

MPLSとその応用の最新動向

NTTコミュニケーションズ(株)
池尻雄一<ikejiri@ntt.ocn.ne.jp>

日本テレコム(株)
松嶋 聡<satoru@japan-telecom.co.jp>

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikejiri NTT Communications>

発表内容

- | | | |
|-----------------------------------|-----|----|
| (1)MPLS基礎 | 30分 | 池尻 |
| (2)MPLSで何ができるか、その応用例と利用者にとってのメリット | | |
| ■ Traffic Engineering技術 | 50分 | 松嶋 |
| ■ IP-VPN技術 | 50分 | 池尻 |
| (3)MPLS運用 | 40分 | 松嶋 |
| (4)MPLS最新動向(Next-MPLS) | 10分 | 池尻 |

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikejiri NTT Communications>

MPLS基礎

NTTコミュニケーションズ(株)
池尻雄一
<ikejiri@ntt.ocn.ne.jp>

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikejiri NTT Communications>

MPLSとは

- MPLS: Multi Protocol Label Switching
 - パケットを転送フォワーディングする実現技術の1つ
 - 従来の技術 = IPアドレスに基づき、ルータが方路選択(パケットルーティング)
 - MPLS = ラベルに基づき、ルータ/SWが方路選択(ラベルスイッチング)

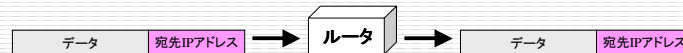
12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikejiri NTT Communications>

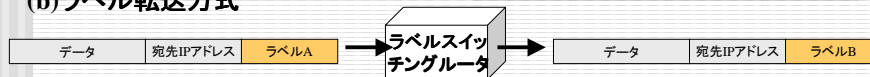
MPLSとは

■ MPLSの概念

(a) 既存IP転送方式



(b) ラベル転送方式



ラベルテーブル			
入カインタフェース	ラベル	NextHop	出力時ラベル
:	:	:	:
:	:	:	:

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSの特徴

■ 固定長のラベルカプセリング

- IPベースMPLSで32ビット固定長ラベル値をフォワーディング処理に使用
- ATM/FRベースMPLSでは、VPI/VCI、DLCI値をラベルとして使用

■ ラベルパスの形成

- ラベルの値は、End-to-Endで固定ではなく、ルータをホップするごとに変換され、End-to-Endでつながるラベルパスを形成する (ATM/FRスイッチングと同等)

■ ラベルのスタッキング

- 複数のラベルを一つのパケットに持たせることが可能。

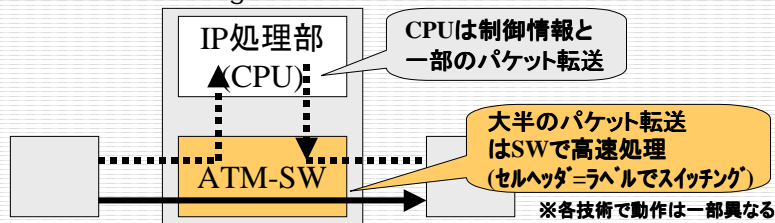
12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

なぜ今MPLSか

■ MPLS: 元来のねらい (Switching高速化技術)

- 数年前のルータの処理性能は、500Mbps程度 => 能力不足が問題に
- 当時高速スイッチング技術といえば“ATM”
- ATM-SWの技術とIPルーティングの技術を融合
- VP/VCとラベルを対応させフローごとに自動PVC設定、高速Switching



12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

なぜ今MPLSか

■ その後の状況変化

- ハードウェア処理によるルータの超高速化が実現



- ATM技術を利用した、高速化の必要性が薄れてきた。

- IPTラヒックの比重増加



- 伝送装置やATM-SWではなく、ルータでネットワークを作る方が効率的

- 大規模ネットワークへの適用



- ダイナミックなフローごとのラベル割り当て(フロードリブン)から静的な集約したラベル割り当て(コントロールドリブンへ)

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

なぜ今MPLSか

■MPLSの誕生

■IP over ATM、IP Switching関連技術

- ・IP over ATM
- ・Toshiba CSR(Cell Switching Router)
- ・IP Switching(Ipsilon)
- ・Tag Switching(Cisco)
- ・IBM ARIS など

