

MPLS の位置付け

この資料では、Multi-Protocol Label Switching (MPLS; マルチプロトコル ラベル スイッチング) テクノロジーの各コンポーネントの機能について説明すると共に、MPLS がサービス プロバイダーのネットワーク環境にもたらす利点を示します。

MPLS は当初、サービス プロバイダーのお客様向けに開発されましたが、このテクノロジーに関心を寄せる企業も増えつつあります。下記の点において、サービス プロバイダー ネットワークに類似したネットワークを運営している大企業のお客様も、この資料をご利用いただけます。

- ネットワークの規模
- 社内の各部門への「インターナル サービス」の提供

MPLS は IP テクノロジーを補完する技術であり、IP ルーティングのインテリジェンスと、Asynchronous Transfer Mode (ATM; 非同期転送モード) のスイッチングパラダイムを活用する設計になっています。MPLS は、コントロールプレーンおよびフォワーディングプレーンで構成されています。コントロールプレーンは、いわゆる「転送テーブル」を構築し、フォワーディングプレーンは、(転送テーブルに基づいて) パケットを適切なインターフェイスに転送します。

MPLS は、ラベルを使用して IP パケットをカプセル化するという、効率的な設計がなされています。転送テーブルには、あらゆるネットワーク プレフィクスに対応する発信インターフェイスの決定に関与するラベル値がリストされています。Cisco IOS ソフトウェアでは、ラベルを配布するための 2 つのシグナリング メカニズム (Label Distribution Protocol [LDP] および Resource Reservation Protocol/Traffic Engineering [RSVP / TE]) がサポートされています。

MPLS の主なコンポーネントは、次のとおりです。

1. *MPLS Virtual Private Network (VPN; 仮想私設網)* レイヤ 3 およびレイヤ 2 接続のために MPLS 対応の IP ネットワークを提供します。主なコンポーネントは次の 2 つです。
 1. レイヤ 3 VPN BGP をベースとします。
 2. レイヤ 2 VPN Any Transport over MPLS (AToM) をベースとします。
2. *MPLS Traffic Engineering (TE)* ネットワーク帯域幅の効率的な利用や耐障害時の高速復旧メカニズムなどを提供します。
3. *MPLS Quality of Service (QoS; サービス品質)* 既存の IP QoS メカニズムを基盤とし、QoS アトリビュート (すなわち MPLS EXP) に基づいて特定のトラフィックを優先的に扱います。

MPLS VPN

L3/IP-VPN サービス

BGP/MPLS VPN (rfc 2547 bis) VPN は、最も普及している MPLS テクノロジーです。これらの VPN は、Virtual Routing インスタンスを使用して加入者別のルーティングテーブルを作成し、BGP を使用して対応する Provider Edge (PE) ルータごとのピアリング関係の設定および VPN 関連ラベルのシグナリングを行います。その結果、



コア (P) ルータに VPN に関する情報を持たせる必要がないので、高度にスケーラブルな実装が可能になります。BGP VPN は、加入者がレイヤ 3 接続を希望し、ルーティング オーバーヘッドをサービス プロバイダーに負担させること希望している場合に役立ちます。この場合、VPN の両端でさまざまなレイヤ 2 インターフェイスを使用することができます。たとえば、同一の VPN に属するサイトのうち、サイト A はイーサネット インターフェイスを使用し、サイト B は ATM インターフェイスを使用するといったことが可能になります。

ルータ フィルタリング機能を備えた複数のトポロジー (ハブ & スポーク、フル メッシュなど) を、比較的簡単に実装できます。

- **ハブ & スポーク** 中央サイトはリモートサイトからのすべてのルートを「学習」し、リモートサイトは中央サイトからのルートだけを「学習」するように設定します。
- **フル メッシュトポロジー** すべてのサイトが他のすべてのサイトからのルートを「学習」またはインポートする能力を備えています。

レイヤ 3 VPN は、700 台もの PE ルータがあるネットワークで実展開されています。サービス プロバイダーは現在、それぞれ 1000 個ものサイトを含む最大 500 個の VPN を提供しています。加入者アクセス リンク (すなわち CE から PE へのリンク) 上では、非常に多様なルーティング プロトコルを使用できます。具体的には、スタティック ルート、BGP、RIP、Open Shortest Path First (OSPF) などです。大部分の VPN ではスタティック ルートと、BGP ルーティングが使用されています。

レイヤ 3 VPN は、Inter-AS、Carrier Supporting Carrier (CSC) など、高度な機能を提供します。これらの機能によって階層化された VPN が提供され、サービス プロバイダーは複数の管理ネットワーク間の接続を提供することができます。現在、これらの機能の初期導入が広く行われつつあります。

