

SDN を用いた 分散協調型アーキテクチャによる ネットワーク制御技術の検討

2018/02/20

沖縄オープンラボトリ/株式会社オキット

當山 達也



研究背景

■SDN(Software Defined Networking)技術の発展

- 閉域網への適用(データセンタ内、データセンタ間など)
 - ✓ すでに適用が始まっている
 - ✓ 沖縄オープンラボラトリの試験環境でもSDNを用いて制御可能なパッチパネルを開発し運用中 (OF-Patch)
- 広域網への適用
 - ✓ オープンソースプロジェクト(ONOS、O3など)で通信事業者向けの検討が行われている
- 企業ネットワークへの適用
 - ✓ ONUGを中心にSD-WANの検討が進められている
 - ✓ しかし、ベンダー固有技術依存のソリューションがほとんどでオープンな仕様のSD-WANは、ほぼ無い

研究背景

■企業向けのSDN技術を用いたWANソリューション

- ・クラウド、NFVと連携し付加価値を提供

■ベンチャーを中心にSD-WAN提供が開始。

- ・2016年度の国内市場は、4億3000万円 [1]

■30社程度のベンダーがSD-WANを提供

- ・SD-WAN専業のベンチャーに加えて、NFV事業者の参入や既存ルータの大手メーカーや、WAN高速化製品メーカーが参入
- ・しかし、企業は興味を示すが、PoCどまりで様子見感が強い
 - ✓回線契約の変更（増速など）、接続形態の変更、回線の冗長化などで解決化が可能なことに加えて、SD-WANソリューションが既存に比べて相対的に高価であることが挙げられる

■今後のSD-WANの市場予測

- ・国内のSD-WAN市場は、2021年に 500億円以上[1]
- ・世界のSD-WAN市場は、2020年に6000億円以上[2]

[1] <https://www.idcjapan.co.jp/Press/Current/20170807Apr.html>

[2] <https://enterprisezine.jp/article/detail/8816>

キャリア目線でのSD-WANに対する考え方

■SD-WANの理解

- 既存のWANを使いやすくする
- 新たな価値/サービス提供のための基盤
- 土管として如何にうまく使いこなせるかが鍵

■付加価値はNW以外で提供

- SD-WANにおいてNFVを実現など

■SD-WANの仮説

- NFVのキラーアプリになるのではないかな？
- LAN-WANシームレスな仮想NW以外での提供
- IoTが動作する基盤

■SD-WANは新たな価値提供の土台

- “SD-WAN”を売りたいわけではなく
それ以外に売りたい“モノ”がある

Open SD-WAN の概要

- 汎用サーバとOSSを組み合わせ、オーバーレイ型の仮想ネットワーク構成法を検討し、PoC開発を実施
 - OpenFlowControllerとOpenFlowSwitchを組合せ仮想ネットワークを構築、制御
 - ✓ 仮想ネットワークはL3で動作し、UDP領域を自由に利用可能なVXLANを採用
 - ✓ パケットの操作が比較的自由に行うことが可能な ryuをOFC(OpenFlowController)に採用
 - ✓ VXLANに対応し、送信元UDPポートによる制御が可能なLagopusをOFS(OpenFlowSwitch)に採用
 - 網内の状態監視(OAM)機能
 - ✓ 導通確認(Continuity Check)パケットをOFCで生成、終端し導通確認、遅延時間を測定し網内の状態監視、推定を行う
 - 自律的な経路切替機能
 - ✓ 網内の状態が著しく悪化した場合、通信断状態となった場合は、自律的な経路切替を実現