MPLSへ発展

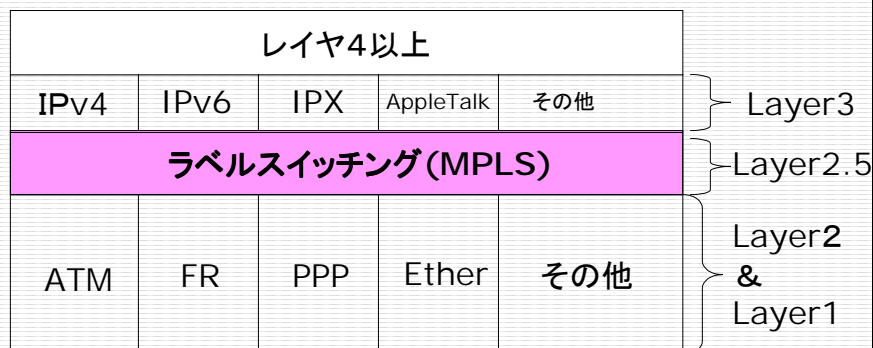
ATMだけではない総合的なラベルスイッチング技術に向けて

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

なぜ今MPLSか

■MPLSのprotocols位置付け



- ・Layer2、Layer3双方からマルチプロトコル

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

なぜ今MPLSか

■MPLSの現在の位置付け

- ATMベースのMPLSとしての継続発展
- ルータの高速化(ハード処理)により、高速性はあまり注目されなくなった
 - ATMネットワークでの自動VP/VC設定機能やVPマージ等の機能をMPLSに対応させて発展(ATMベースのMPLS)。ATM事業者にメリット。

なぜ今MPLSか

■MPLSの現在の位置付け

- IPベースのMPLSとしての発展
- IPネットワークの機能向上
 - 柔軟な経路制御やカプセリング機能を使ってIP以外のパケット・フレーム転送もIPネットワーク上で実現
大規模IPネットワーク運営事業者にメリット。
 - ラベルによるカプセリング・スタッキング機能の応用を使ってVPNを実現
NWベースのIP-VPN提供が可能に。

(これ以降IPベースのMPLSを中心にお話をします)

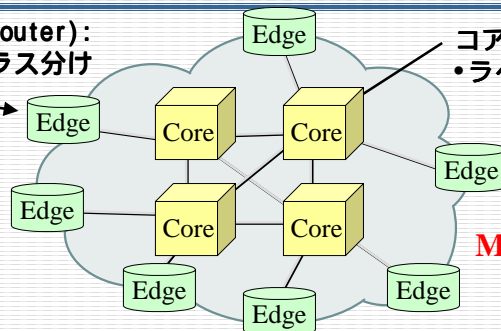
MPLS動作概要

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikejiri NTT Communications>

MPLS動作概要

エッジ (Edge Router):
• パケットのクラス分け
• ラベル付け



コア (ラベル Switch):
• ラベルに基づき高速転送

コアスイッチは、ATM交換機でもルータ両方で動作

エッジにおける柔軟なクラス分けにより、新たなIP付加価値機能を提供

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikejiri NTT Communications>

MPLS動作概要

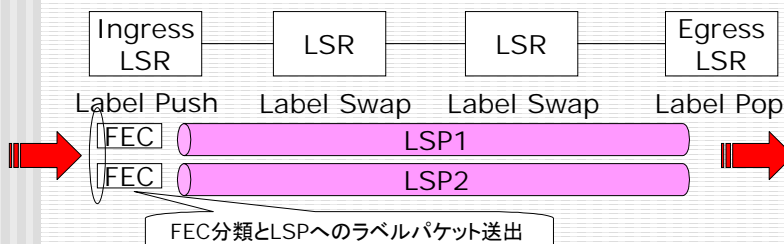
- MPLSドメイン内にありMPLSを解釈できるLayer3装置は**LSR(Label Switching Router)**と呼ばれる。
 - ◆ 入り口のエッジLSRはIngress LSRと呼ばれる
 - ◆ 出口のエッジLSRはEgress LSRと呼ばれる
- MPLSエッジルータ(IngressLSR)では、IPパケットを**FEC(Forwarding Equivalence Class)**に振り分け各々のクラスに対応するラベルパスに送り出す。
(これから説明する例ではIPアドレス)
- MPLSラベルパスは**LSP(Label Switched Path)**と呼ばれる。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLS動作概要

