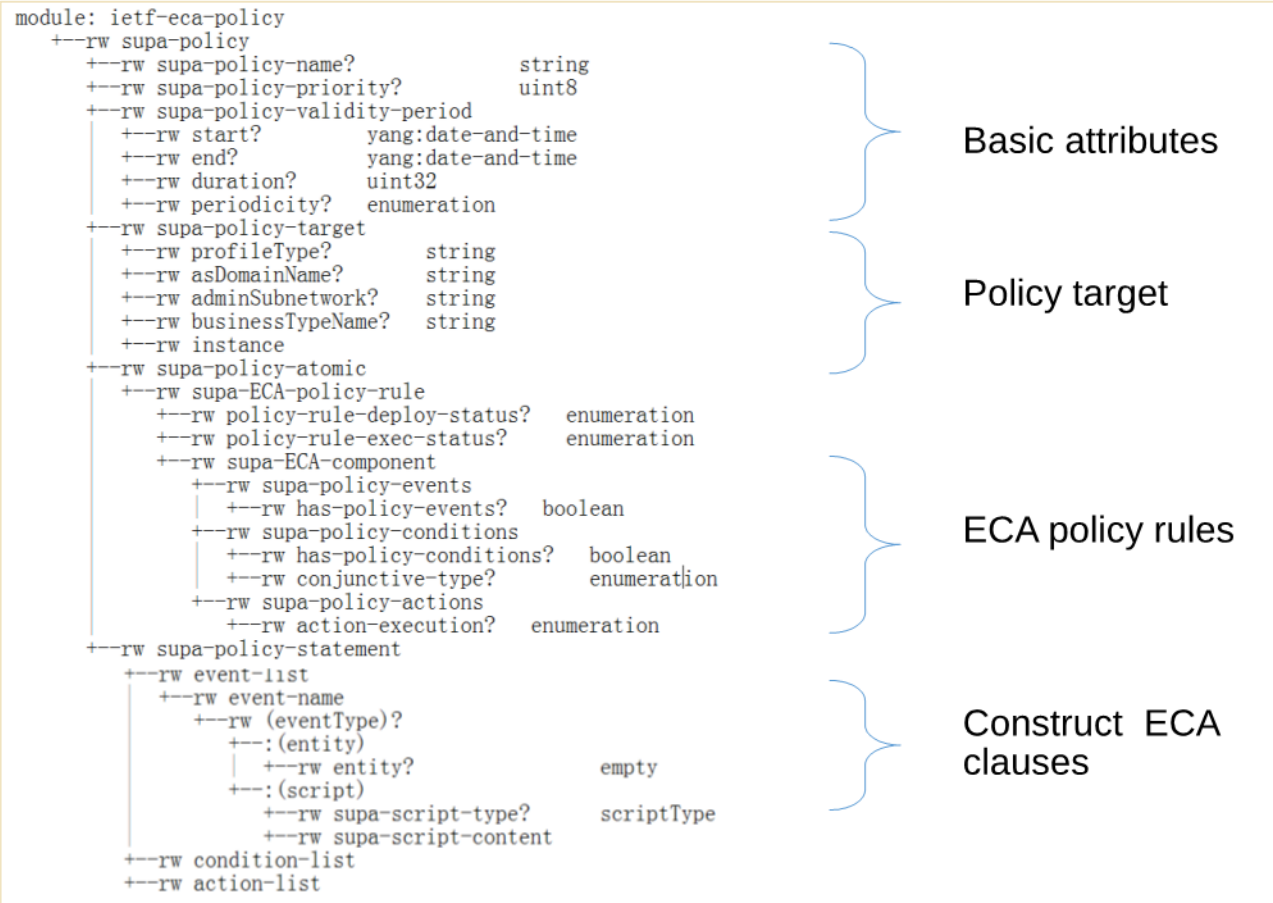
SUPA

n Model に関する議論

n **draft-chen-sup-a-eca-data-model-05** (ECA: Event-Condition-Action)