既存のSD-WANの課題

■ロックイン回避

- ユーザ回帰といっても、SD-WANベンダにロックインされたら、意味が無いのではないか？

■NFV/IoTとの連携

- 専用ハードでは、ユーザがアプリを入れられない。
- SD-WANの売りである、エッジコンピューティングを実現するのは難しいのではないか？

■グローバル対応

- SD-WANのベンダーによって、エッジデバイスの調達や保守を行える国が異なっており、調達、保守を一貫して行うことは難しい。

■コスト

- 既存の回線コスト + SD-WAN料金の上乗せ



Open SD-WANの提案

■ロックイン回避

- ・汎用サーバとオープンソースソフトウェアを組合せて実現する為、ロックインされることはない

■NFV/IoTとの連携

- ・汎用サーバ上で動作し、一般的な *nux OS上で動作する為、ユーザが必要に応じて、アプリケーションのインストールを行うことが出来る。

■グローバル対応

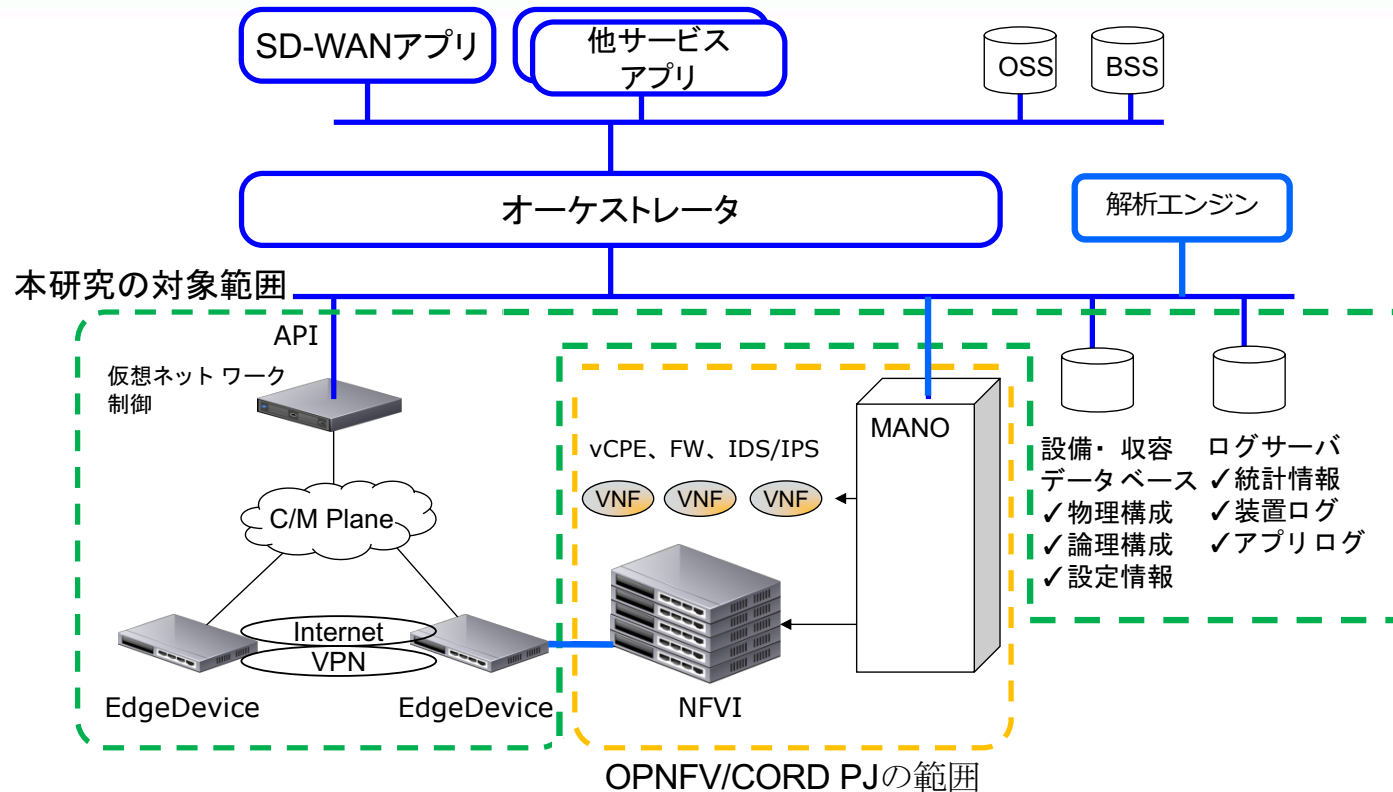
- ・汎用サーバを用いているため、各国で調達可能なサーバを利用すれば良い。

■コスト

- ・初期投資として、汎用サーバ購入費が上乗せ
- ・既存の回線コストのみで、導入することが可能



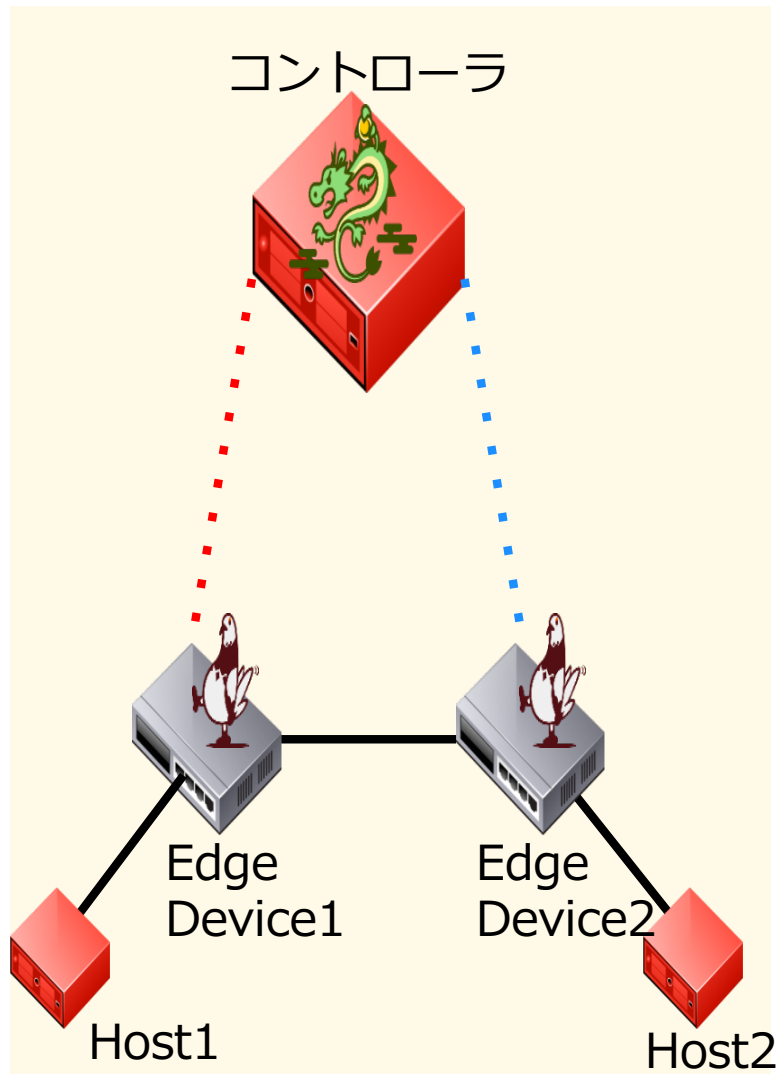
SD-WANの構成要素



- SD-WANは、①拠点間を接続する仮想NW部、②NW機能を提供するNFV部の2つからなる。
- 両者を一つのサービスとして構成する為に、オーケストレータを配置し、全体管理を行う。
- 本検討では仮想NW部の検討を行い、NFV部に関しては別の検討との連携を行う。

