

# 関東地方整備局における セグメントルーティングの導入

佐藤 滉太

関東地方整備局 企画部 情報通信技術課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

近年、首都直下型地震や南海トラフ地震、それに伴う津波などの自然災害により、大規模な被害が想定されている。このような状況の中、限られた職員で国土保全のための的確かつ効率的な業務を遂行するため、信頼性と可用性の高い通信回線の整備が求められている。さらに、近年のサイバー攻撃の巧妙化により、よりセキュアな通信環境の確立も重要な課題となっている。

こうした課題を解決するため、関東地方整備局ではセグメントルーティング方式のネットワーク機器を導入することとした。本論文では、セグメントルーティングの概要とそのメリット、そして現行ネットワークにおける活用方法について述べる。

キーワード 通信ネットワーク、セグメントルーティング、管理の高度化

## 1. はじめに

近年、日本各地で自然災害が頻発しており、関東地方整備局においても災害時における通信インフラの可用性が重要な課題となっている。さらに、サイバー攻撃の巧妙化に伴い、より強固でセキュアな通信環境の実現が求められている。

こうした課題を解決するため、通信の柔軟性と可用性を向上させる技術として「セグメントルーティング (Segment Routing、以下「SR」)」が注目されている。関東地方整備局では、既存のマルチパス端局装置 (MPE) をSRの装置に置き換える形で導入を進めている。本論文では、現ネットワークの課題、SRの概要、導入メリット及び関東地方整備局の次期ネットワークにおける活用方法について述べる。

## 2. 現行ネットワークの概要と課題

### 2.1 IP統合網ネットワークの概要

関東地方整備局では、河川・道路の管理に必要な情報を、平常時はもとより災害時にも円滑に伝達するため、「信頼性の高い多重無線回線」と「高速大容量の光ファイバ回線」を統合したネットワークを構築している。このネットワークでは、光ファイバ回線が障害等により通信不能となった場合、多重無線回線に瞬時に切り替わる仕組みを採用している。しかし、多重無線回線の伝送容

量は光ファイバ回線と比べて限られており、音声通信などの最低限の通信に制限される。

### 2.2 現行ネットワークの課題

#### (1) 機能面での課題

現行のネットワークでは、異なる通信が混合しており、必要な通信ごとに最適な経路を自動で選択することができない (流れている通信について図1参照)。そのため、通信の迂回時にトラフィックの急増 (バースト) が発生し、通信品質の低下が懸念される。

通信内容	備考
CCTV 映像	マルチキャスト通信
映像、画像	ユニキャスト通信
職員 PC 通信	ファイルアップロード・ダウンロード、メール、TEAMS、WEB アクセスなど
各種システムのデータ通信	道路、河川、レーダなど
システム間のデータ同期通信	
音声 (VoIP) 通信、k-1	
地方自治体や関係機関との通信	高速会社、内閣府、水資源機構など
BIM/CIM データの通信	
無人化施工の制御通信	
屋外の無線アクセススポットからの通信	アクセススポット利用者 (職員、維持業者など)

図1 関東地方整備局の流れている通信種別

#### (2) 運用面での課題

##### (a) 柔軟な経路制御

現在の構成では、地震などによる光ケーブルの断線といった不測の事態が発生した際に、柔軟な経路制御を実現することが難しい。また、QoS (通信の重要度に応じた優先制御) に関しては、必要に応じて設定を行っているものの、通信の種類ごとに適切な経路制御を実施できていない。

(b) 構成管理機能での課題

ネットワーク構成が複雑化しており、保守業者やベンダーに管理や設定変更を依頼する必要があるため、多大なコストが発生している。

(c) ネットワーク監視

既存のネットワーク監視装置の操作性が悪く、職員が設定を行うことが困難である。

(3) セキュリティ面

(a) セキュリティ対策

既存のMPEには、不正アクセスやサイバー攻撃の脅威を軽減する機能が備わっていない。

上記の3点について課題がありこれらを解消するためSRの導入を行う。

3. セグメントルーティング (SR) 概要

3.1 SR機能

SRの機能について下記のとおり示す。

(1) スライシング機能 (Flex-Algo)