レイヤ 2 VPN

レイヤ 2 VPN は、サービス プロバイダーが MPLS 対応の IP バックボーン上でレイヤ 2 回線を提供できる機能をベースとしています。レイヤ 2 VPN の 3 つの主要コンポーネントを理解しておくことが重要です。

1. *Layer 2 Transport over MPLS* レイヤ 2 回線は、MPLS 対応の IP バックボーン (別名 AToM) 上でトランスペアレントに伝送されます。
2. *Virtual Private Wire Services* L2 トランスポート技術である AToM にシグナリングを加え、CE デバイスの自動検出などを構成要素として追加。
3. *Virtual Private LAN Services* PE ルータで Virtual Switch Instance (VSI) を追加して、MPLS 対応の IP バックボーン上で LAN ベース サービスを提供。

広く使用されているレイヤ 2 回線としては、イーサネット、ATM、フレームリレー、PPP、および HDLC があります。AToM およびレイヤ 3 VPN は同じ概念に基づいていますが、AToM は directed LDP セッションを使用して VC ラベル (BGP VPN ラベルと類似) を配布します。したがってコア ルータには加入者単位での知識が必要ないので、非常にスケーラブルなアーキテクチャが実現されます。

AToM が登場するまでは、サービス プロバイダーはレイヤ 2 接続を提供するためのネットワークを個別に構築する必要がありました。たとえば、ATM ネットワークとフレームリレー ネットワークをそれぞれ構築しなければならず、運用コストと資本支出が高くてついでにありました。MPLS 上のレイヤ 2 VPN によって、サービス プロバイダーは異なるネットワークを組み合わせることができるようになり、運用コストおよび資本支出を大幅に節約できるようになりました。

レイヤ 2 VPN およびレイヤ 3 VPN は単一のボックスで設定することができ、収益性の拡大に大きく貢献します。

レイヤ 2 VPN およびレイヤ 3 VPN は、性質上、相互に補完しあう関係にあります。



MPLS トラフィック エンジニアリング

MPLS TE は当初、サービス プロバイダーが代替パス（すなわち、最短パス以外のパス）を使用することによって、帯域幅をより効率よく利用するためのテクノロジーとみなされていました。このテクノロジーの進化に伴い、Fast ReRoute（高速迂回）および「Tight QoS（タイト：厳しい）」による接続の保護など、さまざまな利点が提供されるようになりました。「Tight QoS」は、MPLS TE を QoS メカニズムと併用することによって実現されます。

MPLS TE は、IGP、IS-IS、および OSPF を使用して、ネットワークに帯域情報をフラッディングさせます。さらに MPLS TE は、RSVP の拡張機能を使用して（パス計算または運用者により設定された明示経路に基づきパスを設定します）。これらの拡張機能は、RFC 3209 に定義されています。

MPLS TE を展開するサービス プロバイダーは一般に、TE トンネルをフルメッシュで使用する傾向があります。この場合、物理トポロジーがフルメッシュでなくても論理メッシュが作成されます。このような環境では、サービス プロバイダーはネットワーク帯域幅に 40 ~ 50% の余裕が生じることに注目しています。この余裕はネットワークが最適な状態で使用されていることの現れであり、資本支出の削減につながります。

MPLS TE は、Fast ReRoute（FRR）機能を使用して接続性をプロテクトします。FRR では、あらかじめプロビジョニングされたバックアップ トンネルの使用によってプライマリ トンネルがプロテクトされます。障害が発生すると、約 50 ミリ秒でプライマリ トンネルがバックアップ トンネルに切り替えられます。FRR は、SONET または SDH の保護機能（インターフェイス レベルで行われる）とは異なり、レイヤ 3 のプロテクションに依存しています。したがって復旧時間は、トンネル数およびスイッチ オーバーされるプレフィクス数によって左右されます。FRR を最適に設計するには、このことを考慮する必要があります。

シスコが実装する FRR に関する内部テストでは、50 ミリ秒以内のパフォーマンスが実証されました。ただし、構成によっては、復旧時間がさらに長くなる場合があります。FRR を使用して、リンク、ノード、および LSP パス全体を保護することができます。パスをプロテクトする場合は障害通知がヘッドエンドまで伝送されることになるので、復旧はかなり遅くなることがあります。ほとんどのサービス プロバイダーがローカル障害について懸念しており、リンク障害がノード障害よりも発生しやすいことを実感しています。

DiffServ Aware トラフィック エンジニアリングは、異なるトラフィック クラスを対象に TE を実行するメカニズムを表します。サービス プロバイダーは、音声トラフィック用の「サブプール」を利用する一連の TE トンネルを使用し、これらのトンネルに明示的なパス（最短パスが最短の遅延を達成する）を確実に使用させることができます。遅延による影響を受けにくい音声以外のトラフィックについては、「グローバルプール」を利用する別の TE トンネルを準備します。