昨年度の取り組み

■ 集中制御型コントローラ



■ OpenFlowを用いて仮想ネットワーク (VXLAN)制御を実現

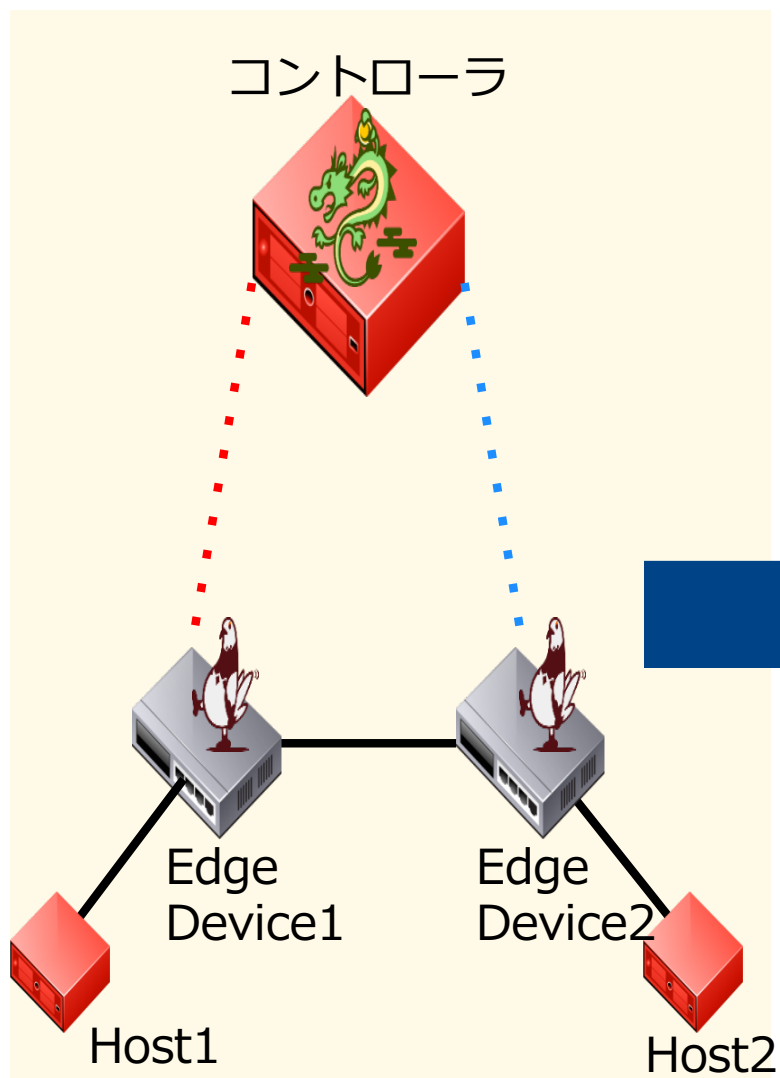
- SINET5とインターネットを用いた実証実験環境にPoCを構築し検証
- 暗号化処理がされていないことからセキュリティが担保されない問題

■ OAM機能をOFCアプリで実現しアンダーレイネットワークの状態把握が可能に

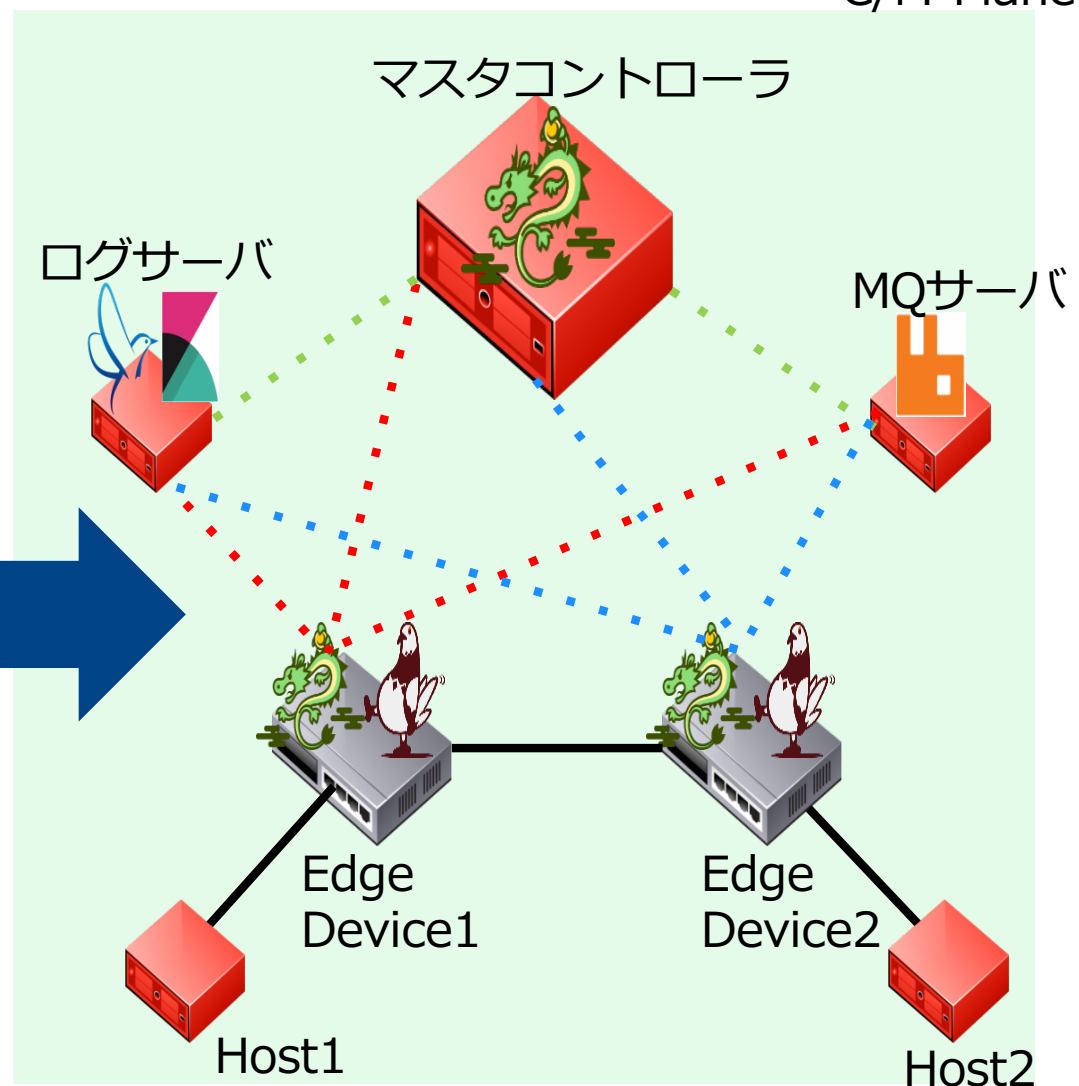
- アンダーレイ・ネットワークの状態によって、動的な経路制御を実現
- C/M-Planeの遅延や、通信断による誤検知に加えてスケーラビリティに課題が有ることが判明

