

MPLS～基礎、実現するサービス、そして最新動向～

2002年12月18日 9:30-12:30

日本テレコム(株)

松嶋 聡<satoru@ft.solteria.net>

NTTコミュニケーションズ(株)

池尻雄一<y.ikejiri@ntt.com>

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri @ NTT Communications

発表内容

- | | | |
|------------------------|-----|----|
| (1)MPLS基礎 | 40分 | 池尻 |
| (2)MPLSで何が出来るか。 | | |
| ◆Traffic Engineering技術 | 50分 | 松嶋 |
| ◆IP-VPN技術 | 50分 | 池尻 |
| (3)MPLS運用 | 30分 | 松嶋 |
| (4)MPLS最新動向(Next-MPLS) | 10分 | 池尻 |

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSの基礎

Internet Week 2002

NTTコミュニケーションズ(株)

池尻雄一 <y.ikejiri@ntt.com>

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri @ NTT Communications

MPLSの基礎 Agenda

- ◆ MPLSとは、
- ◆ MPLS動作概要
- ◆ MPLSラベルパス決定プロトコル
- ◆ MPLSの利点

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSとは

◆ MPLS: Multi Protocol Label Switching

- IPネットワーク上で、ラベルという概念を用いて、パケットを転送する技術
- IPネットワークにパスの概念をもたらし、様々なレイヤ、サービスの統合トランスポートネットワークに変貌させる技術の一つとして注目
 - ◆ Traffic Engineering, L3/L2VPN、MPLS-IX、IPv6、マルチキャスト
 - ◆ Voice、他アプリケーション etc
- MPLSを使うことで、ラベル転送という一つのフォワーディングスキームですべてを同じに扱うことができる。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSとは

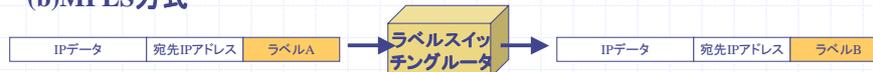
◆ MPLSになると。。

(a) 既存IPルーティング方式



※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)

(b) MPLS方式



※ラベルに基づきラベルスイッチングルータが、方路選択(ラベルスイッチング)

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
:	:	:	:
:	:	:	:

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSの特徴

- ◆ 32ビット固定長のラベルカプセリング
 - フォワーディング時はラベルのみ参照する。
 - ラベルヘッダカプセリングすることにより、IPv4/IPv6パケット、レイヤ2フレーム等あらゆるプロトコルの情報をIPネットワーク上でラベルフォワーディングという統一スキームで扱うことを可能にする。
- ◆ ラベルパスの形成
 - IPネットワーク上にメディアに依存しないパスの概念をもたらし、柔軟な経路制御を可能にする。
- ◆ ラベルのスタッキング
 - ラベルを複数つけてスタッキングすることにより、IPネットワークの階層化を可能にする。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSの歴史と発展

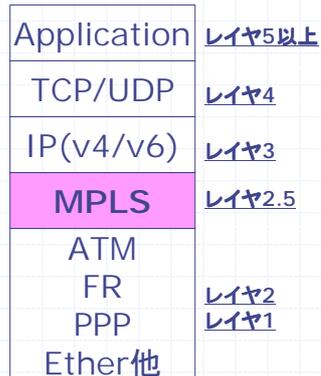
- ◆ ATMからの発展
 - VC/VPの概念とIPルーティングの融合
 - IP Switching, CSR (Cell Switching Router), Tag Switching etc
- ◆ MPLSの誕生と成長
 - IPネットワーク上でのマルチプロトコル転送技術としての成長
 - ◆ 当初は、IPパケットのカプセリング転送技術
 - ◆ 徐々にレイヤ2フレームなどの転送にも応用
- ◆ GMPLS (Generalized MPLS) への発展
 - 光パスなど、IPネットワーク上だけではない、一般化したラベルパス概念の導入