- Target – Atomic – Statement を定義の上、ECA policy rule を Atomic に規定
- TMF ZOOM (Zero-touch Orchestration, Operations, and Management)

draft-strassner-sup-a-generic-policy-info-model も然り



その他: ITU-T からのリエゾン

n <https://datatracker.ietf.org/liaison/1433/>

n LS: ITU-T Q14/15 à NETMOD, CCAMP, TEAS, MPLS

n **LS on protocol-specific data modelling work**

We would like to inform you that **ITU-T Q14/15 has initiated work on protocol-specific data modelling for the management of transport specific technologies, such as OTN, Carrier Ethernet and MPLS-TP.** These protocol-specific data models will be developed based on the protocol-neutral UML models that are specified by Q14/15, including ITU-T G.7711/Y.1702 (generic information model), ITU-T G.874.1 for OTN, ITU-T G.8052/Y.1346 for Carrier Ethernet, and ITU-T G.8152/Y.1375 (draft) for MPLS-TP.

During the October 2015 Q14/15 interim meeting, we received a contribution for a YANG data model proposal for Ethernet Ring Protection (ERP) management.

<...>

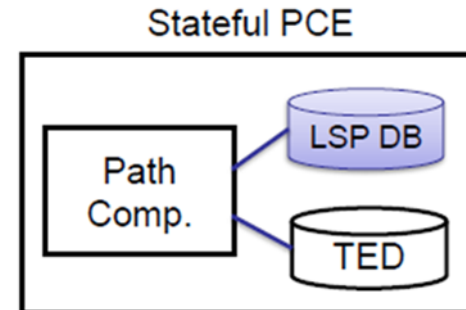
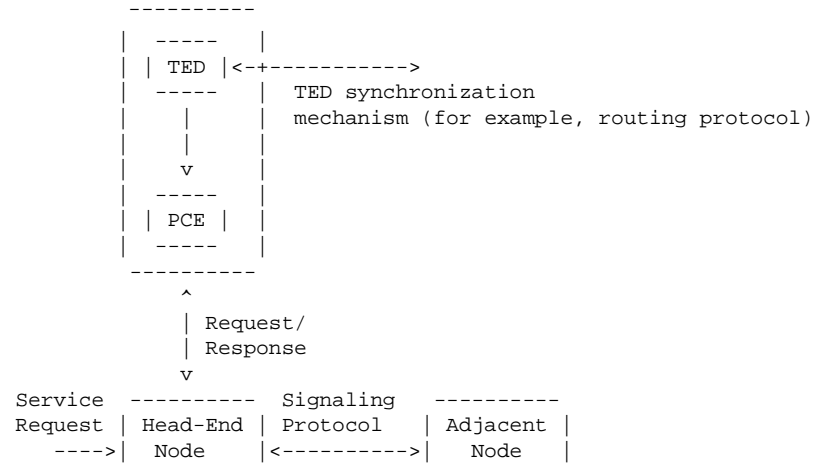
n L0, L1, L2 に関して、これまで培ってきた UML (Info model)をベースに YANG などの拡張を検討する旨の告知 (See draft-mansfield-netmod-uml-to-yang)

ネットワークの制御・管理技術動向(2)

