

NWトポロジー可視化から時系列化へ：
BGP-LS+BMP+ α によるトポロジー把握の時間軸拡張
(事前公開用資料)

ソフトバンク株式会社
内海、伊藤、魏

2026/07/17





内海 友輔
Yusuke Uchimi

経歴

- 社内基盤開発 (2018~2022)
オンプレ / クラウド (AWS/Azure) 上の
インフラ設計や自動化開発、SRE的な業務
- NW異常検知 (2022~)
NW機器の早期異常検知、
サイレント故障検知、及び基盤運用

趣味

- マラソン (フルマラソン3時間ぐらい)

JANOG参加歴

- 登壇2回目
前回: JANOG54@奈良 (登壇)



伊藤 達真
Tatsuma Ito

経歴

- NWデータ分析 (2019-2023, 2026-)
Streaming Telemetry/TWAMP/...
Splunk/AWS上の分析基盤の構築、運用
- プライベートクラウド開発 (2023-2026)
オーケストレーション、Kubernetes

趣味

- ドラム/パーカッション/編曲

JANOG参加歴

- 初参加



魏 亮
Liang Wei

経歴

- ISPコアNW設計・構築 (2021-2024)
- NW異常検知 (2024~)

趣味

- フットサル・サッカー/読書

JANOG参加歴

- 初参加

■ 組織の立ち位置

NW機器の導入・運用部門とは異なる
少し特殊な立ち位置の部署。

■ 主な目的

- NW機器の異常検知、大量データ収集、自動検知の仕組み化
- 様々なデータソースの利活用検討およびトライアルの実施

ネットワーク主管部門



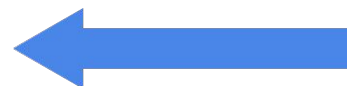
導入主管部



運用主管部

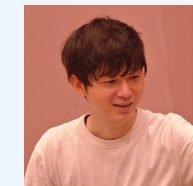
NW機器の検証導入や保守運用を担当

依頼, 相談



実装, 提案

所属組織



自動化や異常検知、データ分析

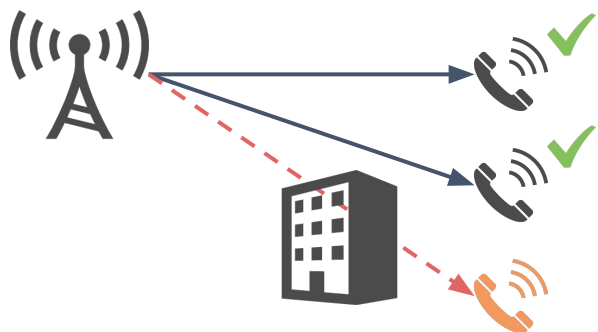
クローズドループの取り組み展開
自動化検討、新規データの取得活用

無線の世界 (RAN/モバイル)

におけるNDT

■ イメージしやすい物理を模した世界 (と想定しています)

- 例えば、3Dマップ上にビルを建て、電波の遮蔽や伝搬をシミュレーション
- チルト角や出力などのパラメータ変更で、エリアカバーがどう変わるかが視覚的に分かる



伝送網・IP網

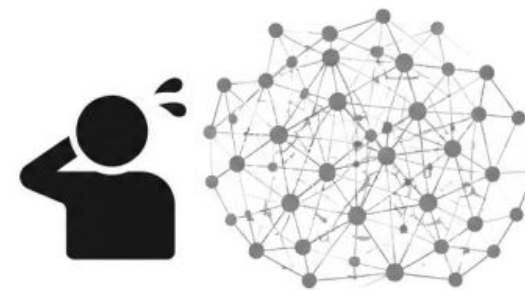
におけるNDT

■ イメージしにくい論理の世界

- 物理的な遮蔽物はない
- Configやルーティング、ポリシー等の集合

■ そもそも、何を指すのか？

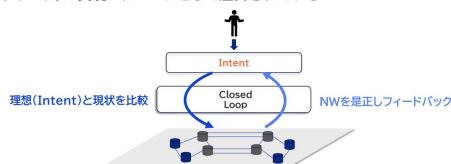
- Configのバックアップ
- トポロジーを描く、Metricsを収集する
- どのパラメータを変更して、何を検証、シミュレーションすればいいのか？