December 18, 2002

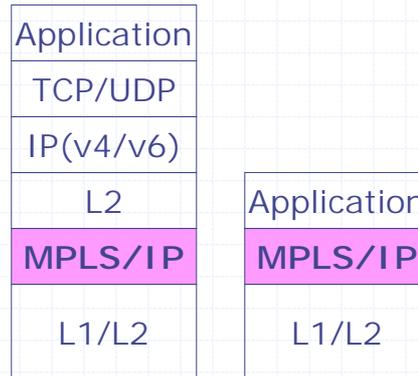
Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSレイヤ位置付け

- Layer2、Layer3双方からマルチプロトコル



- 様々なレイヤ間のサブレイヤとして発展



December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLS動作概要

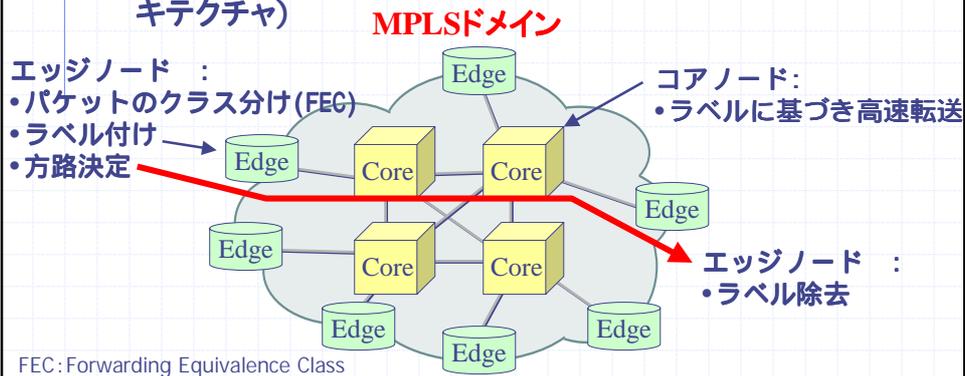
※基本となるIPv4の例を中心に説明します。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri @ NTT Communications

MPLSアーキテクチャ

- ◆ 一つの管理ドメインに所属し、MPLSが動作する機器で構成されるネットワークをMPLSドメインと呼ぶ(MPLSアーキテクチャ)



December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLS 用語説明

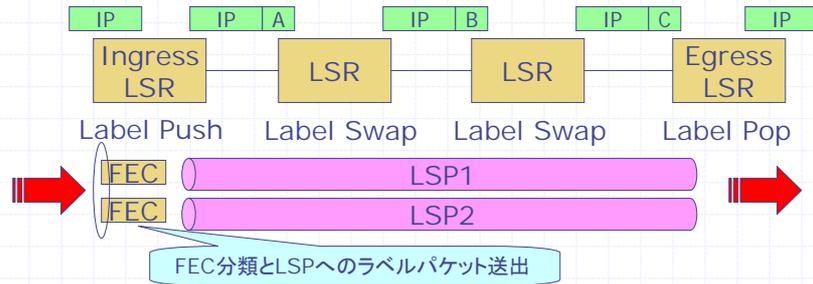
- ◆ **LSR(Label Switching Router)** : MPLSドメイン内にありMPLSを解釈できるLayer3装置
 - **Ingress LSR** : MPLSドメイン入り口のエッジLSR
 - **Egress LSR** : MPLSドメイン出口のエッジLSR
- ◆ **FEC(Forwarding Equivalence Class)** : 同じ経路、同じ扱いで転送されるIPパケットの集合
 - FEC 1 : 宛先IPアドレス
 - FEC 2 : 宛先IPアドレス + ある特定のTCPポート番号
- ◆ **LSP(Label Switched Path)** : FECに対応して形成されるMPLSラベルパス

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLS ラベル処理

- ◆ **Label Push** : ラベルの付与
- ◆ **Label Swap** : ラベルの付け替え
- ◆ **Label Pop** : ラベル除去