集中・分散協調アーキテクチャ

■ 集中制御型



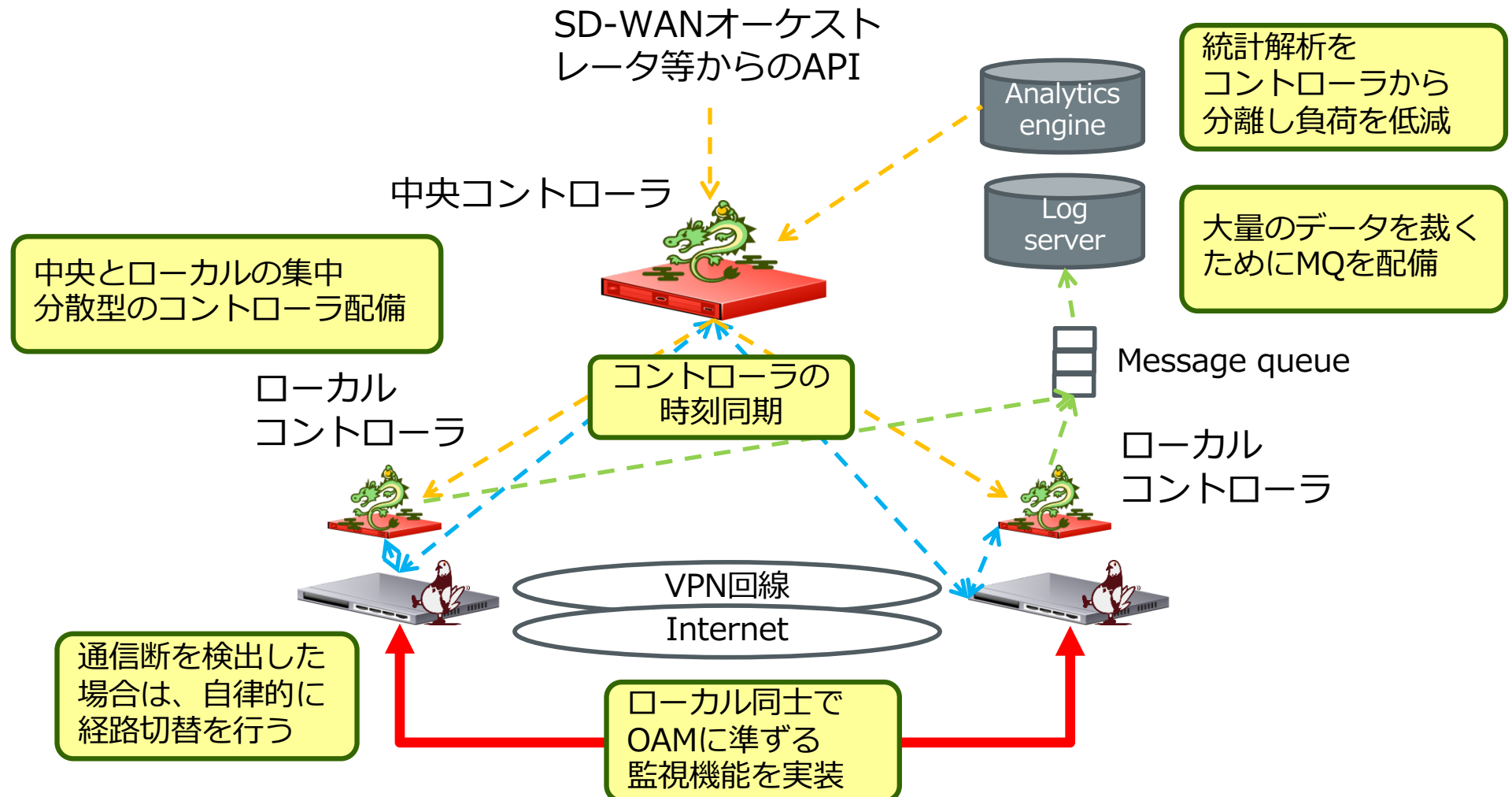
■ 分散制御型



— D-Plane
... C/M-Plane

集中・分散協調アーキテクチャ

- OpenFlow Protocol
- Rest API
- Message



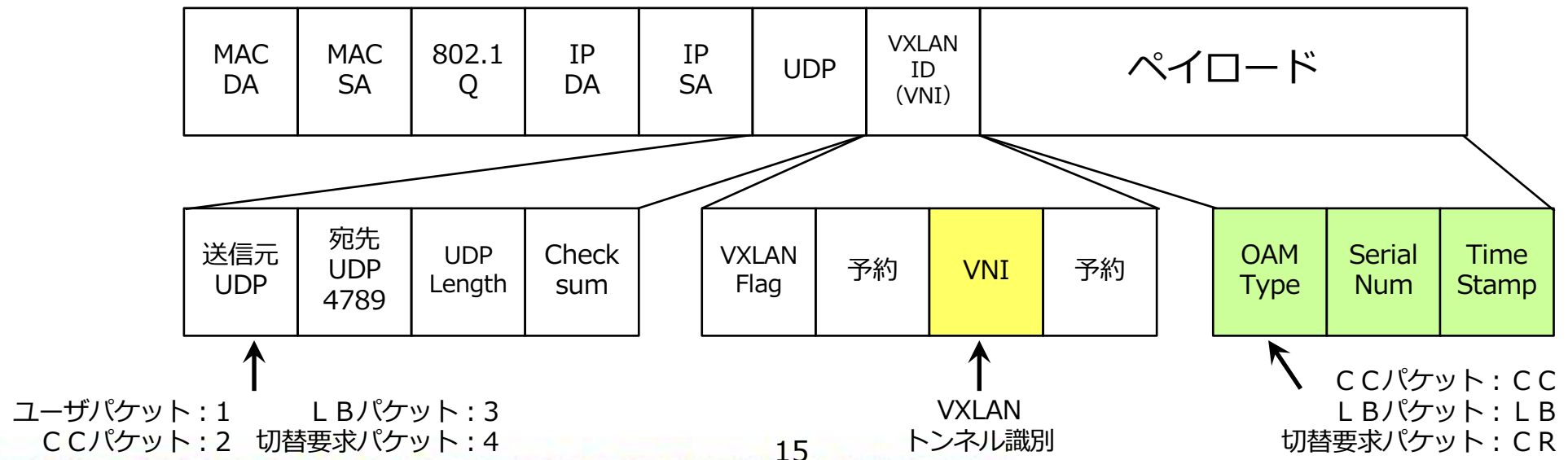
オーバーレイネットワーク(VXLAN)構築・制御

■ VXLANトンネルを用い、送信元UDPポート番号でユーザパケットと監視・制御パケットを識別

