

# 北海道大学 MPLS キャンパス LAN の更新について

成田 一郎

北海道大学情報環境推進本部情報推進課  
IT 推進グループ情報ネットワークチーム  
network-t@iic.hokudai.ac.jp

## 1 はじめに

北海道大学学内 LAN(HINES)は平成元年から平成3年にかけて構築された「FDDI バックボーン」から、表1に示すような変遷を辿り、このたび平成27年1月から3月にかけて6度目の更新を行った。本稿では主に、更新前後の比較と、MPLS を用いた LAN の概要及び設定例について解説する。

表1 HINES の変遷

バックボーン構築年度	コア	アクセス	プロトコル
第1期 (H1)	FDDI (100M×4)	10M Ether, 32kRS232C	XNS, TCP/IP
第2期 (H6)	ATM(OC-3 (155M))	100M Ether	TCP/IP
第3期 (H10)	ATM(OC-12 622M×2)	100M Ether	TCP/IP
第4期 (H13)	GigaEther (1G×5)	1G, 100M Ether	TCP/IP
第5期 (H20)	GigaEther (1G×8)	1G, 100M Ether	MPLS TCP/IP
第6期 (H26)	10G Ether (10G×4)	1G	MPLS TCP/IP

## 2 システムの構成概要

### 2.1 更新前第5期 HINES の構成概要

南北に長いキャンパスの特性上、全学を南・中央・北の3エリアに分け、各エリアに拠点を設け、それら3拠点を結びバックボーンネットワークの中核として、コアネットワークを構築している。そのコアネットワークに部局ノードと呼ばれるL3SW(札幌キャンパスの計6箇所)を用いて接続し、コアネットワークと共に、基幹ネットワークを形成していた。なお、この基幹ネットワークは国内の大学としては初めて、MPLSを用いて構築している。利用者アクセスエリアには約860台のL2SWを設置し、コア&部局ノードに接続され、約300のVLANで約36,000台の端末を

収容していた。更新前ネットワーク構成図は図1の通りである。また、HINES グローバル IP ネットワークの他に、教育系、事務系、無線 LAN 系 VLAN 等の L2VPN を構築していた。

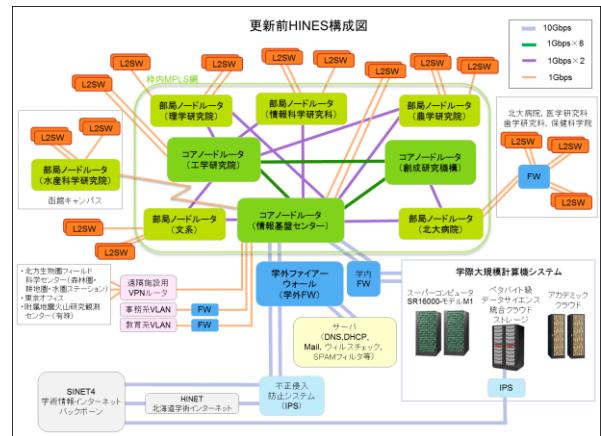


図1 更新前ネットワーク構成図

### 2.2 更新後第6期 HINES の構成概要

ノード装置(L3SW)は更新前の通信量及びCPU・メモリ等の機器リソース使用率等を勘案し、コアノード1台を部局ノードに、部局ノード1台をL2SWに置換し、ノード装置7台(コアノード2台+部局ノード5台)とし、更新前と同様にMPLSを用いて基幹ネットワークを構築した。また、エッジスイッチについては、MAC認証+Web認証を多段で実施できる、マルチステップ認証対応SWを採用し、更新前に設置していた約160台のWeb認証専用SWを撤去した。これにより消費電力及び管理負荷の低減を図り、結果として約720台のL2スイッチを介して更新前と同様に、約300のVLANで約36,000台の端末を収容し、HINES グローバル IP ネットワークの他に、事務系、教育系、無線 LAN 系 VLAN 等の L2VPN を運用している。更新後の主要ネットワーク機器一覧を表2に、ネットワーク構成図を図2に示す。

表 2 主要ネットワーク機器一覧

機器名称	メーカー・機種名	台数
ノードルータ	Cisoc Catalyst6807-XL	7
L2SW	Alaxala AX2530S-24T	635
	Alaxala AX2530S-48T	72
	Alaxala AX2530S-24S4X (一部スタック構成)	9