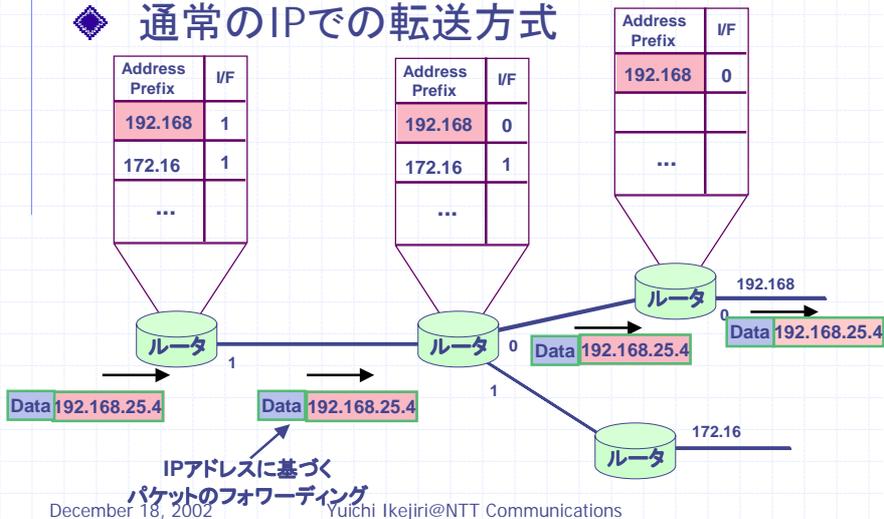


December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSフォワーディング

- ◆ 通常のIPでの転送方式

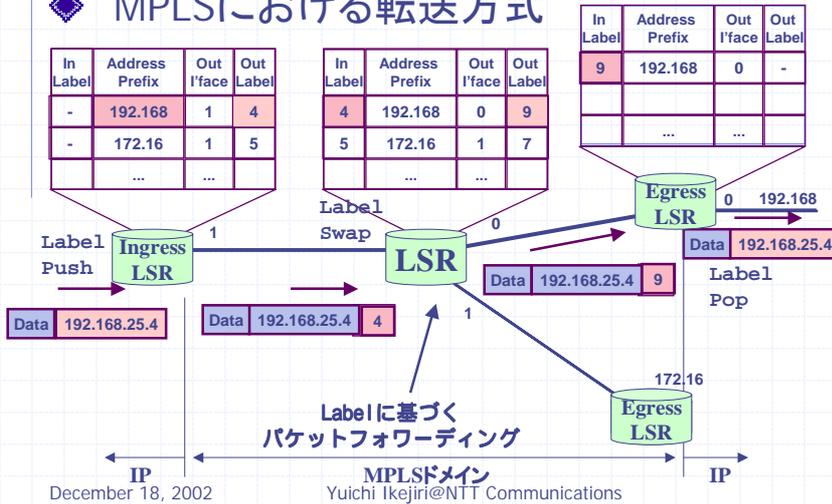


December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSフォワーディング

◆ MPLSにおける転送方式

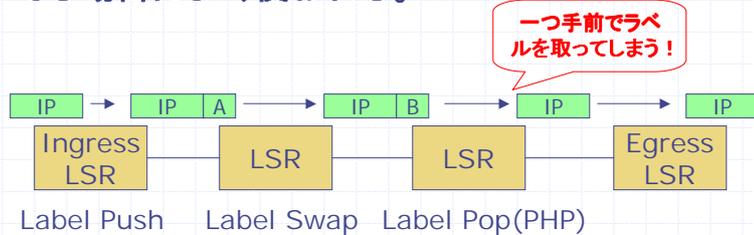


December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLS ラベル処理(PHP)

- ◆ **PHP(Penultimate Hop Popping)**
- ◆ Egressの一つ手前のルータでラベルを除去。
- ◆ Egressでラベルが必要なかったり、ラベルをStackしている場合によく使われる。