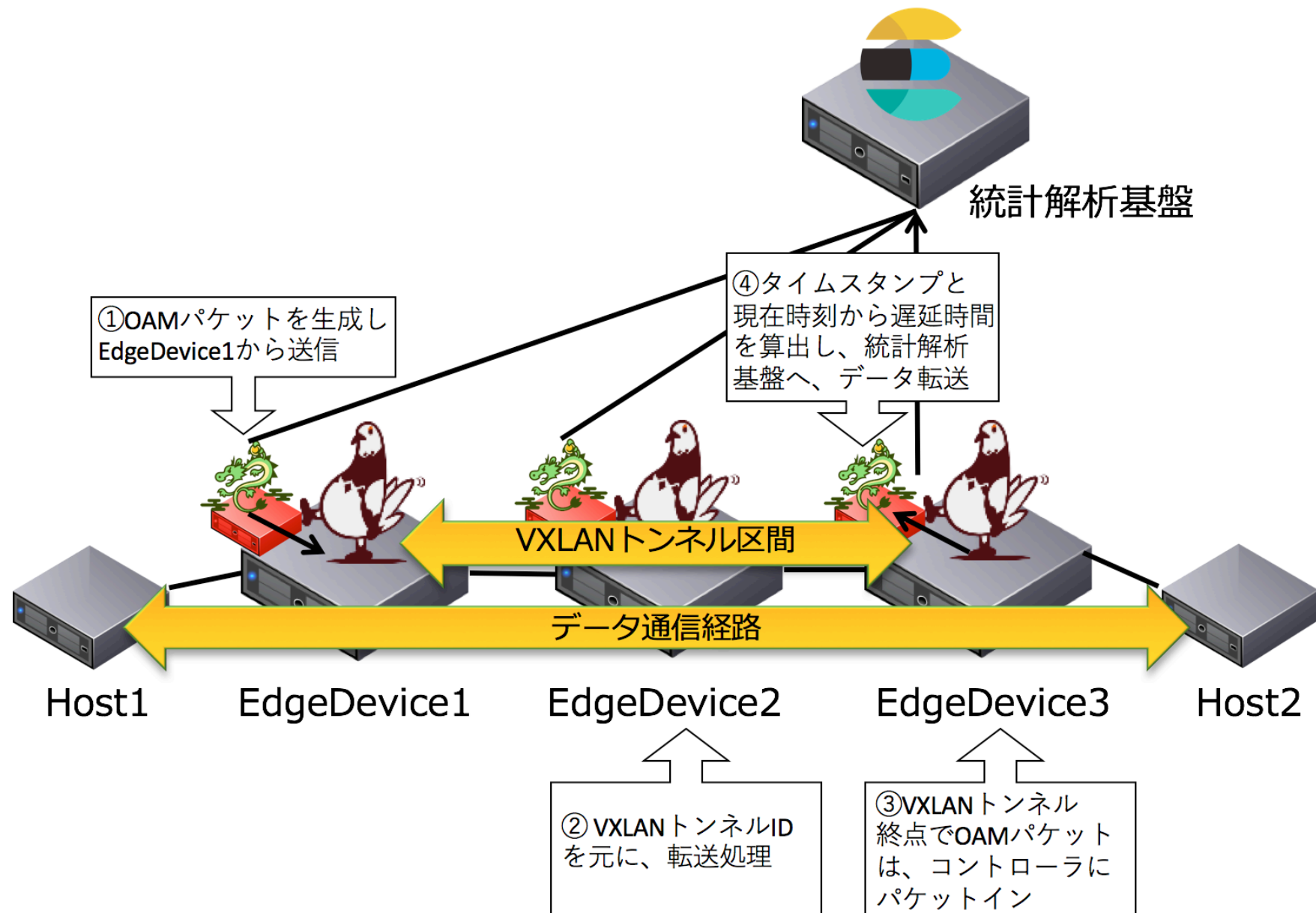
- 経路制御はVXLAN IDで行うことから、ユーザパケットと状態監視パケット、経路切替要求パケットは同経路を通過

■ 状態監視(OAM)パケットにはOAMのCCとLBに準ずる機能を導入

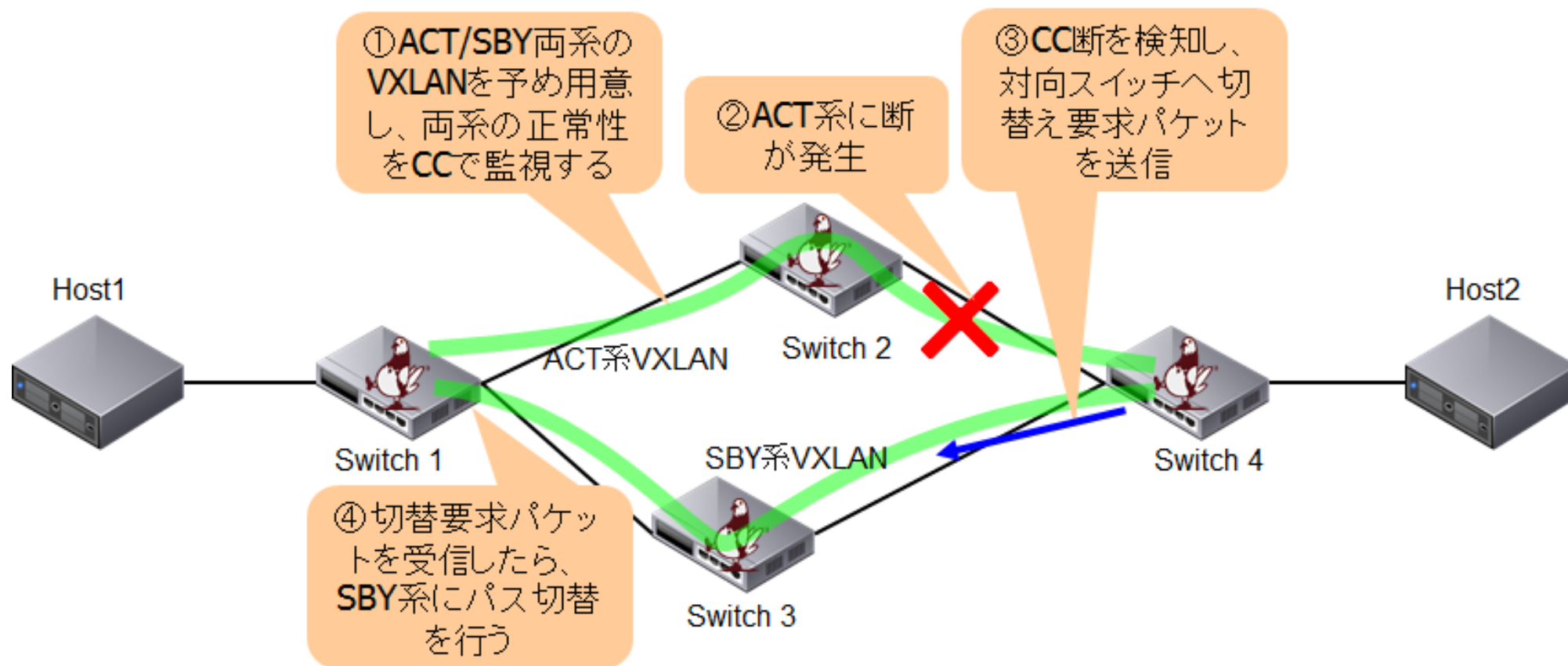
- OAMパケットと切替要求パケットは機能毎に送信元UDPポート番号を付与し、トンネル区間での識別、制御を行う
- OAMパケットについては、OAM機能およびシリアル番号タイムスタンプをペイロードに印加し、統計処理に用いる



