



# IP マルチキャスト ルーティング テクノロジーの概要

- [IP マルチキャスト テクノロジーに関する情報 \(1 ページ\)](#)
- [IP マルチキャストに関する追加情報 \(19 ページ\)](#)

## IP マルチキャスト テクノロジーに関する情報

ここでは、IP マルチキャストテクノロジーについて説明します。

### IP マルチキャストについて

マルチキャストグループに対する転送速度の制御はサポートされていません。

IP 通信の一端である IP ユニキャストでは、送信元 IP ホストが特定の宛先 IP ホストにパケットを送信します。この場合、IP パケットに指定される宛先アドレスは、IP ネットワーク上で一意に識別される単一ホストのアドレスです。これらの IP パケットは、ネットワーク上の送信元ホストから、一連のデバイスによって宛先ホストに転送されます。送信元と宛先間のパス上の各ポイントでは、デバイスがユニキャストルーティングテーブルを使用して、パケットの IP 宛先アドレスに基づきユニキャスト転送先を決定します。

IP 通信で IP ユニキャストの対極にある IP ブロードキャストでは、送信元ホストはネットワークセグメント上のすべてのホストにパケットを送信します。IP ブロードキャストパケットの宛先アドレスでは、宛先 IP アドレスのホスト部分がすべて 1 に設定され、ネットワーク部分がサブネットのアドレスに設定されています。一連の IP ホスト（デバイスを含む）は、宛先アドレスとして IP ブロードキャストアドレスを指定されたパケットが、サブネット上のすべての IP ホスト向けであることを認識しています。特に設定しない限り、デバイスは IP ブロードキャストパケットを転送しないので、一般的に IP ブロードキャスト通信はローカルサブネットに限定されます。

IP マルチキャストは、IP ユニキャスト通信と IP ブロードキャスト通信の間に位置します。IP マルチキャスト通信によって、ホストは IP ネットワーク上の任意の場所にあるホストのグループに IP パケットを送信します。IP マルチキャスト通信では、特定のグループに情報を送信するために、IP マルチキャストグループアドレスという特殊な形式の IP 宛先アドレスを使

用します。IP マルチキャストグループアドレスは、パケットの IP 宛先アドレスフィールドに指定されます。

IP 情報をマルチキャストするには、レイヤ3 スイッチおよびデバイスが IP マルチキャストグループのメンバに接続する出力インターフェイスすべてに着信 IP パケットを転送する必要があります。

IP マルチキャストはビデオ会議と同じものとして考えられる傾向があります。ネットワークに初めて導入する IP マルチキャストアプリケーションは多くの場合ビデオ会議ですが、ビデオは実用的で多様な IP マルチキャストアプリケーションのひとつに過ぎません。生産性の向上につながる他の IP マルチキャストアプリケーションとしては、マルチメディア会議、データ複製、リアルタイムデータマルチキャスト、シミュレーションアプリケーションなどがあります。

## 情報配信における IP マルチキャストの役割

IP マルチキャストは、単一の情報ストリームを何千もの潜在的な企業および家庭に同時に配信することによってトラフィックを削減する帯域幅節約テクノロジーです。マルチキャストを利用するアプリケーションには、ビデオ会議、企業コミュニケーション、通信教育、およびソフトウェア、株価情報、ニュースの配信などが含まれます。

IP マルチキャストルーティングにより、ホスト（ソース）は、IP マルチキャストグループアドレスと呼ばれる特別な形式の IP アドレスを使用して、IP ネットワーク内の任意の場所にあるホスト（レシーバ）にパケットを送信できます。ソースのホストは、マルチキャストグループアドレスをパケットの宛先 IP アドレスフィールドに挿入します。IP マルチキャストルータおよびマルチレイヤスイッチは、受信した IP マルチキャストパケットを、マルチキャストグループのメンバにつながるすべてのインターフェイスから転送します。どのホストも、グループのメンバであるかどうかにかかわらず、グループに送信できます。ただし、グループのメンバだけがメッセージを受信します。

