

マルチキャスト VPN

概要

この資料では、Virtual Private Network (VPN; 仮想私設網) との関係における IP マルチキャストについて概要を示すとともに、マルチキャスト VPN ソリューションのためのシスコ アーキテクチャについて詳しく説明します。この資料は、エンタープライズ カスタマー向け MVPN を提供するサービスプロバイダーのみを対象とします。

VPN

VPN は、共有型インフラストラクチャ (ISP など) によるネットワーク接続です。プライベート ネットワークと同じポリシーおよび「パフォーマンス」を、より低い TCO で提供することを目的とする VPN は、運用およびインフラストラクチャの両面でさまざまなコスト削減効果をもたらします。

VPN 上のトンネル

従来、サービスプロバイダー ネットワーク経路での接続には、IP / Generic Route Encapsulation (GRE) トンネル上で IP を使用する方法しかありませんでした。このようなトンネル型ネットワークはスケーラビリティの問題がありがちですが、VPN 経路で IP マルチキャスト トラフィックを伝送するための唯一の手段であることは確かです。

MPLS

Multiprotocol Label Switching (MPLS) は、ルーティングのインテリジェンスとスイッチングのハイパフォーマンスを組み合わせることにより、IP ルーテッド ネットワークのスケーラビリティとパフォーマンスを強化するタグスイッチング、およびその他のさまざまなベンダー方式による IP スwitchング サポート 拡張機能から派生しました。

VPN には現在、MPLS が使用されていますが、これは適切な組み合わせです。MPLS は IP ヘッダーで伝送される情報から、IP パケットの転送に使用される情報 (ラベル) を切り離します。

MPLS VPN では、次のものを任意に組み合わせることができます。

- グローバルに固有であり、ルーティング可能なアドレス
- グローバルに固有であり、ルーティング不可能なアドレス
- プライベートアドレス (RFC1918)
- グローバルに固有でもなく、プライベートでもないアドレス

ラベル スwitching の対象になるパスは、VPN-IP ルートに接続し、VPN サービスプロバイダーに範囲が限定されます。

マルチキャストの概要

マルチキャストとユニキャスト

IP マルチキャストは、TCP/IP プロトコルスイートの一部です。IP ユニキャストがクラス A、クラス B、およびクラス C アドレスを使用するのに対し、IP マルチキャストはクラス D アドレスを使用します。

マルチキャストにはグループアドレスという概念があるので、同じデータを複数の受信者に伝送するための効率的なパラダイムになっています。グループアドレスによって、特定の受信者グループが1つのアドレスをリスンすることができます。

ネットワーク上のルータは、データのコピーを必要とするサブネットワークが2つ以上ある場合、IP マルチキャスト パケットを複製します。IP ユニキャストでは、送信元が個々の受信者に対して個別に IP ス



トリームを作成しなければなりません。マルチキャストがグループ通信のための安定したスケーラブルなソリューションである理由は、データの複製と分散により、リンク上で伝送するパケットが1コピーしか必要ないからです。

たとえば、ある企業の社長が全社員にプレゼンテーションを送信する場合を仮定します。

IP マルチキャストの場合 : 1人の視聴者が使用する帯域幅は、全視聴者が使用する帯域幅と同じです。

IP ユニキャストの場合 : 受信者ごとに個別のデータ ストリームを使用することは、ネットワーク インフラストラクチャのコスト上、不可能です。

IP マルチキャストが役立つアプリケーション分野としては、企業内コミュニケーション、遠距離ラーニング、ソフトウェアの配布などがありますが、これらに限定されません。

次に、IP マルチキャストの基本概念をいくつか紹介します (IP マルチキャスト テクノロジーを完全に網羅した説明ではありません)。詳細については、この資料の付録を参照してください。

ツリー

送信元が送信するパケットは1つだけなので、ネットワーク上の個々の分岐点でパケットを複製する必要があります。その結果、マルチキャスト配信ツリーが作成されます。ツリーには次の2つの基本タイプがあります。

送信元ツリー / 最短パス ツリー

データの送信元をルートとする単方向ツリーです。dense (稠密) モードのフラッディング / プルーニング ネットワークでは唯一のツリー タイプですが、sparse (希薄) モードのネットワークでも使用されます。