– 今後の注目技術

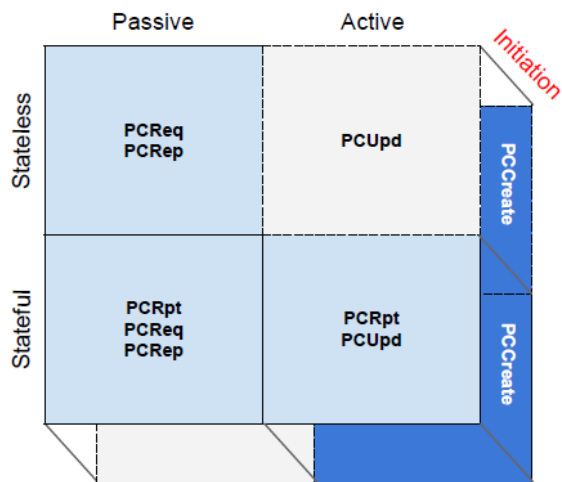
[PCE] Path Computation Element WG

- n 2005年に創設のWGで、(G)MPLSにおける、経路計算機能 (Routing controller、経路計算アルゴリズムだけでなくその結果の管理も含む) に対してIngress LSR 以外の実装を求めたことが背景
- n 換言すると経路計算機能と提供機能をGMPLSで見られた分散制御でなく**集中制御として定義**ないしは実装可能する (RFC 4655)
- n 用語の説明
 - n PCE: 経路計算機能・提供機能を備えたもの
 - n PCC: 経路提供機能を受ける側 (Client) – 大抵はLER
 - n PCEP: PCE-PCC間のプロトコル (RFC 5440)
 - n TED: TE database
- n 当初は、PCEで分離していたTEDであるが最近ではTED, LSP DBを格納した**Stateful PCE**を定義
- n さらに、PCEがLERを指定し、LSPを設定(制御)する**PCE initiation**を定義
 - 従来はPCCからRequestし、PCEからReplyだったので、つまり管理(PCE)側から制御



[PCE] 現状・今後

n PCEP プロトコル体系



RFC 5440 (, RFC5886)

PCReq(3),
PCRep(4),
PCNtf(5),
PCErr(6)

他、Open(1), Keepalive(2),
Close(7),
RFC 5886 で以下定義
PCMonReq(8),
PCMonRep(9)

Stateful PCE (draft-ietf-pce-stateful- pce)

Active:
PCRpt(10),
PCUpd(11)

Passive:
PCReq, PCRep,
PCRpt

PCE initiation (draft-ietf-pce-pce- initiated-lsp)

PCC initiate (12)

n PCE WG の現状と今後

- n MPLS, GMPLSサポートの他に、最近ではSR(Segment Routing), SR(+SFC(Service Changing Function))にPCEを適用(PCEP拡張)
- n TEを考慮したにPCE(P)
- n YANG Moduleを議論
- n 他、TED 機能の見直しまたは拡張

PCE as Central Controller

n これまで、PCE (Path computation Element)は、その集中制御構成から、SDNに適用のアーキテクチャに方式(プロトコル)として期待

n Stateful PCE (LSP DBを有するPCE)、PCE initiation (PCEから経路指示) でその適用に加速

n 実際に、RFC 7491 も存在

A PCE-Based Architecture for Application-Based Network Operations

n 今回、PCE を Central controller と見立てて動作する場合の、packet classification機能のPCEP追加や、Scheduling 管理などに触れたドラフト or スライドが紹介