MPLS TE は、コントロールプレーンの機能であることを理解しておくことが重要です。仮想専用線（VLL）ソリューションを定義するとき、帯域幅の保証に応じて、適切な QoS メカニズム（キューイングまたはポリシング）を設定する必要があります。セントラル オフィスだけでなく PBX を接続する音声トランクとして、VLL サービスの提供を開始しているサービス プロバイダーがあります。

MPLS サービス品質

MPLS QoS は、既存の IP QoS DiffServ メカニズムを活用し、これらの機能が MPLS パスに作用できるようにします。MPLS EXP ビットの設定およびマッチング機能など、ある種の拡張機能が追加されていますが、QoS メカニズムの基本的な動作は同じです。

MPLS は基本的にトンネリング技法であるため、サービス プロバイダーの QoS ポリシーを通じて加入者の QoS を「トンネリング」することにより、QoS メカニズムをフレキシブルに展開することができます。

MPLS VPN における QoS サービスの提供は、多くのサービス プロバイダーにとって大変魅力的で価値ある提案ですが、どの程度までの QoS を展開するかについては、個々のケースによって異なります。2 つのサービス クラス（音声および非音声）を使用するだけの場合もあれば、次のように 5 つのクラスを使用する場合があります。

- ベスト エファート式のデータ
- インタラクティブデータ（例 .Telnet）
- ミッションクリティカルなデータ（SAP、PeopleSoft などの ERP アプリケーション）
- ビデオ
- 音声

DiffServ アーキテクチャでは、64 種類ものトラフィック クラスが定義されていますが、実際のビジネスでこのようなサービスの全項目が使用される見込みはほとんどありません。社長用の

QoS か、それとも重役用か、という選択を迫られる加入者の苦境を想像してみましょう。それは管理上の難問になり、サービス差別化の基本的な価値を損なうことになりかねません。

結論

すでに 140 社以上のお客様がシスコ MPLS を導入していることから明らかなように、MPLS は広く普及しつつある新しいテクノロジーです。MPLS は IP に代わるものではないことを理解しておく必要があります。IP コントロールプレーンは、MPLS の基本的なコンポーネントです。ATM のようなフォワーディングプレーンを追加する能力によって、MPLS はサービス プロバイダーおよび企業の両方に有益なサービスを提供しています。

サービス プロバイダーは MPLS VPN、MPLS QoS、および MPLS TE を導入することによって、VPN の基本接続能力を提供するだけの場合と比較して、投資回収時期が 25% も短縮されます。

要約すると、サービス プロバイダーおよび企業が MPLS 対応の IP ネットワークを展開した場合に得られる根本的な価値は、TE および QoS の使用によってネットワーク帯域幅の利用を高度に最適化し、さらに、単一のネットワーク上でレイヤ 3 およびレイヤ 2 の両方のサービス展開が可能となる点です。



Corporate Headquarters

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel: 408 526-4000
800 553-NETS (6387)
Fax: 408 526-4100

European Headquarters

Cisco Systems Europe
11 Rue Camille Desmoulins
92782 Issy-les-Moulineaux
Cedex 9
France
www-europe.cisco.com
Tel: 33 1 58 04 60 00
Fax: 33 1 58 04 61 00

Americas Headquarters

Cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, CA 95134-1706
USA
www.cisco.com
Tel: 408 526-7660
Fax: 408 527-0883

Asia Pacific Headquarters

Cisco Systems, Inc.
Capital Tower
168 Robinson Road
#22-01 to #29-01
Singapore 068912
www.cisco.com
Tel: +65 317 7777
Fax: +65 317 7799

Cisco Systems has more than 200 offices in the following countries and regions. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the

Cisco Web site at www.cisco.com/go/offices

Argentina • Australia • Austria • Belgium • Brazil • Bulgaria • Canada • Chile • China PRC • Colombia • Costa Rica • Croatia Czech Republic • Denmark • Dubai, UAE • Finland • France • Germany • Greece • Hong Kong SAR • Hungary • India • Indonesia • Ireland Israel • Italy • Japan • Korea • Luxembourg • Malaysia • Mexico • The Netherlands • New Zealand • Norway • Peru • Philippines • Poland Portugal • Puerto Rico • Romania • Russia • Saudi Arabia • Scotland • Singapore • Slovakia • Slovenia • South Africa • Spain • Sweden Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • Ukraine • United Kingdom • United States • Venezuela • Vietnam • Zimbabwe

All contents are Copyright © 1992-2002, Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems, and the Cisco Systems logo are registered trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and certain other countries.

All other trademarks mentioned in this document or Web site are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0203R)

2102823/ETMG 6/02