スライシング機能 (Flex-Algo) は、ネットワークにおけるデータ通信の経路選択を柔軟に行う技術である (図2、3参照)。ネットワークを利用するデータにはさまざまな種類があり、以下のような特性が求められる。

(a) 遅延の少ない通信

音声通話やビデオ会議などのリアルタイム通信では、遅延の少ない経路が必要である。

(b) 広帯域 (大容量) の通信

3次元点群データやドローンの動画データなどの大容量データ転送では、広帯域の経路が求められる。

スライシング機能を活用することで、通信の種類に応じて最適な経路を自動的に選択することが可能となる。音声通話やビデオ会議には低遅延の経路を、大容量データ転送には十分な帯域を確保した経路を割り当てることができる。これにより、ネットワーク全体の効率が向上し、通信品質の最適化が実現される。

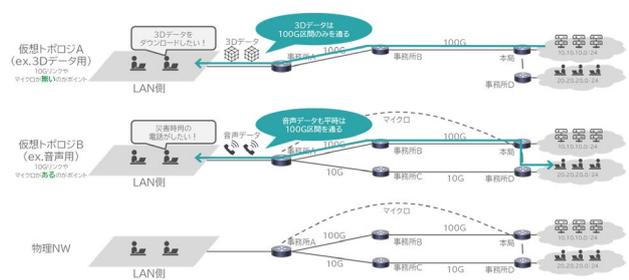


図2 スライシング機能 (Flex-Algo) のイメージ (平常時)

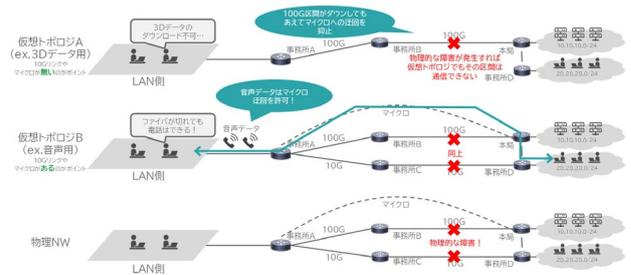


図3 スライシング機能 (Flex-Algo) のイメージ (障害時)

3.2 SRにて高度に実現可能な機能

(1) アクセス制御機能 (L3VPN)

L3VPN (Layer 3 Virtual Private Network) は、異なる拠点 (ネットワーク) 間を仮想的な専用通信網として接続する技術を利用して、安全に企業や組織のネットワークを接続する技術である。この技術におけるアクセス制御機能は、ネットワークに接続するユーザーや端末が、どの情報にアクセスできるかを制御する仕組みである。例えば、図4のように関東地方整備局と他機関 (自治体等) が通信を行う際、他機関の職員が特定のシステム (水位計や雨量計の情報が閲覧できるもの等) のみ通信が可能といったような制限を設けることができる。このアクセス制御を行うことで、外部からの不正アクセスを防ぎ、ネットワーク内の情報を安全に保護することが可能となる。従来、「どの経路を通るか」を詳細に制御することは難しかったが、SR (セグメントルーティング) のスライシング機能を活用することで、経路選択の柔軟性を高めることが可能となり、より安全で安定した通信環境を構築することができる。

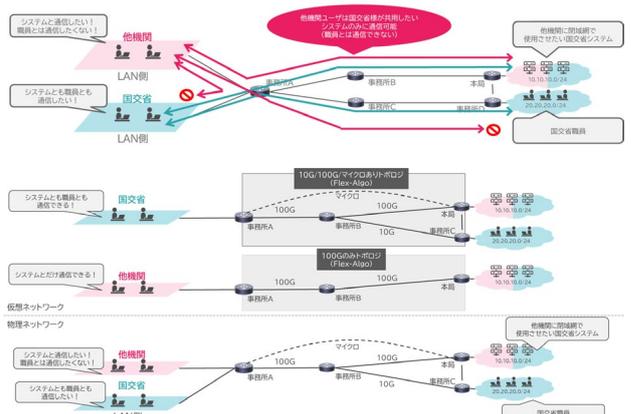


図4 アクセス制御機能 (L3VPN) のイメージ

(2) L2VPN等のVPN機能 (EVPN)