共有ツリー

ある共通のポイントをルートとする単方向ツリーです。共有ツリーは、受信者がまばらにしか存在せず、アクティブである送信元について学習するのにデータのフラッディングを使用するのは非効率的である場合に使用されます。Protocol Independent Multicast Sparse Mode (PIM SM) では、共有ツリーの共通のルートのことを、Rendezvous Point (RP; ランデブー ポイント) といいます。受信者はここに加入し、アクティブである送信元について学習します。

マルチキャスト ルーティング プロトコル

歴史

IP マルチキャストと連携させるためのルーティング プロトコルがいくつか開発されました。これらのプロトコルは、IP マルチキャスト トラフィックごとのルーティング テーブルを個別に必要とする、「そのとき限りの」アプローチを使用していました。

- DVMRP

Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) は最初のマルチキャスト ルーティング プロトコルであり、送信元ツリー ルーティング プロトコルの一例です。

- MOSPF

Multicast Open Shortest Path First (MOSPF) はマルチキャスト ルーティングと OSPF の併用を試みたプロトコルです。これも、送信元ツリー ルーティング プロトコルの一例です。

- CBT

Core Base Trees (CBT) は、共有ツリーを使用してマルチキャスト データを配信するように設計されましたが、試験用ネットワーク以外に実装されることはありませんでした。



事実上の標準

PIM

Protocol Independent Multicast (PIM) は「そのとき限りの」アプローチを使用するのではなく、標準のユニキャストルーティングテーブルを使用して IP マルチキャストトラフィックを転送するように設計されています。PIM はユニキャストルーティングテーブルを使用して、IP マルチキャストパケットが送信元からの最適パスで着信したかどうかを判別します。RPF チェックと呼ばれるこのプロセスは、特定のルーティングプロトコルに依存せず、ユニキャストルーティングテーブルの内容に基づいて行われます。PIM プロトコルには、Dense Mode (DM) および Sparse Mode (SM) の 2 タイプがあります。

PIM Dense モード (DM)

PIM SM のほうが効率的なマルチキャストであることが実証されたので、PIM DM は現在ではあまり使用されていません。

PIM Sparse モード (SM)

PIM SM は何年にもわたって機能拡張された結果、試行的なスタンダードからドラフトスタンダードに進化し、現在、最も普及しているマルチキャストプロトコルです。PIM SM は最初、共有ツリーを使用しますが、最終ホップルータが選択した場合に送信元ツリーに加入できるようになっています。データを最適なパスで転送しながら、データのフラッドイングと関連するリソースの浪費を防止できる、効率的な方式です。

アプリケーションで IP マルチキャストが使用されることが多くなったために、次に説明する 2 つの新しい配信パラダイムが必要になりました。

双方向 PIM (PIM Bi-Dir)

PIM Bi-Dir は、狭帯域での多対多コミュニケーション (たとえば、金融取引アプリケーション) のための効率的な伝送方式となる、2 方向転送ツリーを作成します。

SSM

Source Specific Multicast (SSM) は、送信元に関する知識を帯域外で入手するソリューションです。SSM は 1 つの送信元ツリーだけを使用しますが、送信元の学習は帯域外で行われるので、データのフラッドイングは発生しません。SSM は、インターネットブロードキャストイング、社内コミュニケーションなどで最も有益です。

提案されている 3 つの MVPN ソリューション

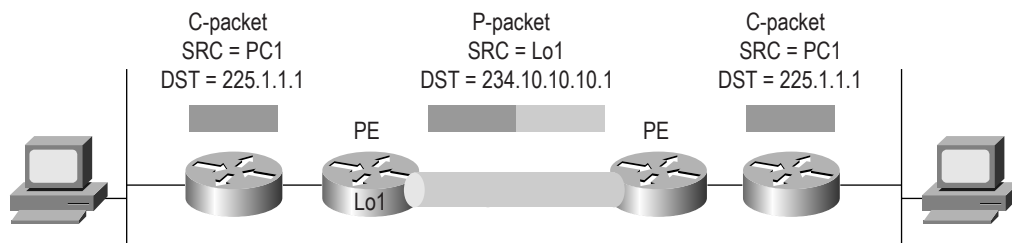
Draft-rosen-vpn-mcast-03.txt では、IETF VPN 仕様を拡張し、IP マルチキャスト VPN をサポートするために必要なプロトコルおよび手順が記述されています。