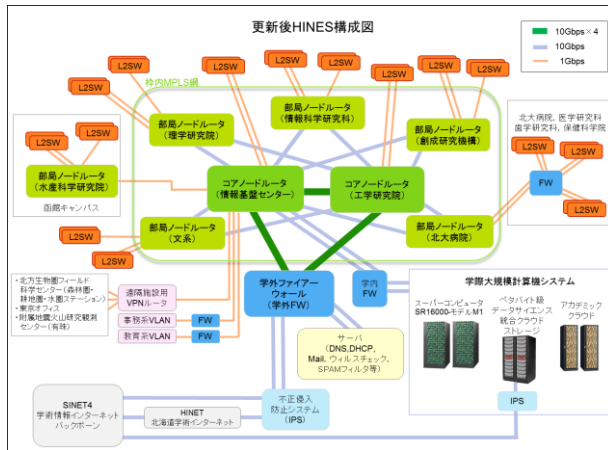


図 2 更新後ネットワーク構成図

### 3 MPLS について

#### 3.1 MPLS (Multi Protocol Label Switching) とは

IP パケットのルーティングはルータに到達したパケットの宛先 IP を識別してフォワーディングを行う。これに対して MPLS では、MPLS 網内のエッジに位置するルータ (LER: Label Edge Router) に到達したパケットの宛先 IP を識別し、「ラベルを付加」して網内の次のルータにフォワーディングを行う。以降、MPLS 網内のルータ (LSR: Label Switch Router) は、宛先 IP を識別対象とせず「ラベルを識別」してフォワーディング処理を行う (=Label Switching)。MPLS 網内のルータではラベル交換を行い、ラベルが付けられた仮想的なパケットの道筋 (LSP: Label Switched Path) を作成する。このことで IP ネットワーク上にパスの概念を導入することが可能となる。これが MPLS の基本概念である。

#### 3.2 MPLS のメリット

- ノードルータ障害時のダウンタイム短縮化に伴う信頼性・可用性の向上:

LSP を確立するためのシグナリングプロトコルとして RSVP-TE(Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering)と LDP(Label Distribution Protocol)を使用している。RSVP-TE は明示的に LSP を確立し、効率的な回線利用を可能とする。また、LDP は動的に LSP を確立できるので、本学では RSVP-TE のバックアッププロトコルとして使用している。RSVP-TE LSP 異常 (ノード障害及び回線障害) 時のプロテクション機能として FRR(Fast ReRoute) を使用し、プライマリ LSP に障害が発生した場合は、事前に定義したバックアップ LSP に自動的に切替わる。切替わりに要する時間は、実測値で 6~18ms という短時間であり、PC の ping ではタイムアウトを検出できないレベルまで短縮されている。

- 回線の帯域不足・非効率化の回避:

従来の IGP(RIP,OSPF 等)ではホップ値、コスト値等を設定し経路選択を行うため、経路の偏りによる帯域不足が起り得るが、MPLS-TE(MPLS-Traffic Engineering)を適用することにより、明示的なルートを設定することで、帯域の不足や非効率化を回避できる。

- L2VPN 及び L3VPN ネットワーク設定の簡素化:

L2VPN は VPLS (Virtual Private LAN Service) を使用し、ノードルータ間で L2 網を構築している。L3VPN は BGP/MPLS を使用している。新規ネットワークを作成する際は、当該ノードルータにおいて、後述の簡易な設定を行うことで、煩雑になりがちなノードルータ間の物理ポートへの vlan-trunk 等の設定を行う事無く、迅速・確実に論理ネットワークの構築が可能となる。

#### 3.3 ルーティング設計

MPLS 網を構成するために必要な経路情報の交換は OSPF で行い、ノードルータ間の IP レベルの経路情報の交換には MP-BGP を使用している。さらに、学外への経路選択は BGP の MED 値により冗長化を図っている。

## 4 設定例

### 4.1 MPLS-TE の設定例

宛先ノードルータ (Loopback-IF) までの経路を Nexthop アドレス単位 (経由 IP アドレス) で設定する。以下の例は、宛先ノードルータまで 2hop で到達できるルートで、パス名を「sample-path」として作成している。

```
ip explicit-path name sample-path enable ↵  
next-address 宛先ノードルータ IP ↵ (第 1hop)  
next-address 宛先ノードルータ IP ↵ (第 2hop)
```