L2VPN (Layer 2 Virtual Private Network) およびEVPN (Ethernet VPN) は、ネットワーク上で遠隔地の拠点同士を安全かつ効率的に接続するための技術である。L2VPNは、異なる拠点 (ネットワーク) 間を仮想的な専

用通信網として接続する技術を利用して異なる拠点をまるで同一の拠点内にあるかのように接続する。この技術により、拠点間でデータを直接交換することができ、自社内のネットワークと同様に通信を行うことができる。EVPNは、L2VPNをさらに進化させ、複数の拠点を効率的に接続することができる。特に、複数のデータセンターを接続する際に、その有用性が発揮される。EVPNを使用することで、ネットワークの拡張が容易になり、より高いパフォーマンスを実現できる。概要図は図5を参照する。L3SVPNと同様、従来「どの経路を通るか」を詳細に制御することは難しかったが、SR（セグメントルーティング）のスライシング機能を活用することで、経路選択の柔軟性を高めることが可能となり、より安全で安定した通信環境を構築することができる。

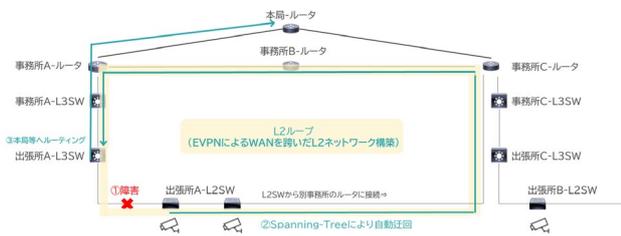


図5 L2VPN等のVPN機能(EVPN)のイメージ

関東地方整備局の次期ネットワークでは、スライシング機能(Flex- Algo)、アクセス制御機能(L3VPN)、L2VPN等のVPN機能(EVPN)を組み合わせ、より最適な経路制御を実現することが期待される。

#### 4. SRを導入するメリット

SRを導入することで、ネットワークの管理がより簡単になり、通信の効率が向上する。特に、以下のようなメリットがある。

##### (1) ネットワークの簡素化

従来のネットワークでは、データがどの経路を通るかを各装置が判断していた。しかし、SRを導入すると、データがどの経路を進むかを最初に決めて、その情報をパケットに埋め込むため、中継する機器の負担が減り、ネットワークがシンプルになる。これは、管理の手間を減らし、運用コストを削減することにつながる。

##### (2) 柔軟な経路制御(トラフィックエンジニアリング)

SRでは、通信の目的に応じて異なる最適な経路を自動で選択することができる。大容量のデータを扱う場合には、広い帯域を持つ経路を使い、リアルタイム性が重要な通信(映像通話や緊急連絡など)では、遅延の少ない経路を優先することが可能になる。これにより、通信の質が向上する。

##### (3) SDNとの親和性

SRではSDN(Software-Defined Networkingソフトウェア定義ネットワーク)(ネットワークをソフトウェアで柔軟に制御できる技術)と統合しやすく、管理者がネットワーク全体をソフトウェアで制御しやすくなる。これにより、ネットワークの設定変更を迅速に行うことができ、柔軟な運用が可能になる。

##### (4) 障害時の迅速な対応

ネットワークに障害が発生した場合、SRでは事前に決められた複数のルートの中から、最適なものに自動で切り替えることができる。SRを導入すれば、迅速な復旧が可能となり、安定した通信を維持できる。

### 5. 次期統合ネットワークにおけるSRの活用

現状次期統合ネットワークにおけるSRの活用について下記のとおり示す。

#### (1) 通信単位へのスライシングの適用

関東地方整備局のネットワークで扱っている通信に対し4つの枠組みを設けてスライシングを適用する。適用することでトラフィックに応じた通信が可能となる。

(例：障害発生時の多重無線への迂回の効率化。大容量通信、低遅延通信が可能)