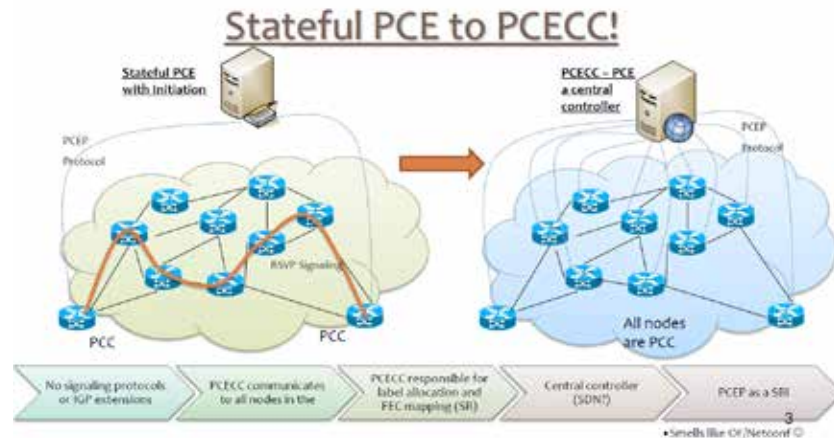
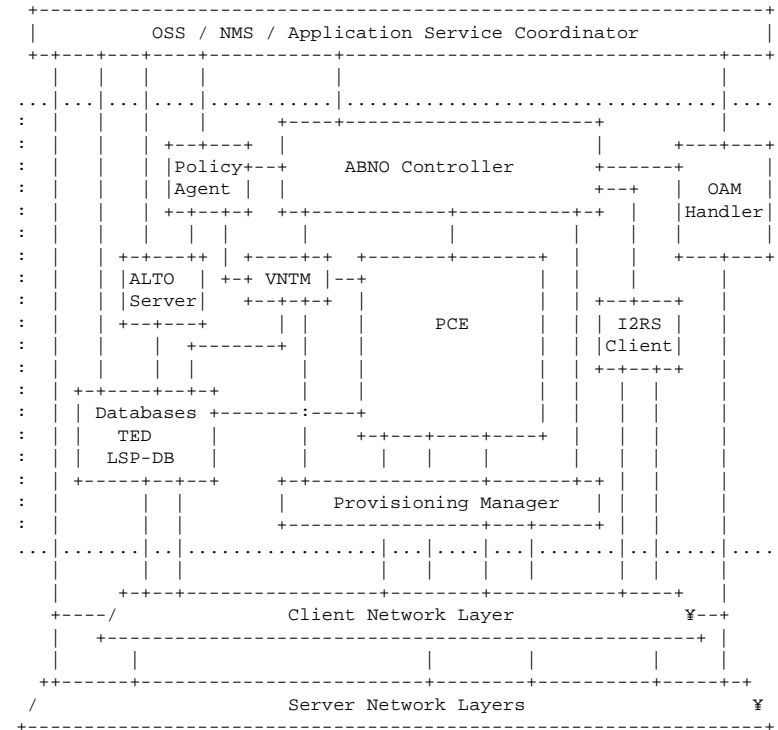
n <https://www.ietf.org/proceedings/94/slides/slides-94-pce-3.pdf>

n <https://www.ietf.org/proceedings/94/slides/slides-94-teas-12.pdf>

n draft-zhuang-teas-scheduled-resources

n draft-zhao-pce-central-controller-user-cases

n 今後、ACTN/TEAS への影響と議論加速も想定される



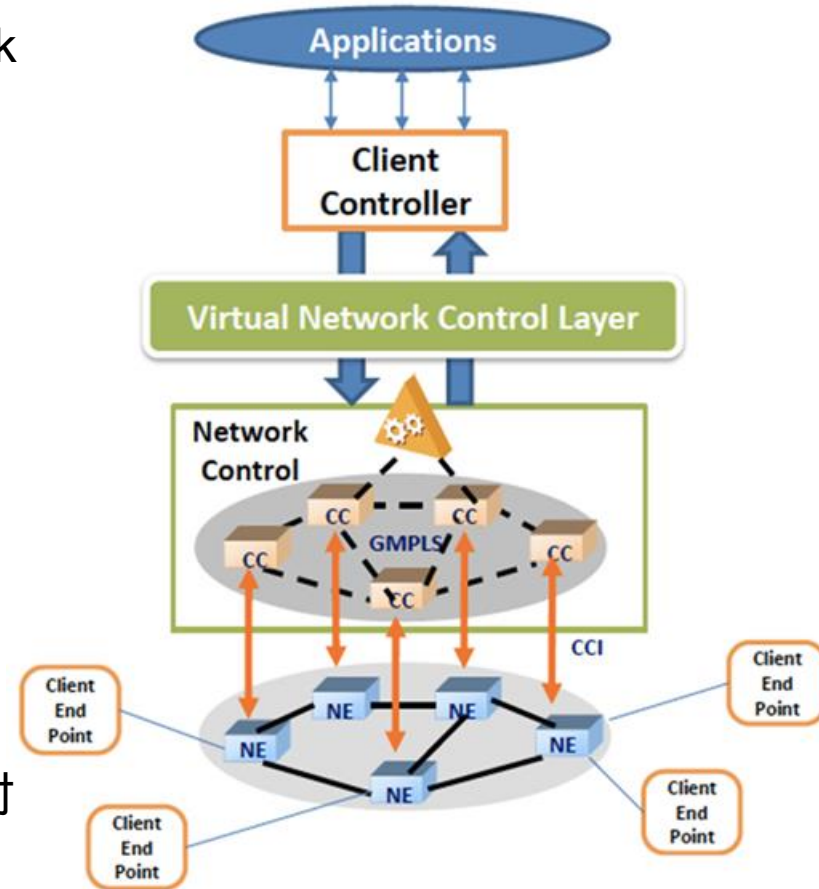
ACTN (TEAS)