Intent-Drivenの概要 JANOG55発表 10

Intent-Drivenとは

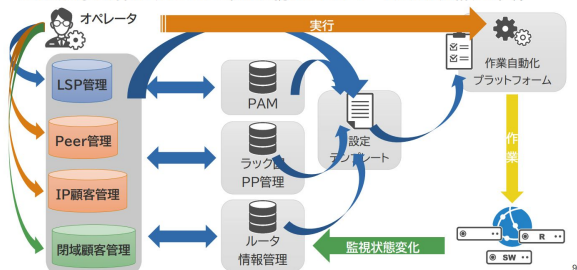
■さまざまな団体において議論されており、Autonomous Network(自律運用ネットワーク)の実現アプローチとして注目されている



下記資料を参考に作成
<https://www.tmforum.org/resources/introductory-guide/autonomous-networks-framework-v1-1-0-ig1218f/>

IIJの考える理想のネットワーク運用および構成管理

理想は人手を介在せず、システム間が連携してネットワーク運用が完結する世界



- 実際にL3のルーティングトポロジー上で
意図通りのトラフィック分散を生み出したか、
想定外の迂回を生んでいないかを確認する
動的な可視化の仕組みが必要になると想定。
(= IntentとStateの整合性があるか)

- L3状態変化の反映を手動ではなく動的でリアルタイムに反映したい。
トポロジはGraphDBとして扱うが、あくまで隣接情報のみ。他データは他DBで管理。

東京2020オリンピック・パラリンピック大会

オリンピック・パラリンピック大会組織委員会

東京2020オリンピック・パラリンピック大会組織委員会

ネットワーク・デジタルツイン(NDT)は、これをネットワークシステムに対して応用するもの

デジタルツイン（Digital Twin）とは、現実世界から集めたデータを基にデジタルな仮想空間上に双子（ツイン）を構築し、さまざまなシミュレーションを行う技術である。

出版者 | 令和6年版 情報通信白書 | デジタルツイン
<https://www.soumu.go.jp/life/topic/digitaltwin/>
<https://www.soumu.go.jp/life/topic/digitaltwin/>

	デジタルツイン	シミュレーション
再現環境の違い	現実世界をコンピュータ上の仮想空間に再現する	コンピュータ以外(模型など)でも実行されることがある
リアルタイム性の違い	現実世界の状況に合わせて、その都度変化するためリアルタイム性が高い	「ある時点でのモデル」を活用する
精度の違い	実在する現実世界を再現する	いくつかの仮説をベースに実行する

デジタルデザインとは？わかりやすく最新技術を徹底解説。メリットや導入事例も！ | SCSS IT Platform Navigator
<https://www.scss.jp/to/itnews/article/2024/11/digitaldesign.html>

- 過去事象再現から信用積み上げという話は仰る通り。
商用NWのある時点のトポロジー = snapshotを把握する仕組みも必要と想定し、そちらを検討した。
静的な構成情報は、後からマッピングする必要がある
※ 今回はスコープ外

NDTの常時稼働、完全なミラーの可否について

- 実網を完全に模した、常時稼働させる様なNDTを作るのは現実的なのか？
- 実際はそちらが望ましいと思う一方で
リソース的・技術的の両面でも課題はたくさん残っている

リソース面の課題に対する、代替案

必要な部分を必要なタイミングで、切り出して（再現して）使うのが良いのではないか

- NWレイヤの観点：
 - 例えばL3レベルの検証を行う場合、完全な商用模倣である必要はない。
 - 今回は変化が激しいL3のルーティングトポロジーに対してリアルタイム観測と時系列化に特化し、BGP-LS+BMPによるNDTもどきを試した。
- 常時稼働の観点：
 - 今後仮想環境 + シミュレーションを検討する場合にも、全網再現ではなく
GraphDBから必要時刻の必要な範囲だけを抽出。（例: 障害時刻前後の影響ノード群）
 - 静的な構成管理データ（L2/L1）とマッピングして、オンデマンドに切り出せばよい？