マルチキャストドメイン

このソリューションでは、プロバイダーが自身のネットワーク上で IP マルチキャストをイネーブルにする必要があります。プロバイダーは各 Provider Edge (PE; プロバイダーエッジ) ルータ上で、Multicast Tunnel Interface (MTI; マルチキャストトンネルインターフェイス) およびマルチキャスト VPN Routing and Forwarding (VRF; VPN ルーティングおよびフォワーディング) をカスタマー単位で作成します。MTI は、カスタマーごとに固有な (そのカスタマー用のすべての PE が属する) 宛先グループを指定した独自のマルチキャストパケットで、カスタマーのマルチキャストデータをカプセル化します。



図 1
MTI のカプセル化



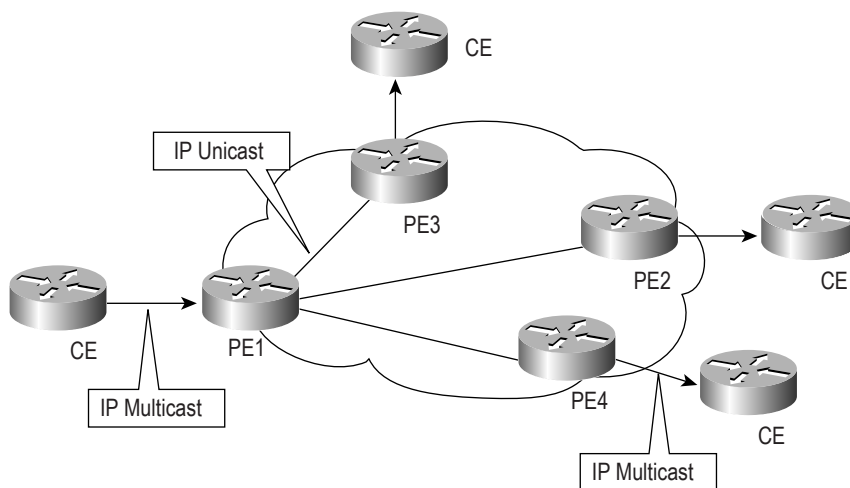
VPN-IP PIM

VPN-IP PM では、カスタマーのマルチキャスト データをプロバイダーのネットワーク経由でネイティブに配信する必要があります。各カスタマー VRF が、グローバル テーブルに漏出されます。このソリューションでは、マルチキャスト ツリーの送信元が知らされ、そのツリーの VRF を使用してルート識別素が作成される必要があります。これは [RD:S,G] または [RD:*,G] で表され、mroute エントリはカスタマーごとに固有になります。この RD によりプロバイダーがマルチキャスト データを一意に識別することができますが、データを転送するには、MPLS マルチキャスト ラベルを使用してパケットをカプセル化する必要があります。

PIM Non-Broadcast Multi-Access (NBMA) 技法によるマルチキャスト ドメイン (MD)

このソリューションは、PE 上のトンネル インターフェイスを使用します。GRE トンネリングとは異なり、ポイントツーポイント トンネルではありません。このトンネル インターフェイスはリモート PE を追跡し、マルチキャスト パケットをリモート PE に対してユニキャストします。このソリューションではコアの外部でマルチキャスト ステートを維持できるので、初段階では有望と思われます。ただし、PE ルータによる大量の複製を必要とし、ユニキャスト トラフィックを大幅に増大させます。