- ラベルをつけることはLabel Push
- ラベルの値を付け替えることはLabel Swap
- ラベルをとることはLabel Pop

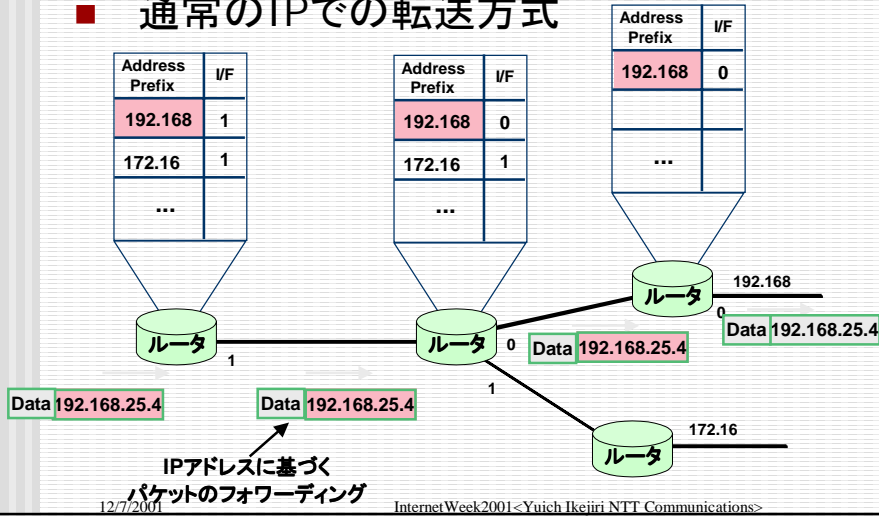


12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

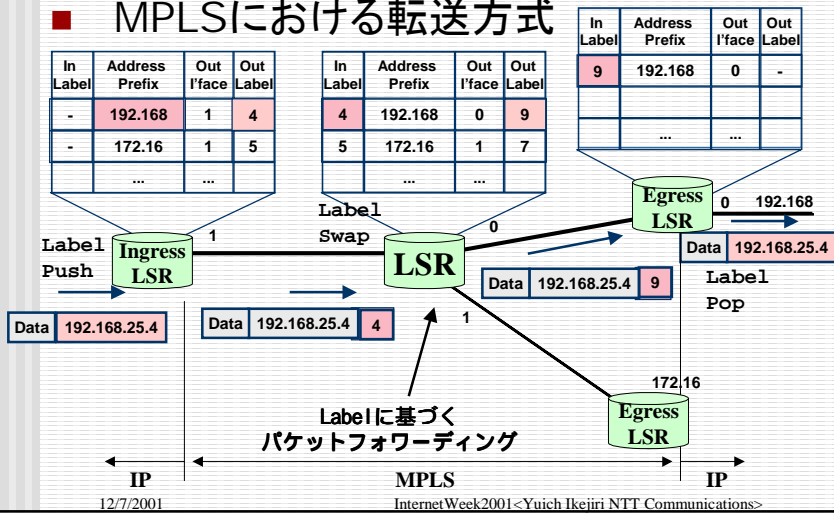
MPLS動作概要

■ 通常のIPでの転送方式



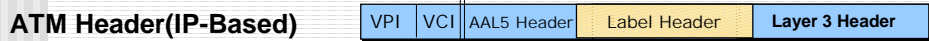
MPLS動作概要

■ MPLSにおける転送方式



MPLSラベルフォーマット

■ IPベースのMPLS(Shimヘッダ)