OAMパケットの流れ



経路要求パケットの流れ



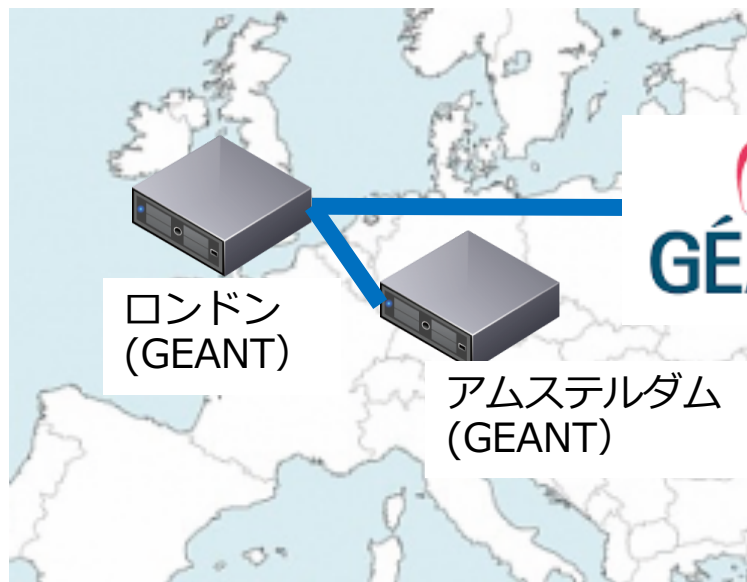
今年度の実証実験拠点

■ SINET5

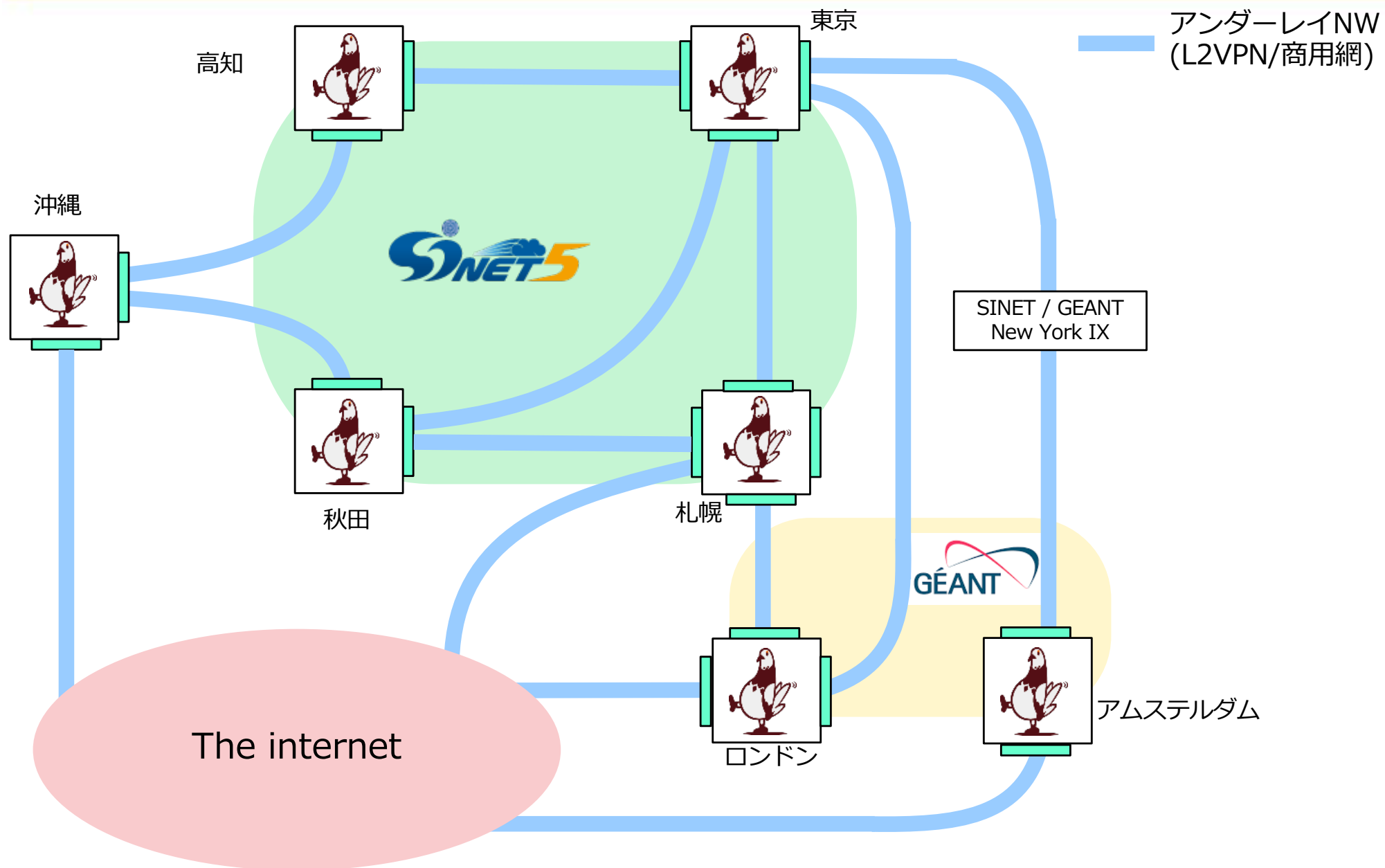
- 国立情報学研究所(NII)が運用する学術研究・開発用ネットワーク

■ GEANT

- 欧州委員会(EC)が運用する研究・開発用ネットワーク



アンダーレイネットワーク図



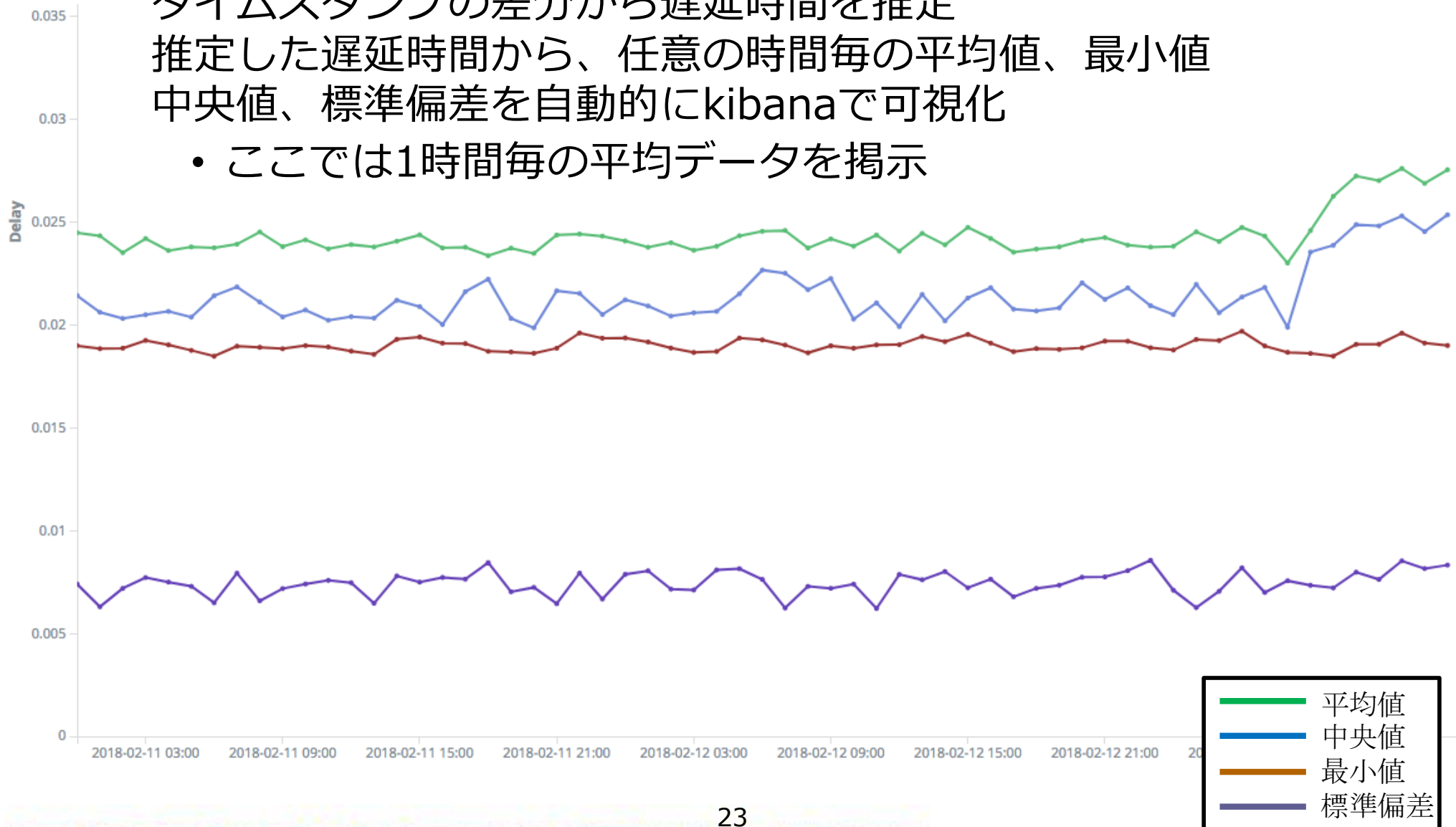
VXLANトンネル(パス)構成

VNI	経路	WAN種別	Ping(RTT) (平均遅延)	CC PKT 平均遅延	CC PKT 標準偏差	CC PKT 中央値
10	沖縄→秋田	SINET5	50.12ms	23.29ms	7.18ms	21.00ms
11	沖縄→高知→東京→秋田	SINET5	119.89ms	64.23ms	8.60ms	62.55ms
12	秋田→沖縄	SINET5	50.12ms	29.44ms	6.77ms	28.19ms
13	秋田→東京→高知→沖縄	SINET5	119.89ms	42.59ms	11.42ms	39.33ms
14	沖縄→秋田→札幌	SINET5	68.96ms	25.92ms	0.47ms	25.67ms
15	沖縄→札幌	Internet	55.74ms	32.08ms	1.31ms	31.84ms
16	札幌→秋田→沖縄	SINET5	68.96ms	33.06ms	10.92ms	39.77ms
17	札幌→沖縄	Internet	55.74ms	25.81ms	1.34ms	25.43ms
18	沖縄→高知→東京→ロンドン	SINET5 GEANT	253.43ms	108.50ms	2.46ms	108.22ms
19	沖縄→ロンドン	Internet	314.99ms	154.56ms	1.34ms	154.52ms