図 2
NBMA 技法によるマルチキャストのユニキャスト転送





Cisco MVPN の詳細

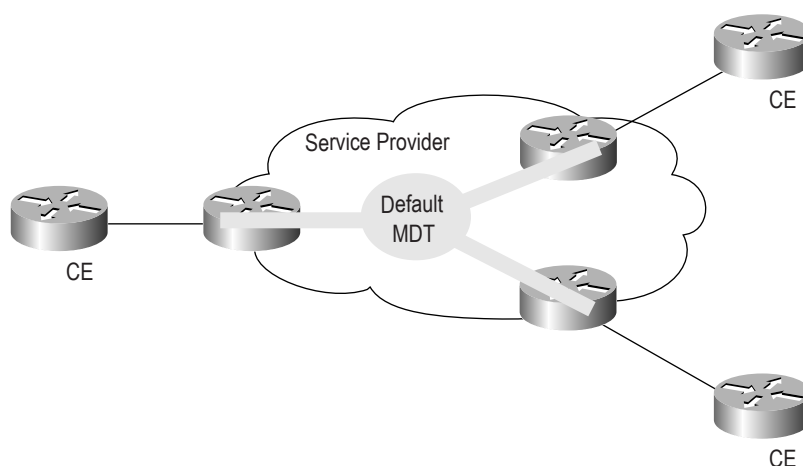
前述した MVPN ソリューションにはそれぞれ、展開上の重大な障壁となる問題点がありますが、それでもマルチキャストドメインが最も有望な選択肢となっている理由は次のとおりです。

- プロバイダーがコア ネットワーク上でネイティブ IP マルチキャスト ネットワークを設定する必要があること。これには P および PE ルータが含まれる。
- IP マルチキャストは Cisco IOS ソフトウェア 10.0 以来導入されている成熟したテクノロジーであること。コアに新しい機能を実装しなくても MVPN をサポートできるので、プロバイダー ネットワークにとってのリスクが少ない。

マルチキャスト ドメイン ソリューション

この方式では、カスタマーに接続するすべての PE ルータが、そのロケーションに受信者がいるかいないかに関わらず、カスタマーのマルチキャスト データをすべて受信しなければならないので、当初は最適なパフォーマンスに達しませんでした。新しい方法での拡張機能によりこの特性が解決された結果、真に有望なソリューションになりました。

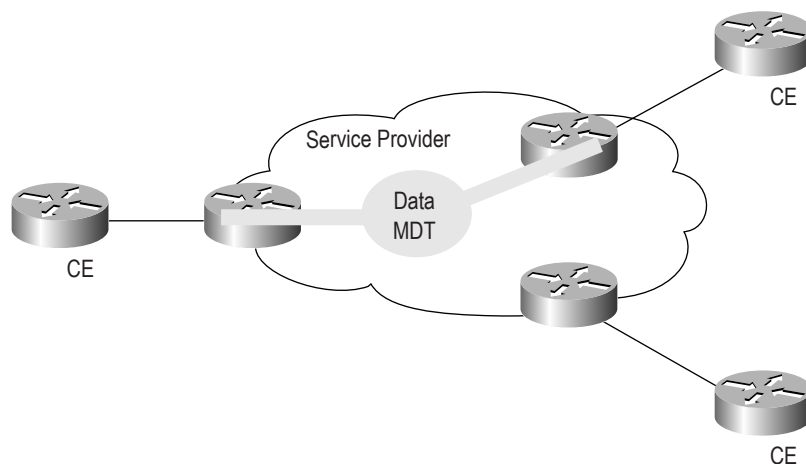
図 3
デフォルト MDT の概念



上記の拡張機能とは、処理中に作成される一時的ツリーの追加を指します。これらのツリーでは、設定された帯域幅 (BW) スレッショールドを超過するマルチキャスト グループ データは、この新しいツリーに加入している PE にしか配信されません。これらのツリーを、MDT データ ツリーといいます。データという語が付いているのは、データ配信のため大量の帯域幅を必要とするグループ向けに設計されたグループだからです。



図 4
データ MDT の概念



この図は、データを受信する必要がある CE ルータに接続された PE ルータだけが、データ MDT に加入することを表しています。

PE ルータは、ポート番号 3232 の UDP パケットを使用して、データ MDT の使用をシグナリングします。このパケットはデフォルト MDT で送信されます。このパケットには、all-PIM routers メッセージ（必要に応じて加入すべきグループを指定）が含まれます。