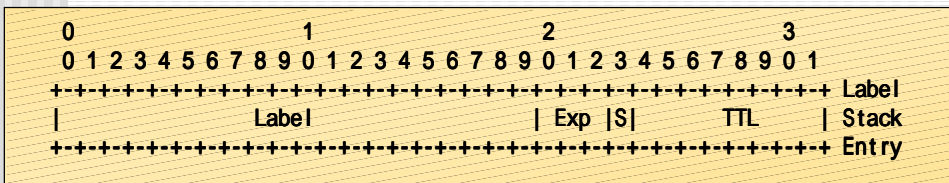
- 2つ以上のラベルを挿入することも可能
- ATMベースのMPLSではVPI/VCIにラベルをマッピングさせる。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSのラベルフォーマット

■ IPベースのMPLS



Label = 20 bits

EXP= Experimental Use 3 bits

(CoS = Class of Serviceとしての使用も検討)

S = Bottom of Stack, 1 bit

(ラベルと複数つけた際の最後のラベルを識別する)

TTL = Time to Live, 8 bits

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSラベルパスの特徴のまとめ

- ラベルの値は個々のルータの中では唯一であるが、ホップバイホップに値は変わっていく(ATM/FRと同様の考え方)
- ラベルパスは一度決定されると、その後は変更がない限り変わらない。
- ラベルパスは一方方向(両方向のパスを作るために2本のパスが必要)
- エッジでラベルパスに送られたパケットは、基本的には、ラベルのみをみて対向のエッジまで送られる。(FECに対応したLSPIに従って転送される、Stackされてる場合は先頭のラベルのみを見る。)

MPLSシグナリング基礎

MPLSラベルパス決定プロトコル

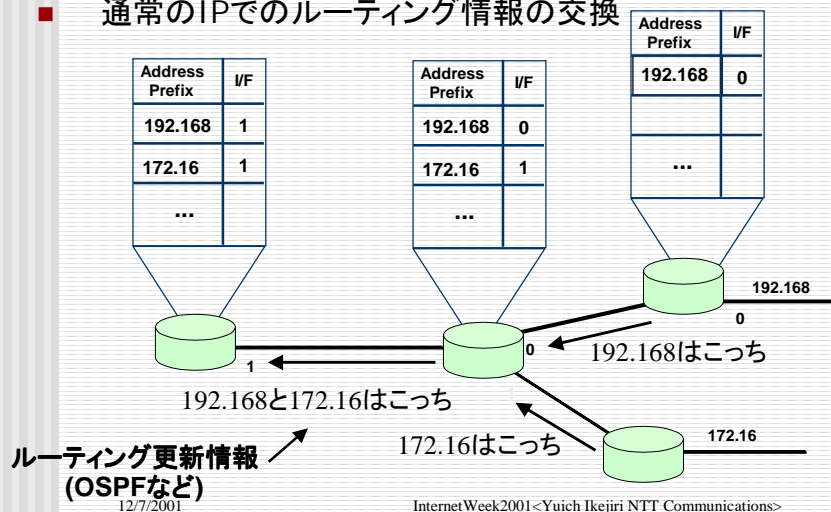
- IngressLSRからEgressLSRまでEnd-to-Endのラベルパスを決定する。
- よく使われるのは、トラフィックフローの下流(宛先)からラベルを順次決定していく方法(DownStream型)
- LDP(DownStream Unsolicited mode)より
 1. FEC(IPアドレス)に対応するラベルを自分で決める(ローカルバインディング, Incomingラベルの決定)
 2. FECとネクストホップのマッピング(IGP)
 3. ネクストホップからのそのFECに対応したラベル情報を受け取りとる(リモートバインディング, Outgoingラベルの決定)