## IP マルチキャストルーティングプロトコル

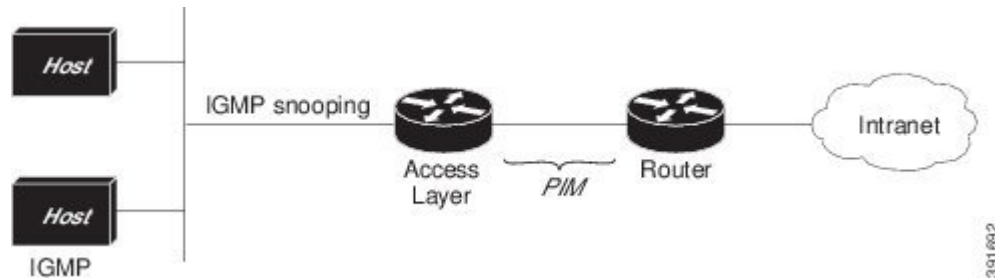
ソフトウェアでは、IP マルチキャストルーティングを実装するため、次のプロトコルがサポートされています。

- IGMP を LNA 上のホストとその LAN 上のルータ（およびマルチレイヤデバイス）間で使用して、ホストがメンバになっているマルチキャストグループを追跡します。IP マルチキャストルーティングに参加するには、マルチキャストホスト、ルータ、およびマルチレイヤデバイスで Internet Group Management Protocol (IGMP) が動作している必要があります。
- PIM (Protocol Independent Multicast) は、相互に転送されるマルチキャストパケット、および直接接続されている LAN に転送されるマルチキャストパケットを追跡するためにルータ間で使用されます。
- IGMP スヌーピングは、レイヤ2 スイッチング環境でのマルチキャストに使用します。レイヤ2 インターフェイスを動的に設定し、マルチキャストトラフィックが IP マルチキャスト

ストデバイスと関連付けられたインターフェイスにだけ転送されるようにすることによって、マルチキャストトラフィックのフラディングを削減します。

次の図に、これらのプロトコルが IP マルチキャスト環境内のどの部分で動作するかを示します。

図 1: IP マルチキャストルーティングプロトコル



IPv4 マルチキャスト標準に従い、MAC 宛先マルチキャストアドレスは 0100:5e で始まり、IP アドレスの末尾 23 ビットが付加されます。たとえば、IP 宛先アドレスが 239.1.1.39 の場合、MAC 宛先アドレスは 0100:5e01:0127 となります。

IPv4 宛先アドレスと MAC 宛先アドレスが一致しない場合、マルチキャストパケットは一致しません。デバイスは、ハードウェア内の一致しないパケットを MAC アドレステーブルに基づいて転送します。MAC 宛先アドレスが MAC アドレステーブルにない場合、デバイスは受信したポートと同じ VLAN 内のすべてのポートにパケットをフラディングします。

## Internet Group Management Protocol (インターネットグループ管理プロトコル)

IP マルチキャストホストは IGMP メッセージを使用して、ローカルのレイヤ 3 スイッチまたはルータに要求を送信し、特定のマルチキャストグループに加入して、マルチキャストトラフィックの受信を開始します。IGMPv2 の一部の拡張機能を使用すると、IP ホストはレイヤ 3 スイッチまたはルータに対し、IP マルチキャストグループを脱退してマルチキャストグループトラフィックを受信しないように求める要求も送信します。

レイヤ 3 スイッチまたはルータは、IGMP によって得た情報を使用して、マルチキャストグループメンバーシップのリストをインターフェイス単位で維持します。インターフェイス上で少なくとも 1 つのホストが、マルチキャストグループトラフィックを受信するための IGMP 要求を送信している限り、そのインターフェイスのマルチキャストグループメンバーシップはアクティブです。