できる方が
望ましい

トポロジー表現にはGraphDBが適している

その一方でネットワークエンジニアにとって
グラフ用のクエリやグラフ理論の
学習コストが高かった。

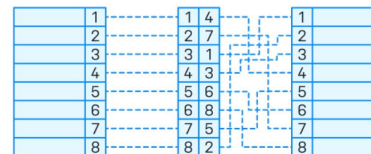
学習コストをAI-Agentである程度吸収でき得る

■ 自然言語からGraphDBのクエリを自動生成

LLMを活用したAI Agentが、自然言語や
ネットワークの文脈からグラフクエリを自動生成。

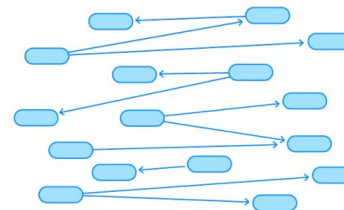
そこまで深いクエリ知識がなくても、
ネットワーク運用の知見（ドメイン知識）で
GraphDBを扱うことができるように。

RDBMS



- 学習コストが比較的低い
- ネットワークのような多対多の
接続関係をSQLで書くと、
大量のJOINになり非常に複雑化

GraphDB



- ルータ（Vertex）と
リンク（Edge）の表現が
ネットワークそのものであり、
探索や再構成に最適
- クエリ言語が特殊で、
学習コストがやや高い

Level 3: ルールベースの自動化

特定のドメインにおいて、事前に設定したポリシーや運用ルールに沿ってネットワークの自動最適化を行う段階。

- **ルールベースの自動化がメイン**
例) 事前に定義されたポリシーの中でシステムが最適化を実行

Level 4: 意図 (Intent) ベースの自動化

ネットワークをIntentに沿わせる段階。
AIや予測モデルが、その都度最適な経路やルータのConfig変更を判断して適用。

- **抽象的な意図 (Intent) のみシステムに指示**
例) この法人顧客の通信遅延は常に20ms以下に維持というIntentのみ。
上記を基にシステムが最適化を実行

以下を継続して実施する必要がある。

1. システムが人間の意図を解釈
2. 自動検証 / 適用
3. その後の継続的な監視
4. システムが人間の意図を解釈
5. ..

本発表での
共有部分

Autonomous networks levels						
Level Definition	L0: Manual Operation & Maintenance	L1: Assisted Operation & Maintenance	L2: Partial Autonomous Network	L3: Conditional Autonomous Network	L4: High Autonomous Network	L5: Full Autonomous Network
Execution	P	P/S	S	S	S	S
Awareness	P	P	P/S	S	S	S
Analysis	P	P	P	P/S	S	S
Decision	P	P	P	P/S	S	S
Intent/Experience	P	P	P	P	P/S	S
Applicability	N/A	Select scenarios				All scenarios

P: Personnel, S: Systems

既存監視の強み

- SNMP/Telemetryなど、単体のMetricsは装置やリソース監視にとっても有用
- その一方で、NW全体の論理トポロジーや経路変化の前後関係を後から追うのは困難