- ① 光回線のみを利用する通信(図6)
- ② マイクロ回線のルートを許可する通信(図7)
- ③ 低遅延が要求される通信(図8)
- ④ 特定の通信ルートを使用する通信(図9)

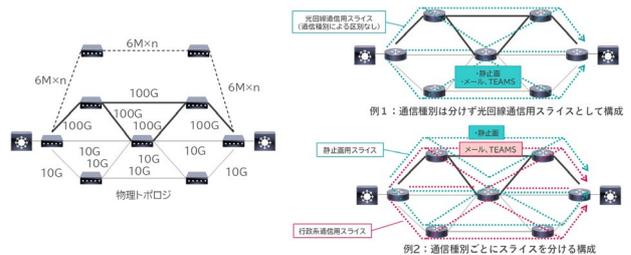


図6 ①光回線のみを利用する通信

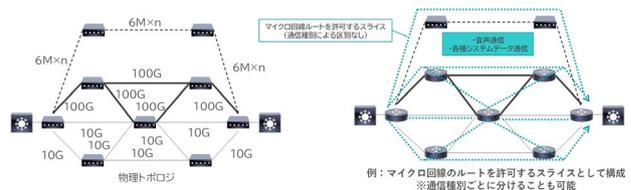


図7 ②マイクロ回線ルートを許可する通信

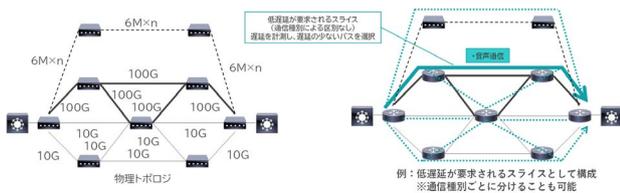


図8 ③低遅延が要求される通信

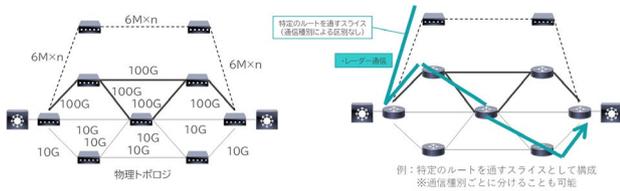


図9 ④特定の通信ルートを使用する通信

(2) セキュリティ確保及びアクセス制御

関東地方整備局のネットワークでは他機関（自治体や消防機関等）とのネットワークを構築しており、現状各拠点のネットワーク装置の設定を行いセキュリティを担保している。SRのスライシング技術、EVPN及びNL2VPNの組み合わせにより、特定の組織やユーザー間で安全な通信を確保するために、独立した専用経路を確保することができる（図10）。この技術により、外部からの干渉を防ぎ、安全で信頼性の高い通信環境を提供することが可能となる。



図10 地方自治体や関係機関との接続ネットワーク

(3) ネットワーク管理の簡素化

通信経路を事前に決定し、その情報をデータパケットに埋め込むため、ネットワークの管理がよりシンプルになり、運用負担が軽減される。これにより、運用者はより効率的にネットワーク設定を変更し、柔軟かつ迅速な対応を行うことができる。また災害で光ケーブルが切断された時などの障害時に、現在どの経路を流れて通信を行っているのかを視覚的に確認することができるため、迅速な原因の究明及び対処が可能となる。

6. まとめ

本報告では、セグメントルーティング（SR）の概要、導入メリット、課題、および関東地方整備局の次期ネットワークにおける活用方法について整理した。SRの導入により、ネットワークの簡素化、通信品質の向上、SDNとの統合、障害発生時の迅速な対応が可能となる。さらに、次期ネットワークではスライシング機能やVPN技術の活用、セキュリティ強化などの新たな要素を組み込み、より高度で信頼性の高いネットワーク運用の実現が期待される。

参考文献

- (1) Cisco, "Segment Routing: The Next Generation of MPLS", 2021.
- (2) 国土交通省 関東地方整備局, "次期統合通信網運用方法検討", 2025.
- (3) 国土交通省 四国地方整備局, "災害に強い通信網の構築について", 2018.