## プロトコル独立マルチキャスト

プロトコル独立マルチキャスト (PIM) がプロトコルに依存しない理由は、使用されている任意のユニキャストルーティングプロトコルを利用してルーティングテーブルへの書き込みを行い (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)、Open Shortest Path First (OSPF)、Border Gateway Protocol (BGP)、およびスタティックルートを含む)、IP マルチキャストをサポートするからです。

## PIM スパース モード (PIM-SM)

PIM はさらに、完全に独立したマルチキャストルーティングテーブルを作成する代わりに、ユニキャストルーティングテーブルを使用して Reverse Path Forwarding (RPF) チェック機能を実行します。PIM は、他のルーティングプロトコルが行うような、ルータ間でのマルチキャストルーティングアップデートの送受信は行いません。

## PIM スパース モード (PIM-SM)

PIM スパース モード (PIM-SM) は、プルモデルを使用してマルチキャストトラフィックを配信します。明示的にデータを要求した、アクティブな受信者のいるネットワークだけにトラフィックが転送されます。PIM-SM は、デスクトップビデオ会議や企業コンピューティングなど、少数の受信者がそれぞれ異なるマルチキャストを一般に同時使用するネットワークでの使用を目的としています。

## ランデブーポイント

また、PIM をスパースモードで動作するよう構成する場合は、1つまたは複数のデバイスをランデブーポイント (RP) とするよう選択する必要があります。マルチキャストグループへの送信者は、RP を使用してその存在を通知します。マルチキャストパケットの受信者は、RP を使用して新しい送信者について学習します。1つのマルチキャストグループのパケットが1つまたは複数の RP を使用できるように Cisco IOS ソフトウェアを構成できます。

RP アドレスは、パケットをグループに送信するホストの代わりに PIM Register メッセージを送信するためにファーストホップデバイスによって使用されます。また、RP アドレスは、ラストホップデバイスによって PIM join および prune メッセージを RP に送信してグループメンバシップについて通知するためにも使用されます。すべてのデバイス (RP デバイスを含む) で RP アドレスを設定する必要があります。

1台の PIM デバイスを、複数のグループの RP にできます。同じグループの PIM ドメイン内で一度に使用できる RP アドレスは1つだけです。アクセスリストで指定されている条件は、(異なるグループが異なる RP を持つことが可能なため) デバイスがいずれのグループの RP であるかを決定します。

## IGMP スヌーピング

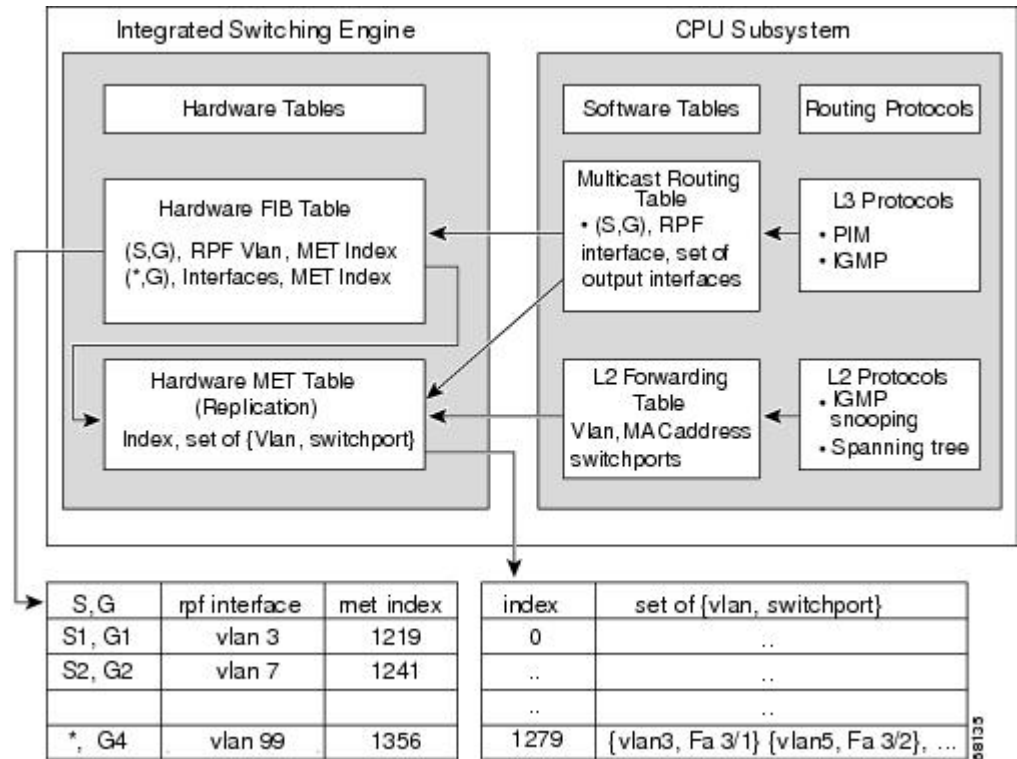
IGMP スヌーピングは、レイヤ2スイッチング環境でのマルチキャストに使用します。IGMP スヌーピングを使用する場合、レイヤ3スイッチまたはルータは、ホストとデバイス間で転送される IGMP パケットのレイヤ3情報を検証します。スイッチが特定のマルチキャストグループのホストから IGMP Host Report を受信すると、スイッチはそのホストのポート番号を対応するマルチキャストテーブルエントリに追加します。スイッチがホストから IGMP Leave Group メッセージを受信すると、スイッチはテーブルエントリからそのホストのポートを削除します。