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSラベルパス決定プロトコル

- 通常のIPでのルーティング情報の交換

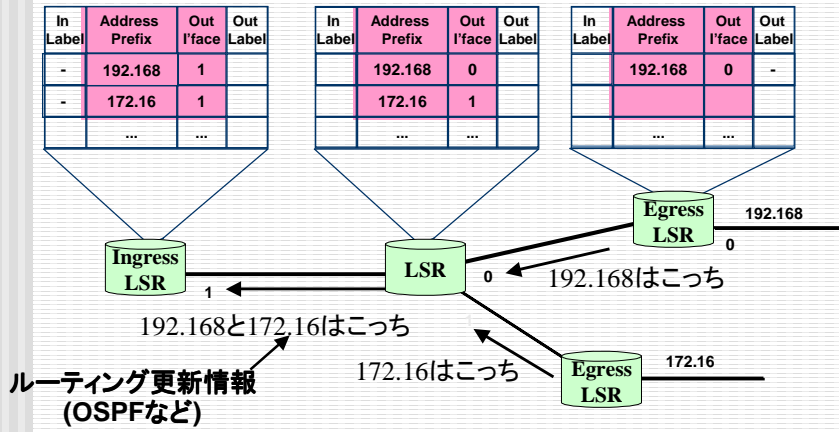


12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSラベルパス決定プロトコル

- まずはOSPF等のIGPで経路情報を交換

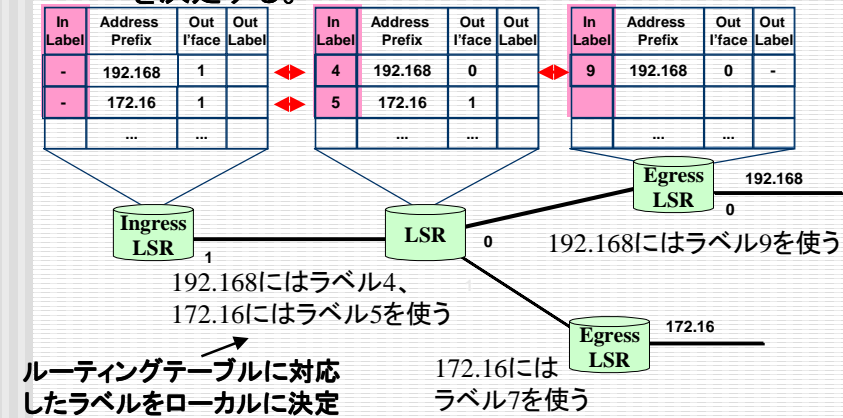


12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSラベルパス決定プロトコル

- 自分自身が各々のFEC (IP経路情報) に使用するラベルを決定する。

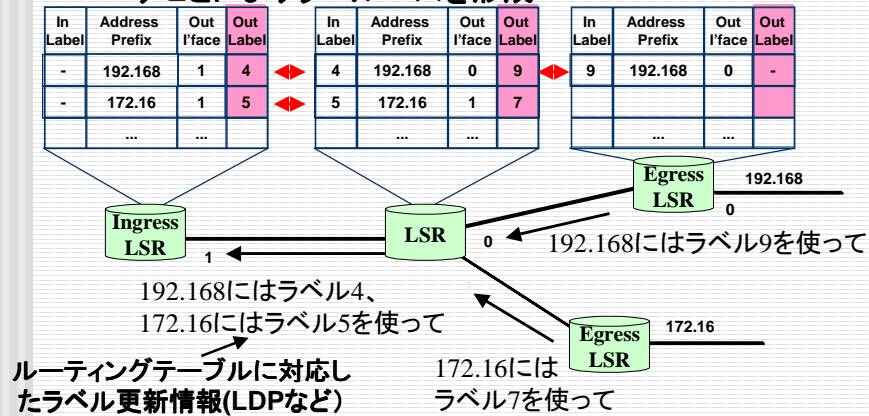


12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSラベルパス決定プロトコル

- エッジにて使用ラベルを決定し隣に教える。これを繰り返すことによりラベルパスを形成



12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSラベルパス決定プロトコル

- 原則FECと該当するラベル情報のみを交換する方法(Prefixベース)
 - LDP(Label Distribution Protocol)
 - TDP(Tag Distribution Protocol)
 - BGP
- IP経路情報等にラベルを割り当てる。
- LDPはIGPとあわせる形でLSP確立によく使われる。
- BGPはIP-VPNなどで使われる。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