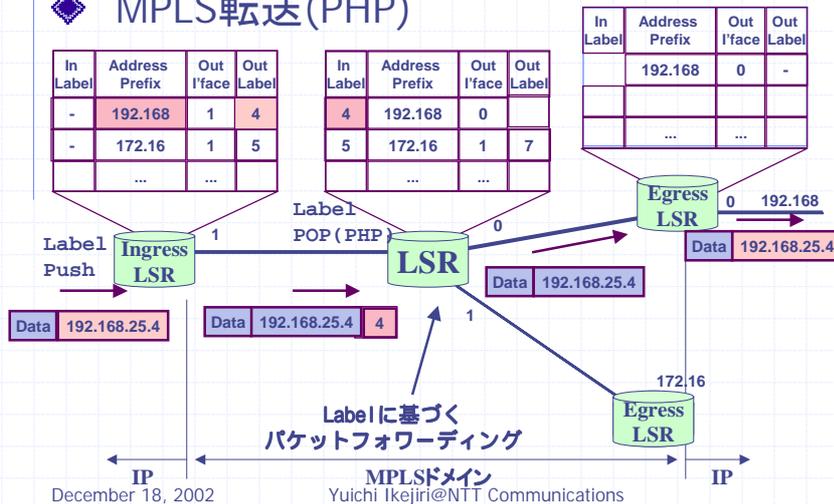


December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSフォワーディング(PHP)

◆ MPLS転送(PHP)



MPLSフォワーディングまとめ

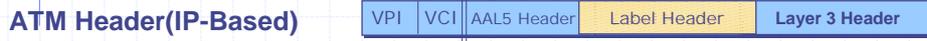
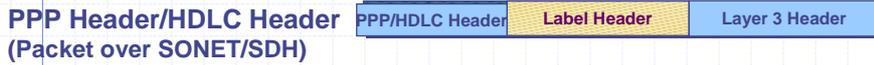
- ◆ ラベルの値は個々のLSR内でユニークに決定
- ◆ LSRホップバイホップに値は変わっていく(ATM/FRと同様の考え方)
- ◆ ラベルパスは一方方向(両方向のパスを作るために2本のパスが必要)
- ◆ トラフィックが来る前にあらかじめラベルパスを形成する(トポロジードリブン)
- ◆ ラベルパケットは、ラベルのみをみて対向のエッジまで転送される(Stackされてる場合は先頭のラベルのみを見る)。
- ◆ Egressの一つ手前でラベルを取るPHP

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSラベルフォーマット

◆Shimヘッダ



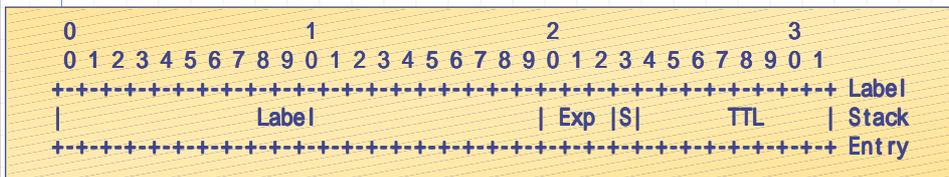
- レイヤ2ヘッダとレイヤ3ヘッダの間に挿入
- 2つ以上のラベルを挿入することも可能

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSのラベルフォーマット

◆Shimヘッダ



Label = 20 bits

EXP= Experimental Use 3 bits

(CoS = Class of Serviceとしての使用)

S = Bottom of Stack, 1 bit

(ラベルを複数つけた際の最後のラベルを識別する)