IGMP 制御メッセージはマルチキャストパケットとして送信されるので、レイヤ2ヘッダーだけが検証される場合は、マルチキャストデータと区別できません。IGMP スヌーピングが稼働しているスイッチは、すべてのマルチキャストデータパケットについて、関連する IGMP 制御情報が含まれているかどうかを調べます。低速の CPU を搭載したローエンドのスイッチに IGMP スヌーピングを実装すると、データを高速で送信する場合、パフォーマンスに重大な影響が出る可能性があります。

## IP マルチキャスト テーブル

次に、デバイスがハードウェアで IP マルチキャスト パケットを転送する目的で使用する主なデータ構造図を示します。

図 2: IP マルチキャスト テーブルおよびプロトコル



Integrated Switching Engine は、個々の IP マルチキャスト ルートを識別する目的で、ハードウェア FIB テーブルを維持します。各エントリは、宛先グループの IP アドレスおよびオプションの送信元 IP アドレスで構成されます。マルチキャストトラフィックは、主に (S,G) および (\*,G) の 2 種類のルート上を流れます。(S,G) ルートは、マルチキャスト送信元の IP アドレスと、マルチキャストグループ宛先の IP アドレスに基づいて、送信元からグループへ流れます>(\* ,G) ルートのトラフィックは、PIM RP からグループ G のすべての受信者へ流れます>(\* ,G) ルートを使用するのは、スパースモードグループだけです。Integrated Switching Engine ハードウェアには、合計 128,000 のルート用のスペースが準備されています。これらがユニキャストルート、マルチキャストルート、およびマルチキャスト高速ドロップエントリによって共有されます。

出力インターフェイスのリストは、Multicast Expansion Table (MET) に保存されます。MET には、最大 32,000 の出力インターフェイスリスト用のスペースがあります (RET には、最大 102 K エントリ (フラッディングセットに 32 K、マルチキャストエントリに 70,000 使用) が可能です)。MET リソースは、レイヤ 3 マルチキャストルートおよびレイヤ 2 マルチキャストエントリによって共有されます。ハードウェアで使用できる出力インターフェイスリストの実際数は、設定によって異なります。マルチキャストルートの総数が 32,000 を超えると、Integrated Switching Engine によってマルチキャストパケットをスイッチングできなくなる場合があります。