次に、作成した explicit-path をトンネルインターフェースへ適用する。「1000」は Tunnel Interface Number で、0 から 2147483647 までの範囲で指定する。

```
interface Tunnel1000 ↵  
tunnel mpls traffic-eng path-option 10  
explicit name sample-path ↵
```

以上の設定を HINES では 7 台のノードルータ間についてフルメッシュ構成で設定している。

### 4.2 L2VPN の設定例

#### 4.2.1 L2VPN のパスの接続先指定

VFI (Virtual Forwarding Instance) 名を「sample-vfi」として作成する。「2000」は vpn id 値で、1 から 4294967295 の範囲で指定する。

```
l2 vfi sample-vfi manual ↵  
vpn id 2000 ↵  
neighbor 宛先ノードルータ IP encapsulation  
mpls ↵
```

この設定は対向のノードルータにも、同様に行う必要がある。

#### 4.2.2 VLAN インターフェースへ VFI を割り当てる

vlan-id 3000 で L2VPN を作成し、対向ノードルータへのパス名 (sample-vfi) を指定する。

```
interface Vlan3000 ↵  
description sample-l2vpn ↵  
xconnect vfi sample-vfi ↵
```

この設定も対向のノードルータにも同様に行うことでノードルータ間に L2VPN (VPLS) が作成される。

### 4.3 L3VPN の設定例

#### 4.3.1 VPN インターフェースへの VRF の割当

以下の例では vlan-id 4000 の L3VPN を作成する。

```
interface Vlan4000 ↵  
description sample-l3vpn ↵  
vrf forwarding sample-vrf ↵  
ip address default-gateway IP mask 値 ↵
```

#### 4.3.2 経路広報設定

MP-BGP の経路広報設定ではプライベート AS 番号を使用し、同一 address family 内に広報する。

```
router bgp 64512 ↵  
address-family ipv4 vrf sample-vrf ↵  
network network-address mask mask 値 ↵
```

以上で L3VPN が作成される。

このようにきわめて少ないステップ数で簡潔に L2VPN, L3VPN の作成を行うことができる。

### 4.4 新機能：ルーテッド VPLS の設定例

更新後の MPLS 網では、これまでサポートされていなかった、特定ノードルータ配下の L3VPN を L2VPN を用いて仮想的に接続することで、任意の L3VPN を他のノードルータ配下へ伸長することができる、ルーテッド VPLS の使用が可能となった。HINES ではこのルーテッド VPLS を、物理的に最短 (または光ケーブル回線において使用する光端子盤数が最小) とはならないノードルータでルーティングを行う必要がある場合で、さらに、その間の光ケーブル回線が不足しているケースに使用している。具体的な設定は、① L2VPN の設定については 4.2 と同様に行い、② L3VPN との紐付を 4.3.1 の例に追加するかたちで、以下のように「xconnect」の引数に VFI 名を指定して設定する。

```
interface Vlan4000 ↵  
xconnect vfi sample-vfi ↵
```

以上の設定を行うことで、4.3 の L3VPN と 4.2 の L2VPN が、論理的・仮想的に接続されることになる。尚、L2VPN/L3VPN を設定したノードルータ上で、当該 VLAN が設定された物理インターフェースがリンクアップしていないと、当該 L2VPN/L3VPN が active にならないので、注意する必要がある。

また、機能的に便利な反面、物理接続を行うノードルータとルーティングを行うノードルータが異なっているため、例えば、部局内停電等に伴うネットワークの停止の範囲が、直観的に判別できない点も、運用・管理面での落とし穴となり兼ねないので注意が必要である。

## 5 まとめ

以上のように、キャンパス LAN における MPLS 技術は、バックボーンインフラの可用性・信頼性の向上及び、設定作業の簡素化に伴う管理負荷の低減並びに誤設定の抑止等に寄与しており、利用者及び管理者双方にとってメリットのある技術であると言える。今後はキャンパス LAN の安全性・可用性の一層の向上に向けて、MPLS の長所である柔軟で安定的な QoS 管理を、状況に応じて活用する等の検討を行っていきたい。

## 参考文献

- 1)キャンパスネットワークシステム基本設計書 Ver1.0 株式会社日立製作所
- 2)キャンパスネットワークシステムノードルータ運用手順書 Ver.1.0 株式会社日立製作所