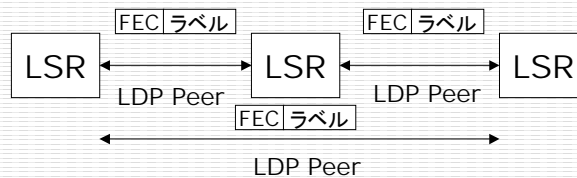
MPLSラベルパス決定プロトコル

- 明示的にEnd-to-EndのLSPは張る方法(Tunnelベース)
 - RSVP Extension
 - CR(Constraint Based Routing)-LDP
- トラフィックフローごとのラベルの割り当てや明示的経路指定、QoSパラメータを用いたラベルパスの確立(Traffic Engineering)
- OSPF、IS-ISの拡張とあわせて使用される。

代表的なプロトコル:LDP概要

LDPとは

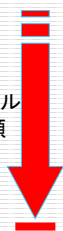
- Label配布専用のプロトコル
- LDP Peerを通じてFECに対応したラベル情報を交換
- 隣接ルータ間もしくは離れた2点間のLSR同士でラベル情報を交換



12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

LDPメッセージの種類

LDPラベル
交換手順

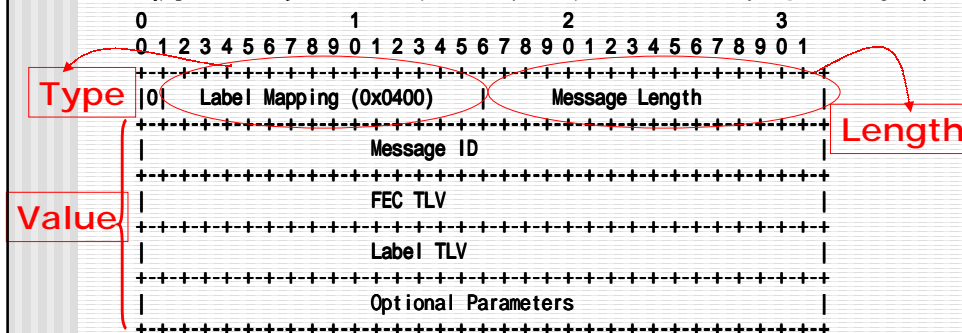
- Discoveryメッセージ(UDP)
 - LSRの存在を示すためのメッセージ
- Sessionメッセージ(TCP)
 - LDP Peerを確立・維持するためのメッセージ
- Advertisementメッセージ(TCP)
 - Peer確立後、ラベル情報を交換するためのメッセージ
- Notificationメッセージ(TCP)
 - エラー通知などを行うためのメッセージ
- Discoveryメッセージ以外は、メッセージの到達順番などを保証するためにTCPが使われる。
- TCP/UDPポート番号は646

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

LDPメッセージフォーマット例

- すべてのメッセージは共通のTLV(Type, Length, Value)という形式をもつ。
- 例としてラベルマッピングメッセージは以下のとおり



12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

LDP関連のラベル配布制御

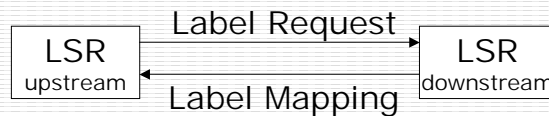
- ラベル配布に関連した3つのモード
- Label Advertisement Mode(MPLS共通)
 - ラベルマッピングに要求に関するモード
 - Downstream-on-demand or Downstream Unsolicited
- Label Distribution Control Mode(LDP)
 - LSPセットアップの契機に関するモード
 - Independent or Ordered
- Label Retention Mode(LDP)
 - フォワーディングテーブルとして使用しないラベル情報の扱いに関するモード
 - Conservative or Liberal
- 各々2つずつ選択肢があり、どちらかをLSRとして動作時に選択する。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

Label Advertisement Mode

■ Downstream-on-Demand(DoD)



※ラベル要求を受けてからFECに対応したラベルを配布
 ※必要な分だけラベル情報が配布される。

■ Downstream Unsolicited(DU)



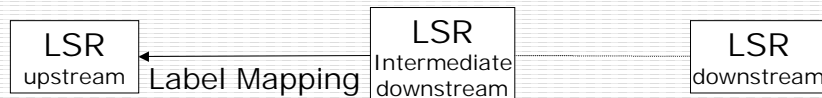
※ラベル要求がなくてもFECに対応したラベルを配布
 ※LSPの収束が早い。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