す。そのパケットは、CPUサブシステムによってきわめて低い速度で転送されることとなります。



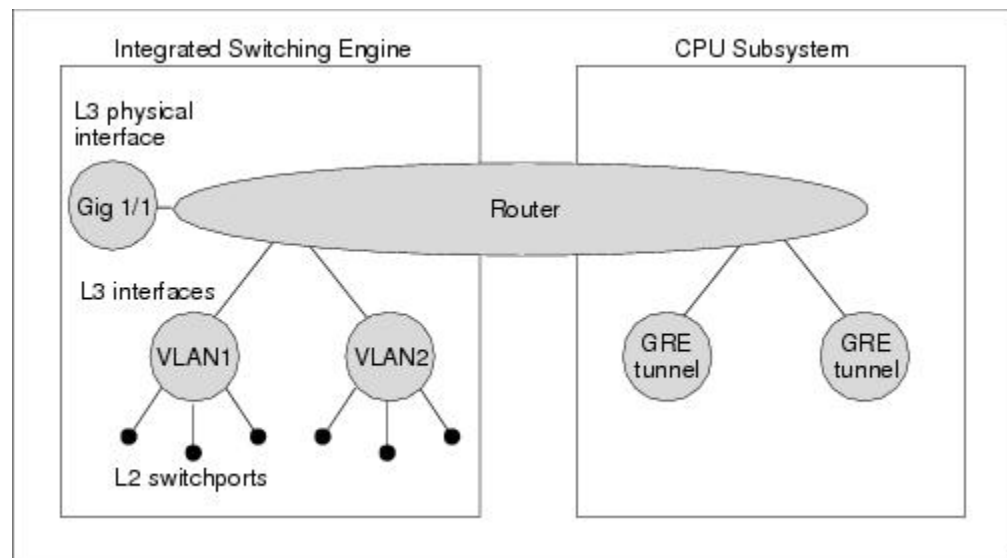
(注) (RET では 102 K エントリまでサポートされます (フラッディングセットに 32K、multicast エントリに 70 K を使用))。

## ハードウェアおよびソフトウェアによる転送

Integrated Switching Engine は通常、パケットをハードウェアで非常に高速で転送します。CPU サブシステムは、例外パケットをソフトウェアで転送します。Integrated Switching Engine が大部分のパケットをハードウェアで転送していることは、統計レポートからわかります。

次に、ハードウェアとソフトウェアの転送コンポーネントの概念図を示します。

図 3: ハードウェアおよびソフトウェアの転送コンポーネント



Integrated Switching Engine は、通常の動作モードでは、ハードウェアで VLAN 間ルーティングを実行します。CPU サブシステムは、ソフトウェアによる転送のために、総称ルーティングカプセル化 (GRE) トンネルをサポートしています。

複製は、パケットの 1 コピーを送信する代わりに、パケットを複製して複数のコピーを送信する転送の一種です。レイヤ 3 で複製が行われるのは、マルチキャストパケットに限られます。ユニキャストパケットが複数のレイヤ 3 インターフェイス用に複製されることはありません。IP マルチキャスト動作では、着信した IP マルチキャストパケットごとに、そのパケットの多くの複製が送信されます。

IP マルチキャストパケットを伝送するルートのタイプは、次のとおりです。

- ハードウェアルート

- ソフトウェア ルート
- 部分的なルート

ハードウェア ルートは、**Integrated Switching Engine** ハードウェアがパケットのすべての複製を転送する場合に発生します。ソフトウェア ルートは、**CPU** サブシステム ソフトウェアがパケットのすべての複製を転送する場合に発生します。部分的なルートは、**Integrated Switching Engine** が一部の複製をハードウェアで転送し、**CPU** サブシステムが一部の複製をソフトウェアで転送する場合に発生します。

## 部分的なルート



- (注) 以下に記載する条件が成立する場合、**CPU** サブシステム ソフトウェアによって複製が転送されますが、ハードウェアによる複製の転送パフォーマンスに影響はありません。