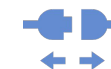
Metrics監視で把握する状態

- IFトラフィック、リソース状態
→ SNMP, Telemetry
- 通信量・フロー
→ NetFlow

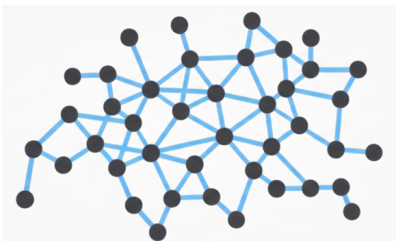


トポロジー監視で把握する状態

- ルーティングの内部状態
- ノードやリンクの接続関係
- リアルタイムな経路変化



データの種別に応じて、それぞれ適した取得方式が存在



NW機器全台への設定投入前提では、
構成管理・運用負荷が大きい



代表ノードから
情報を集約取得したい

BGP-LSでカバーできること

- **IGPトポロジーの準リアルタイム/時系列監視:**
OSPF/ISISレベルのノードやリンク、隣接関係、メトリック情報を収集可能。
さらに時系列化することで、任意時刻のトポロジ状態を後から確認できる。
- **IGPトポロジーの差分検出:**
作業前後、またはIntent実行前後のStateを比較しLink追加/削除、metric変更などを検出可能。
人間では瞬時に判断しにくいトポロジの変化をシステムの的に把握できる。
- **自動化結果の事後検証:**
Intentへの制御とトポロジーを突合することで、意図した変更が反映されたか、想定外の変化が発生していないかを確認できる。
自動化運用の安全性確認に活用が可能。

BGP-LSのみではカバーできないこと

- **物理IF / Bundleとの厳密な紐づけ**
BGP-LSで把握できるのはIGP上の論理情報まで。
物理IFやBundle、LAGの対応関係は把握できない。
⇒ Telemetry、LLDP等のメトリクス、装置Config等の設計情報が必要
- **NDTでのシミュレーション:**
この取り組み単体では仮想NW環境を構築できない。
直近で見えている課題として、物理IFの静的情報とL3の動的情報をいかにマッピングするか。
⇒ Config、Inventory情報、Policy等の設計情報が必要
- **他レイヤ、およびトラフィック状態の監視:**
物理的なLink Up/Downや光レベル、またリソース利用率やIF Traffic、ErrorなどはBGP-LSだけでは把握ができない。
⇒ SNMP、Syslog、Flow情報等のメトリクスが必要

BGP-LSで捉えたトポロジー変化に 各種メトリクスを組み合わせることで より深い活用が可能



BGP-LS
NWトポロジーの動的観測

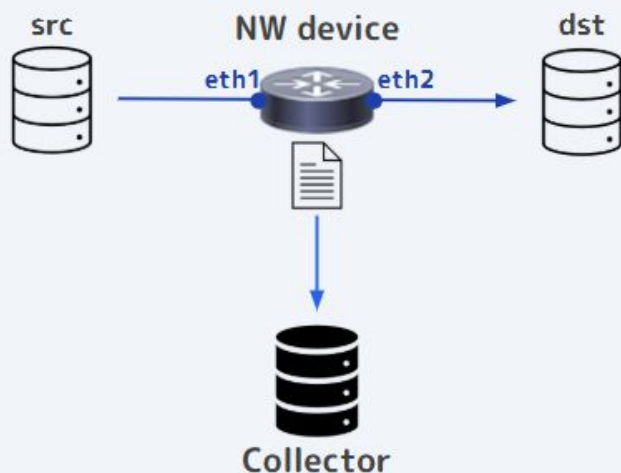
+

+

+

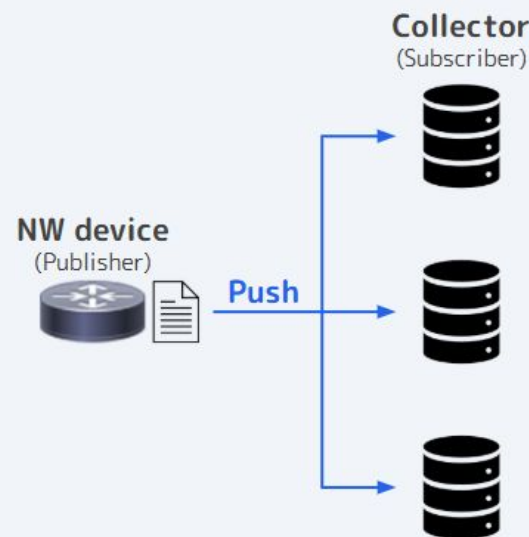
① IPFIX

フロー単位のメトリクス収集



② Streaming Telemetry

ノード/リンク単位のメトリクス収集



③ TWAMP

E2Eの品質メトリクス収集



動的トポロジーに各種メトリクスを重畳させることで 調査 / 検証 / 異常検知 に役立てたい