TTL = Time to Live, 8 bits

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

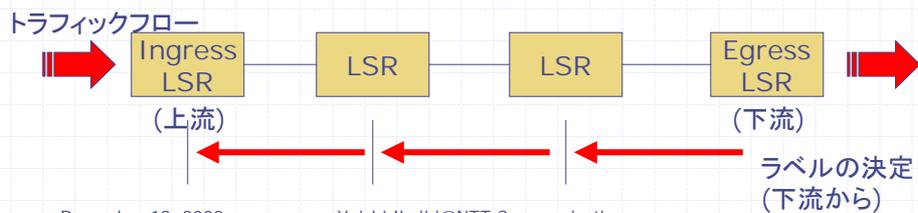
MPLSラベルパス決定プロトコル

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri @ NTT Communications

MPLSラベルパス決定プロトコル

- ◆ IngressLSRからEgressLSRまでのラベルパスを決定するためのプロトコル
- ◆ ラベルパスの形成には、IPプロトコルを必要とする。
(MPLSは、IPネットワーク上で実現される)
- ◆ 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)



4つの主なプロトコル

◆ FECとそれに付加するラベル情報をPoint-to-Pointで交換する方法

- LDP (Label Distribution Protocol)
- BGP-Extension

※ 主にL3/L2VPN等に使われる

※ IGP (OSPF/ISIS等)が動いている前提

◆ 明示的にEnd-to-EndのLSPは張る方法

- RSVP-Extension
- CR (Constraint Based Routing)-LDP

※ 主に経路制御、QoS制御などTraffic Engineeringが必要な場合に使われる

※ OSPF/ISISの拡張とあわせて使われる

December 18, 2002

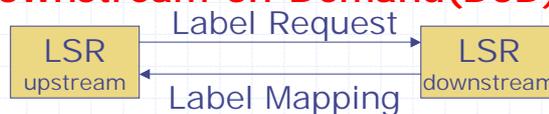
Yuichi Ikejiri@NTT Communications

各方式に共通する

Label Advertisement Mode

◆ 2つの主な考え方

◆ 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。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