n Abstraction and Control of Transport Networks

- n BoF を経てTEAS WGで議論
- n 目指すイメージは右図の通りの Virtual Network Control layer の定義(プロトコル含む)
 - n 同様に、Data model もスコープに
- n BoF 時代のCharter 案一部から

The ACTN working group works to develop a high-level architecture that describes the basic building-blocks necessary to enable the multi-domain virtual service coordination. It will identify key building components and the corresponding interfaces among these components.

- n TEAS では、abstractionの観点で ACTNを検討
- n 現在 ACTN 要求文書は WG adaptation 済み
 - n draft-ietf-teas-actn-requirements
 - n 続いて Framework、そのあとは YANG (?)



ceccarelli-teas-actn-framework ではCP関連で以下の用語を使用
CNC - Customer Network Controller .
MDSC - Multi Domain Service Coordinator
PNC - Physical Network Controller

その他 (Bonus tracks): RTG Area and IRTF

n RTG Area

- n 今回から、各 WG の報告(会合トピックス)は Wiki に展開
 - <https://trac.tools.ietf.org/area/rtg/trac/wiki/IETF94summary>

n IRTF NML

- n Machine learning(機械学習)に関するRG (IRTF)が発足
 - SDNの延長(付加機能)を対象とするのか、Security 対策を対象とするのか、まだ明確ではない
 - SDNの場合、Automationまで踏み込むと、NMRG, Anima (WG)との重複も
 - à post SDNとして何かを考えるのであれば、自動化なのか学習なのか?

n DetNet WG (Deterministic networking) 発足

- n 簡単にいうと、L2, L3 のネットワークをマージして、Time sensitive な伝送を実現するためのネットワーキングを検討する
- n IEEE802.1 (特に TSN) とコラボするが、TSN 関連は Scope 外
- n これから、Encapsulation, OAM, Control Plane を検討

n BESS

- n EVPN シリーズが多く議論されているが、WG Last call にインプリの有無を条件に検討中
- n ML でその是非が議論されているが...

n VxLAN (RFC 7348)

- n 今回、多くのRTG area のWGでVxLAN (RFC 7348)に関しての拡張提案が目立っている
 - BFD for VxLAN, BIER VxLAN, VxLAN path detection, YANG ...
- n NVO3では難儀した末にindependent stream RFCであるにも関わらず、やはり市場規模が大きいという現れ?

まとめに代えて

- n IETF 94 報告として、RTG・OPS中心にの最近の話題を紹介
- n ネットワークの制御・管理技術動向(1) – Data model (YANG)
 - n 特に関連 WG の動向
 - OPS Area: NETMOD, SUPA, L3SM, *LIME*
 - RTG Area: RTGWWG, TEAS, BESS (or PALS), *I2RS*
 - 主に、Overviewと今後の展開について
- n ネットワークの制御・管理技術動向(2) – 今後の注目技術
 - n 具体的には、PCE, TEAS
- n その他

ありがとうございました