あるルートに対するパケットの複製の一部が **CPU** サブシステムによって転送される条件は、次のとおりです。

- **ip igmp join-group** コマンドを使用して、マルチキャスト送信元の **RPF** インターフェイス上の **IP** マルチキャストグループのメンバとしてスイッチを設定している場合。
- スイッチが **PIM** スパース モードの送信元へのファースト ホップである場合。スイッチは **RP** に **PIM Register** メッセージを送信する必要があります。

## ソフトウェア ルート



- (注) **RPF** インターフェイスまたは出力インターフェイスの設定について次の条件が1つでも成立すると、出力のすべての複製はソフトウェアで実行されます。

あるルートに対するパケットの複製の一部が **CPU** サブシステム ソフトウェアによって転送される条件は、次のとおりです。

- インターフェイスがマルチキャスト ヘルパーを使用して設定されている場合
- インターフェイスが **GRE** トンネルまたはディスタンス ベクトルマルチキャストルーティング プロトコル (**DVMRP**) トンネルである場合
- インターフェイスが高等研究計画局 (**ARPA**) 以外のカプセル化を使用している場合

次のパケットは、常にソフトウェアによって転送されます。

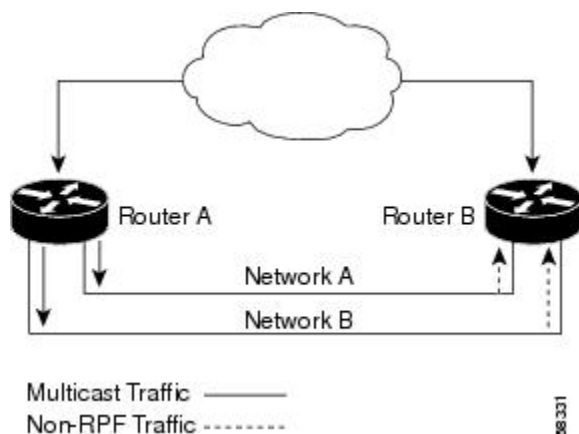
- **224.0.0.\*** (\* は 0 ~ 255) の範囲のマルチキャストグループに送信されるパケット。この範囲は、ルーティングプロトコルが使用します。レイヤ3スイッチングでは、この範囲以外のすべてのマルチキャスト グループ アドレスがサポートされています。
- **IP** オプション付きのパケット

## 非リバースパスフォワーディングトラフィック

Reverse Path Forwarding (RPF) チェックに失敗したトラフィックを、非RPFトラフィックといいます。Integrated Switching Engine は、非RPFトラフィックをフィルタリング（持続的にドロップ）するか、またはレート制限して転送します。

複数のレイヤ3スイッチまたはルータが同一のLANセグメントに接続されている冗長な構成で、送信元から発信インターフェイス上の受信側へマルチキャストトラフィックを転送するのは、1台の装置だけです。次の図に、一般的なネットワーク構成で非RPFトラフィックが発生した状況を示します。

図4:スタブネットワークにおける冗長マルチキャストルータの構成



この種のトポロジでは、PIM 指定ルータ (PIM DR) であるルータ A だけが共通の VLAN にデータを転送します。ルータ B は転送されたマルチキャストトラフィックを受信しますが、このトラフィックをドロップします。不正なインターフェイスでこのトラフィックが着信したので、RPF チェックに失敗するためです。このように RPF チェックに失敗するトラフィックを、「非 RPF トラフィック」といいます。

## マルチキャストグループ伝送方式

IP 通信は、最初の図に示すように、トラフィックの送信者として機能するホストと、レシーバとして機能するホストで構成されます。送信者はソースと呼ばれます。従来の IP 通信は、単一のホストソースがパケットを別の単一ホスト (ユニキャスト伝送) またはすべてのホスト (ブロードキャスト伝送) に送信することによって行われます。IP マルチキャストは第三の方式を提供するものであり、ホストはすべてのホストのサブセットにパケットを送信できます (マルチキャスト伝送)。受信側のホストのこのサブセットをマルチキャストグループと呼びます。マルチキャストグループに属するホストは、グループメンバと呼ばれます。