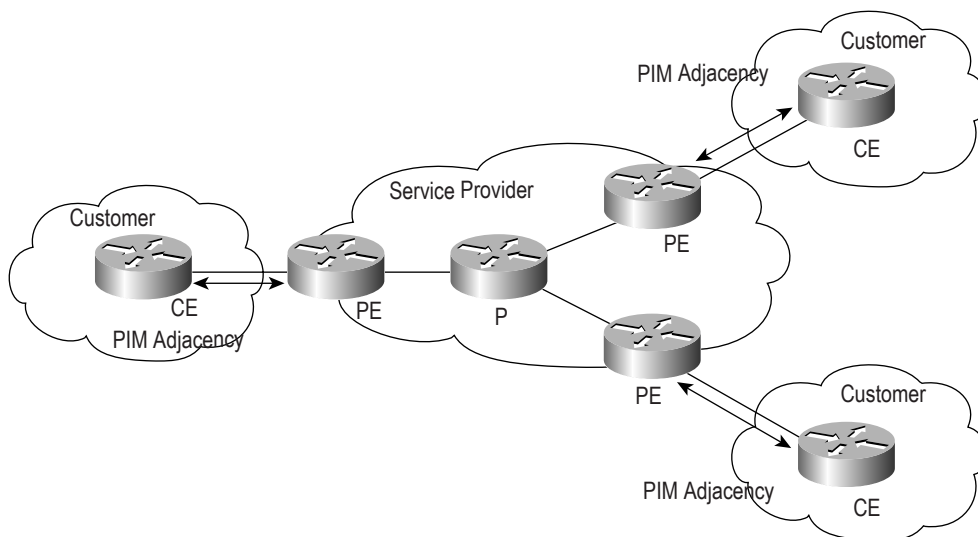
カスタマーとプロバイダー マルチキャスト ネットワークの相互運用

カスタマーの IP マルチキャスト ネットワークは、プロバイダーのマルチキャスト ネットワークとまったく無関係であることを理解しておく必要があります。プロバイダーの視点からは、カスタマーの IP マルチキャスト パケットは、プロバイダー独自の IP マルチキャスト ネットワーク宛のデータに過ぎません。

MVPN でサポートされるマルチキャスト プロトコルは、PIM、特に PIM-SM だけであることを理解しておく必要があります。Bi-Dir PIM がプロバイダー ネットワークのコアに使用できる程度に安定性があるとみなされれば、今後は Bi-Dir PIM もサポートされる可能性があります。



図 5
カスタマー PIM の隣接関係



CE ルータは、プロバイダー ネットワークを通じてリモートの CE ルータと PIM 隣接関係を持つことはありませんが、ローカルルータおよび PE ルータと隣接関係があります。

PE ルータが MDT パケットを受信すると、PE ルータは RPF チェックを実行します。プロバイダー ネットワーク経由でのパケット伝送中には、通常の RPF 規則が適用されます。ただし、リモートの PE では、ルータは発信側 PE ルータがその CE に対する適正なルータだったかどうかを確認する必要があります。そのため、カスタマーパケットの送信元アドレスの BGP ネクスト ホップ アドレスをチェックします。このネクスト ホップ アドレスは、MDT パケットの送信元でなければなりません。PE はさらに、リモート PE との PIM 隣接関係があるかどうかともチェックします。

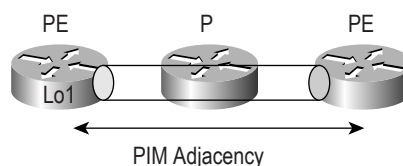
現時点では、カスタマーごとに 1 つの MVRF しかサポートされていません。この制約によって、カスタマーはインターネットまたはその他の外部ドメインのマルチキャストトラフィックを受信することはできません。

カスタマーごとに固有のグループアドレスを MDT として使用する必要があります。プロバイダー ネットワーク上のマルチキャストパケット用の固有の送信元アドレスも必要です。この送信元アドレスは、IBGP の送信元として使用されるループバック インターフェイスのアドレスにすることを推奨します。リモート PE では、このアドレスが RPF チェックに使用されます。