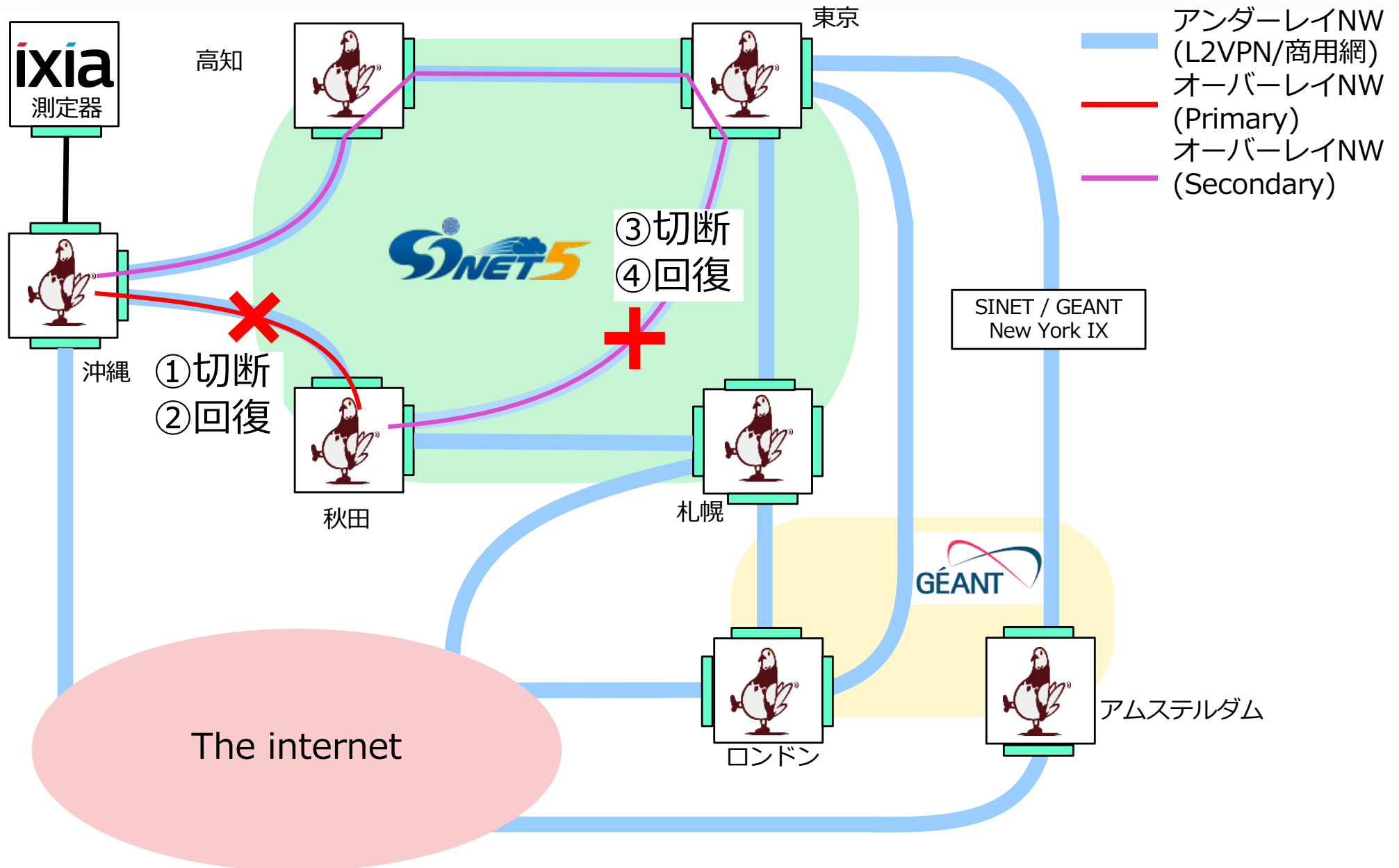
■ Ping(RTT)の平均遅延 ÷ 2 が、CCパケットの平均遅延とおおよそ一致していることから、D-Plane単体の遅延量を測定できていると確認

統計情報パケットの可視化

- 沖縄→秋田間(VNI 10)で取得したCCパケットの受信時間とタイムスタンプの差分から遅延時間を推定
- 推定した遅延時間から、任意の時間毎の平均値、最小値、中央値、標準偏差を自動的にkibanaで可視化
- ここでは1時間毎の平均データを掲示



経路切替試験(沖縄～秋田)



経路切替動作確認試験

■ C/M-Planeを切断した状態で、沖縄-秋田/東京-秋田のVLANパスを交互に閉塞/開通して、切替試験を実施

- 試験時には、測定器から 10,000pps のパケットを送信し廃棄パケットから、切替時間を推定

	廃棄パケット	切り替えまでに要した時間
通信切断試験 1回目	40082	4.0082秒
通信切断試験 2回目	41741	4.1741秒
通信切断試験 3回目	43486	4.3486秒
通信切断試験 4回目	42174	4.2174秒
通信切断試験 5回目	44956	4.4956秒

- OAMパケットは1秒に1つ送信、連続3パケット消失で通信断と判定するため、**通信断を検出するまで最低3秒~4秒**かかる
 - ✓ 通信断時間の平均は4.25秒、標準偏差は0.16秒となり設計動作であることを確認

グローバル環境への適用確認

■ グローバル展開するに当たっての課題

- ベンダによりエッジデバイスの調達や保守を行える国が異なるよって、調達、保守を一貫して行うことは難しい
 - ✓ 各国で保守可能なベンダを組み合わせ実現するのは非効率的かつ、トラブルの原因

■ 本取り組みによる解決

- 実際に実証実験では、下記のスペックのサーバをGEANT側に用意してもらい解決！
 - ✓ CPU : Intel社製のCPU
 - ✓ メモリ : 16GB以上であること
 - ✓ HDD : 16GB以上であること
 - ✓ Network Interface : DPDK対応(Intel e1000)のNICが3ポート以上
- 要件を満たすサーバは、容易に調達することが可能
 - ✓ 型式認定や輸出管理手続きは不要

まとめ

■汎用サーバとOSSを用いてOpen SD-WANを実現

- LinuxOS上で動作する事から、自由にソフトウェアの導入、カスタマイズが可能
- 全世界で機器調達が可能で、GEANTとの共同検証では機器を現地調達し、その有用性について確認

■オーバレイ型の仮想ネットワーク構成法を検討、提案しSINET5/GEANT/商用インターネット網上にPoC環境を構築し、Open SD-WANの実証実験を実施

■集中分散協調型のアーキテクチャを取り入れたことで従来の集中制御コントローラの負荷低減を実現

- C/M-Planeの影響を受けない網内の状態把握に加えて自律的な経路切替を実現

今後はアーキテクチャについて引き続き評価、改良し統計処理手法を検討することで更なる進化を目指す