マルチキャストは、このグループの概念に基づいています。マルチキャストグループは、特定のデータストリームを受信するためにグループに加入する任意の数のレシーバです。このマルチキャストグループには、物理的境界または地理的境界はありません。ホストは、インターネット上または任意のプライベートネットワーク上のどこにでも配置できます。ソースから特定のグループに対するデータを受信する必要があるホストはそのグループに加入する必要があります。



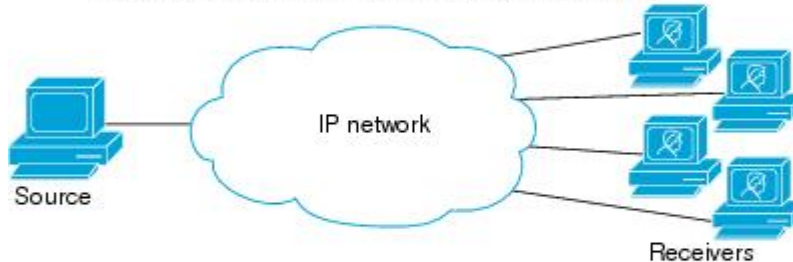
ります。グループに加入するには、ホスト レシーバで Internet Group Management Protocol (IGMP) を使用します。

マルチキャスト環境では、どのホストも、グループのメンバであるかどうかにかかわらず、グループに送信できます。ただし、そのグループに送信されたパケットはグループのメンバだけが受信できます。IP ユニキャストパケットと同様、マルチキャストパケットは、ベストエフォート型の信頼性を使用してグループに配信されます。

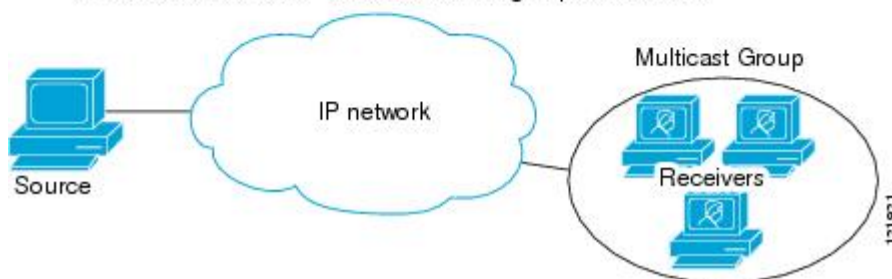
Unicast transmission—One host sends and the other receives.



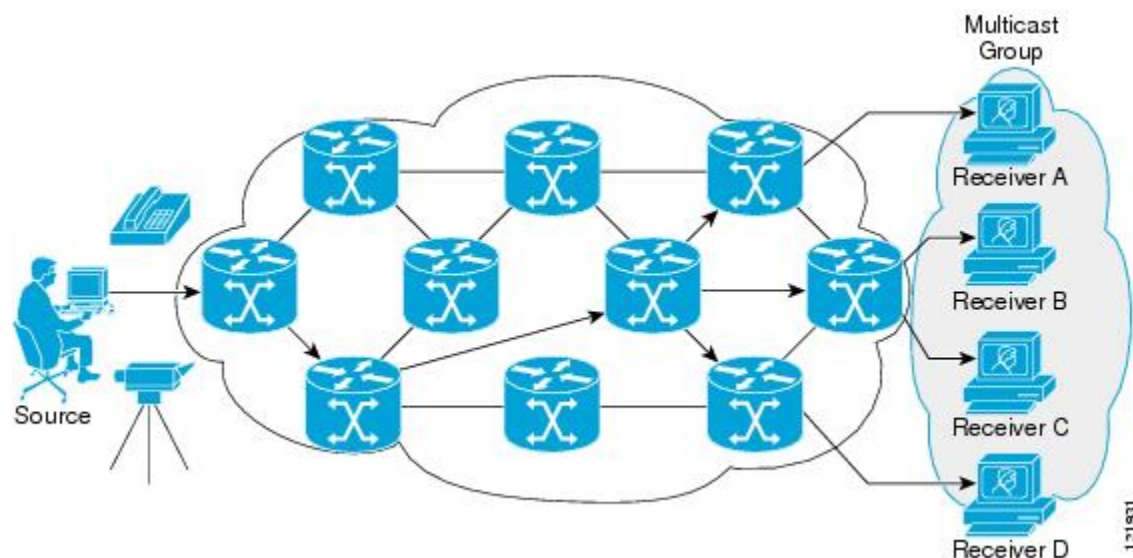
Broadcast transmission—One sender to all receivers.