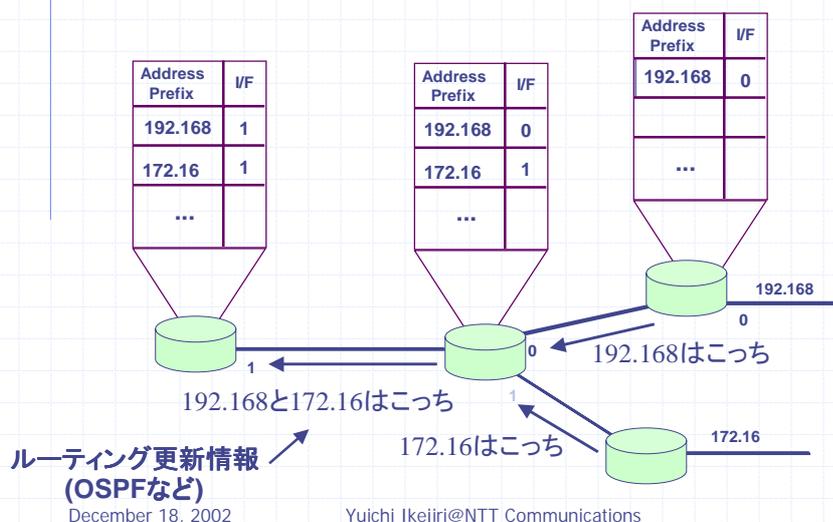
ラベルパス決定の例

- ◆ では、簡単な例としてDownStream Unsolicited(DU)モードでのLDPを使ったラベルパス決定の様子を見てみましょう。

December 18, 2002

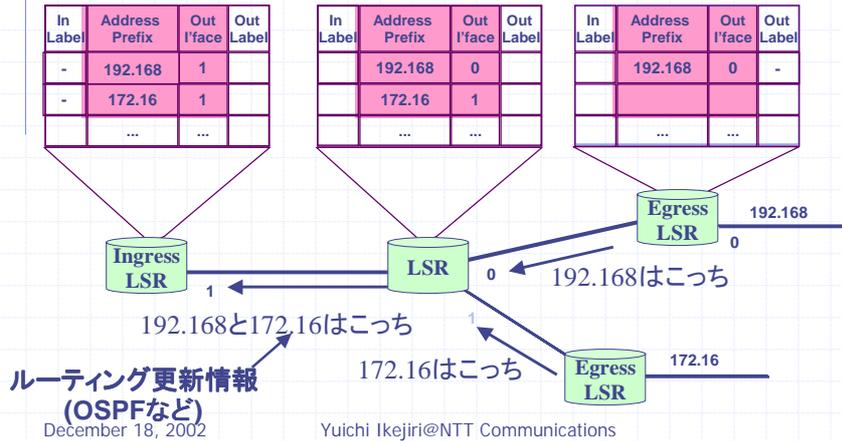
Yuichi Ikejiri@NTT Communications

通常のIPでのルーティング決定



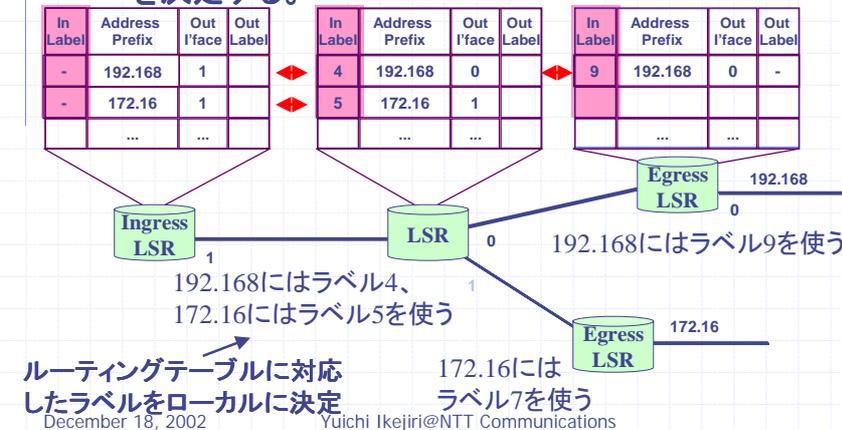
LDPでのラベルパス決定

◆ まずはOSPF等のIGPで経路情報を交換



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。



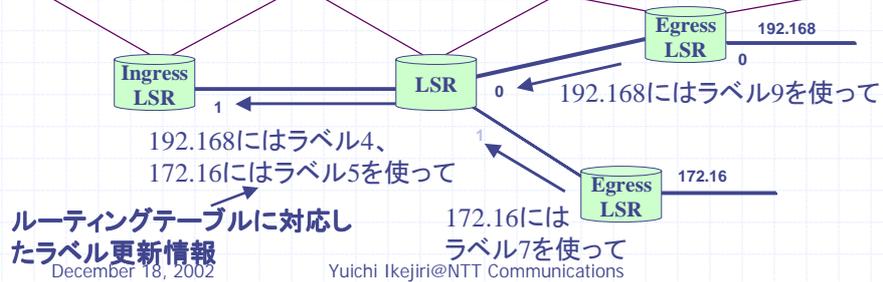
MPLSラベルパス決定プロトコル

◆ 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

In Label	Address Prefix	Out l'face	Out Label
-	192.168	1	4
-	172.16	1	5
...

In Label	Address Prefix	Out l'face	Out Label
4	192.168	0	9
5	172.16	1	7
...

In Label	Address Prefix	Out l'face	Out Label
9	192.168	0	-
...