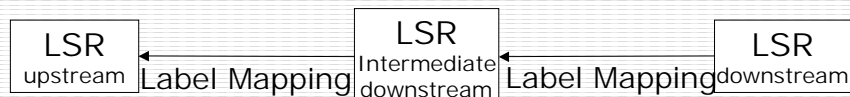
Label Distribution Control Mode

■ Independent Label Distribution Control



※自分より下部のLSRから同じFECに対してlabel Mapping情報が
 きているか否かに関わらずLabel Mappingをupstream側に返す。
 ※LSPの収束が早い。

■ Ordered Label Distribution Control

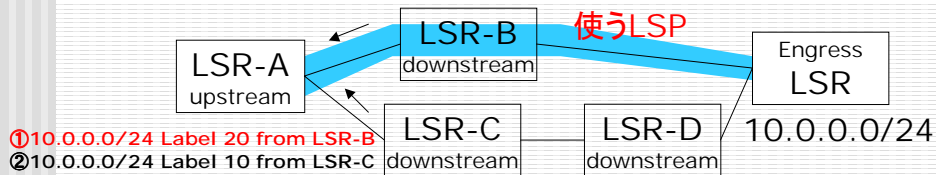


※自分より下部のLSRからLabel Mapping情報がきている
 FECに対してのみ上部に対してlabel Mapping情報を流す。
 ※確実にLSPを張ることができる。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

Label Retention Mode



■ Conservative Label Retention Mode

- ※最終的にフォワーディングに使うラベル情報のみ保持するモード
- ※LSR-Aの例では①のラベル情報のみ保持し②は廃棄する。
- ※リソースの節約が可能。

■ Liberal Label Retention Mode

- ※受け取ったすべてのラベル情報を保持するモード
- ※LSR-Aの例では①②を両方保持し通常は①のみ使用するがLSR-Bに何らかの障害が発生したときに直ちに②のラベル情報を使用する。
- ※障害復旧性が良い。

12/7/2001

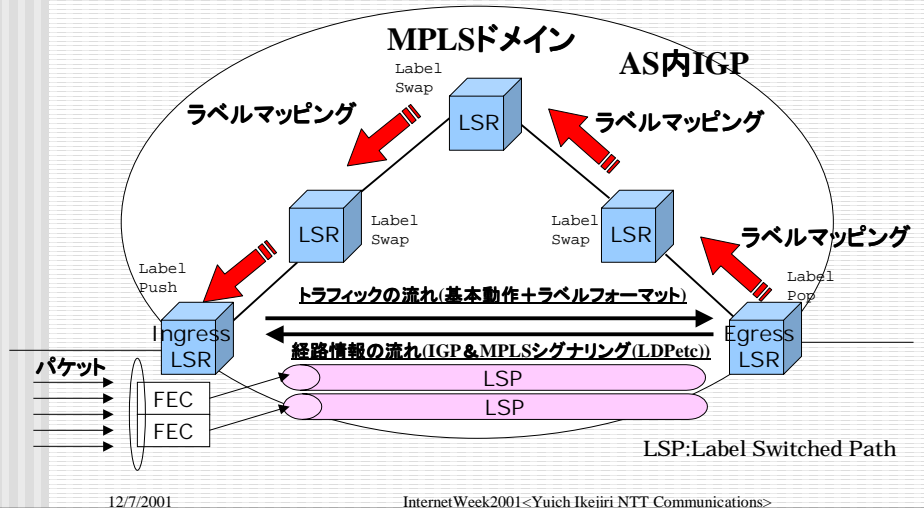
InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLS基礎のまとめと応用へ