プロバイダーが MDT データグループを使用する場合は、これらのグループも設定する必要があります。これらの MDT データグループは、カスタマーごとに固有でなければなりません。

PE ルータは、相互に PIM 隣接関係を持っている必要があります。他のルーティングプロトコルでは、これらの MTI は使用できません。

図 6
プロバイダー PIM の隣接関係





BGP の要件

MVPN を認識する必要があり、MVPN に関するリモート PE の情報をシグナリングできなければならないルータは、PE ルータだけです。したがって、すべての PE ルータが相互に BGP 関係を持っている必要があります。それは直接でも、ルータ リフレクタ経由でも構いません。

デフォルト MDT の送信元アドレスは、同じ VPN および MVRF に属するリモート PE ルータとの iBGP セッションの送信元に使用されるものと同じアドレスです。プロバイダー コア内部での転送に PIM-SSM を使用する場合、PE が MVPN 対応であり送信元検出を行うことを表明するのは、この BGP 関係を介してです。この能力は、BGP アップデートによって伝えられます。

PE が RD およびグループ情報を含む BGP アップデートを受信すると、PE はそのツリーのルートに加入し、それによって MDT に加入します。

PE に関する RPF チェックは、次の条件が満たされた場合に成功します。

1. CE データの送信元のネクスト ホップが、MDT の送信元である BGP ネイバである。
2. MDT の送信元が PIM ネイバである。

```
(M)VPN-IPv4 address (12 bytes)
  Route Distinguisher - 8 bytes
type-field: 2 bytes
value-field: 6 bytes
New type for Multicast-VPN: 2
Its value field (AS format must be used):
2 bytes ASN
4 bytes assigned number
IPv4 address - 4 bytes
```

Extended community attribute - 8 bytes

```
Type Field: 2 bytes
Value Field: 6 bytes
New type: 0x06 (AS format)
Its Value Field:
2 bytes ASN
4 bytes assigned number (MDT Group address)
```

または (現在はサポートされていません。)

```
New type: 0x0106 (Address format)
Its Value Field:
4 bytes IPv4 address (MDT Group address)
      2 bytes assigned number
```



用語集

Virtual Private Network (仮想私設網)	VPN
Multicast VPN (マルチキャスト VPN)	MVPN
VPN Routing and Forwarding (VPN ルーティングおよびフォワーディング)	VRF
Multicast VRF (マルチキャスト VRF)	MVRF
Provider Network Interface (プロバイダー ネットワーク インターフェイス)	PNI
Customer Network Interface (カスタマー ネットワーク インターフェイス)	CNI
Multicast Tunnel Interface (マルチキャスト トンネル インターフェイス)	MTI
Provider Edge (プロバイダー エッジ)	PE
Customer Edge (カスタマー エッジ)	CE
Multicast Distribution Tree (マルチキャスト分散ツリー)	MDT
スタティックに作成され、すべての PE ルータに接続するツリー	デフォルト MDT
ダイナミックに作成され、関係する PE ルータにのみ接続するツリー	データ MDT
Protocol Independent Multicast	PIM
PIM-SM Sparse Mode	PIM SM
PIM-DM Dense Mode	PIM DM
Bi-directional PIM (双方向 PIM)	PIM Bi-Dir
Reverse Path Forwarding	RPF
Rendezvous Point (ランデブー ポイント)	RP

参考資料

<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-rosen-vpn-mcast-03.txt>

<http://www.cisco.com/go/ipmulticast>

<http://www.ietf.org/html.charters/idmr-charter.html>

『Developing IP Multicast Networks, Volume I』

Beau Williamson, CCIE

ISBN:1578700779



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 International BV
Haarlerbergpark
Haarlerbergweg 13-19
1101 CH Amsterdam
The Netherlands
www-europe.cisco.com
Tel: 31 0 20 357 1000
Fax: 31 0 20 357 1100

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 6317 7777
Fax: +65 6317 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 © 1992–2003 Cisco Systems, Inc. All rights reserved. Cisco, Cisco Systems, the Cisco Systems logo, Catalyst, and EtherChannel are registered trademarks or 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.
(0303R) 203031.E/ETMG_05/03