MPLSがIPネットワークにもたらす利点
今、何が出来るか。。

MPLSの特徴(再掲)

- ◆ 32ビット固定長のラベルカプセリング
 - フォワーディング時はラベルのみ参照する。
 - IPv4/IPv6パケット、レイヤ2フレーム等あらゆるプロトコルの情報をIPネットワーク上でラベルフォワーディングという統一スキームで扱うことを可能にする。
- ◆ ラベルパスの形成
 - IPネットワーク上にメディアに依存しないパスの概念をもたらし、柔軟な経路制御を可能にする。
- ◆ ラベルのスタッキング
 - ラベルを複数つけてスタッキングすることにより、IPネットワークの階層化を可能にする。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

固定長のラベルカプセリングの利点

- ◆ L3VPNの実現
 - カプセ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
- ◆ L2VPN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 (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。
- ◆ MPLS-IXの実現
 - ユーザに直接ラベルパスを提供し、BGP PeerをIPネットワーク上で終端せずに、Transparentに運ぶ。
 - メディアに依存しない広域IXの実現

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

固定長のラベルカプセリングの利点 (Cont.)

- ◆ 様々な粒度 (granularity) のパケット及びプロトコル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実現



Label=100	Dst:192.168.10.0/24	IPv4
Label=101	Dst:192.168.0.1, Dst Port=20	IPv4
Label=102	VP=1, VC=1	ATMセル
Label=103	00-00-00-00-00-01	Etherフレーム
Label=104	Dst: FEC8::801	IPv6

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSの特徴 (再掲)

- ◆ 32ビット固定長のラベルカプセリング
 - フォワーディング時はラベルのみ参照する。
 - IPv4/IPv6パケット、レイヤ2フレーム等あらゆるプロトコルの情報をIPネットワーク上でラベルフォワーディングという統一スキームで扱うことを可能にする。
- ◆ ラベルパスの形成
 - IPネットワーク上にメディアに依存しないパスの概念をもたらし、柔軟な経路制御を可能にする。
- ◆ ラベルのスタッキング
 - ラベルを複数つけてスタッキングすることにより、IPネットワークの階層化を可能にする。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

ラベルパスの形成による利点

- ◆ 経路制御においてパスの概念を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)
 - バックアップ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)
 - 帯域などを指定したパスを張ることにより、LSPごとのQoSの実現

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSの特徴(再掲)

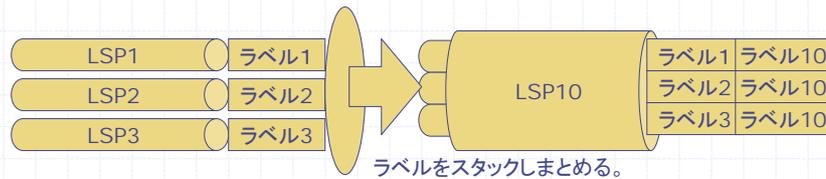
- ◆ 32ビット固定長のラベルカプセルリング
 - フォワーディング時はラベルのみ参照する。
 - IPv4/IPv6パケット、レイヤ2フレーム等あらゆるプロトコルの情報をIPネットワーク上でラベルフォワーディングという統一スキームで扱うことを可能にする。
- ◆ ラベルパスの形成
 - IPネットワーク上にメディアに依存しないパスの概念をもたらし、柔軟な経路制御を可能にする。
- ◆ ラベルのスタッキング
 - ラベルを複数つけてスタッキングすることにより、IPネットワークの階層化を可能にする。

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

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



◆ 拡張性の高いIP-VPN(L2/L3VPN)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

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSの基礎 まとめ

- ◆ MPLSとは、
 - MPLS特徴、マルチプロトコル。
- ◆ MPLS動作概要
 - MPLSアーキテクチャ
 - MPLSラベル
- ◆ MPLSラベルパス決定プロトコル
 - IP上での複数のプロトコル
 - LDPの代表説明
- ◆ MPLSの応用例
 - MPLSがIPネットワークにもたらす利点

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications

MPLSで実現できるものと最新動向

◆ 以下について、より詳しく説明します。

- Traffic Engineering
- IP-VPN(BGP/MPLS-VPN)
- MPLSの運用技術
- MPLSの最新動向

December 18, 2002

Yuichi Ikejiri@NTT Communications