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLS基本概念まとめ

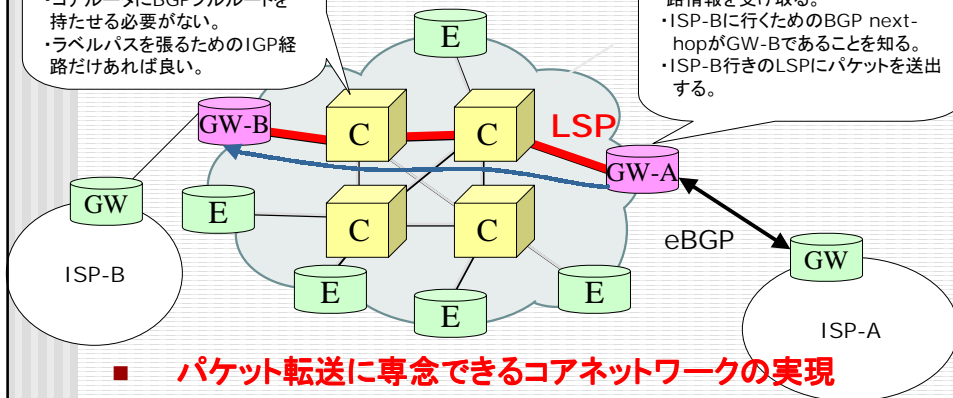


IPネットワークのMPLSの利点

- **固定長のラベルカプセルリング使用による利点**
 - 高速な転送処理の実現(当初の目標)
 - 様々な粒度 (granularity) のパケットに各々ラベルを付与し (FECに分類)、一つのフォワーディングスキームで処理可能
 - (例: Dst: 192.168.0.1, Src: 10.0.0.1, Dst Port = 20, Src Port 1024 → ラベル11)
 - Dst: 192.168.10.0/24 → ラベル12)
 - ISPにおけるBGP/IGP経路情報処理の分離のフォワーディング処理の分離(後述)

MPLSを使ったISPにおけるBGP/IGP経路 情報処理の分離例

- GW-B行きを示すラベルのみを参照するため外部経路情報までは知らない。
- コアルータにBGPフルルートを持たせる必要がない。
- ラベルパスを張るためのIGP経路だけあれば良い。



- BGP経路情報よりISP-Bの経路情報を受け取る。
- ISP-Bに行くためのBGP next-hopがGW-Bであることを知る。
- ISP-B行きLSPにパケットを送出する。

- **パケット転送に専念できるコアネットワークの実現**

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

IPネットワークのMPLSの利点

■ 固定長のラベルカプセルリングの利点(Cont.)

■ IP-VPNの実現

- カプセルリング化により同じIPアドレスでもまざらない
- ラベルによりVPNを識別し、ATM/FRと同等レベルのセキュリティの実現

■ IP以外のプロトコルのIPネットワーク上でのフォワーディング(IPX, Layer2 Frame etc)

- IPネットワーク事業者がフレームリレーサービスなどの提供もできる。

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

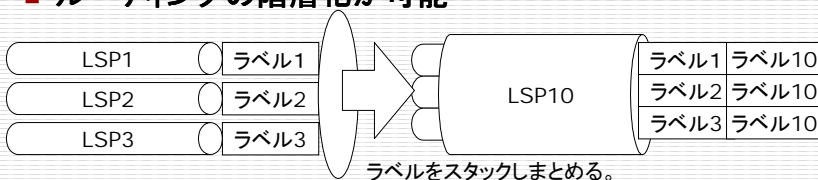
IPネットワークのMPLSの利点

- **ラベルパスの形成による利点**
 - コネクションの概念をIPネットワーク上に持ち込むことができる。
 - **Constraint-Basedルーティングの実現 (Traffic Engineering)**
 - 明示的経路の指定 (Explicit Routing)
 - セカンダリパスをあらかじめ用意しておくことによる障害発生時の高速迂回 (Fast Reroute)
 - LSPごとのQoSの実現

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

IPネットワークのMPLSの利点

- **ラベルのスタッキングによる利点**
 - ルーティングの階層化が可能
- 
- ラベルをスタックしまとめる。
- **拡張性の高いIP-VPNの実現**
 - スタッキングを利用することによるLSPの節約の実現

12/7/2001

InternetWeek2001<Yuich Ikeiri NTT Communications>

MPLSと応用技術

- 最近特に注目されているMPLS応用技術の最新動向
 - Traffic Engineering
 - IP-VPN(BGP/MPLS-VPN)
 - MPLSの運用技術
 - MPLSの最新動向