Multicast transmission—One sender to a group of receivers.



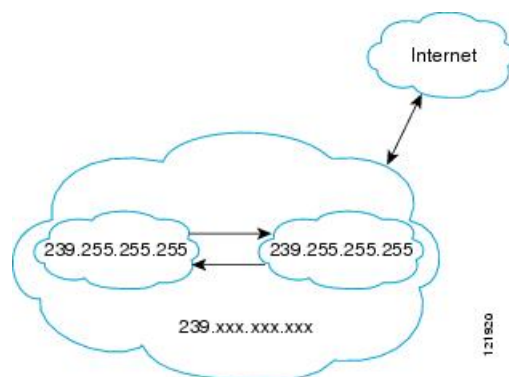
次の図では、レシーバ（指定したマルチキャストグループ）がソースからのビデオデータストリームを受信する必要があります。これらのレシーバは、ネットワーク内のルータに IGMP ホストレポートを送信することによってその意思を示します。この場合、ルータがソースからレシーバへのデータの配信を担います。ルータは、Protocol Independent Multicast (PIM) を使用して、マルチキャスト配信ツリーを動的に作成します。その後、ソースとレシーバ間のパスにあるネットワークセグメントにのみ、ビデオデータストリームが配信されます。



## IP マルチキャスト境界

図に示すように、アドレス スコーピングは、同じ IP アドレスを持つ RP が含まれるドメインが相互にデータを漏出させることのないように、ドメイン境界を定義します。スコーピングは、大きなドメイン内のサブネット境界や、ドメインとインターネットの間の境界で実行されます。

図 5: 境界でのアドレス スコーピング



マルチキャスト グループ アドレッシングのインターフェイスに管理スコープの境界を設定するには、**ip multicast boundary** コマンドと *access-list* 引数を使用します。影響を受けるアドレス範囲は、標準アクセスリストによって定義されます。境界が設定されると、マルチキャスト データ パケットは境界を越えて出入りできなくなります。境界を定めることで、同じマルチキャスト グループ アドレスをさまざまな管理ドメイン内で使用できます。

Internet Assigned Numbers Authority (IANA) は、マルチキャスト アドレス範囲 239.0.0.0 ~ 239.255.255.255 を管理スコープアドレスとして指定しています。この範囲のアドレスは、さまざまな組織で管理されるドメイン内で再使用されます。これらは、グローバルに一意ではなくローカルとみなされます。

**filter-atorp** キーワードを設定して、管理用スコープの境界で Auto-RP 検出と通知メッセージを検査し、フィルタできます。境界のアクセスコントロールリスト (ACL) に拒否された Auto-RP パケットからの Auto-RP グループ範囲通知は削除されます。Auto-RP グループ範囲通知は、Auto-RP グループ範囲のすべてのアドレスが境界 ACL によって許可される場合に限り境界を通過できます。許可されないアドレスがある場合は、グループ範囲全体がフィルタリングされ、Auto-RP メッセージが転送される前に Auto-RP メッセージから削除されます。

## IP マルチキャストグループアドレッシング

マルチキャストグループは、マルチキャストグループアドレスによって識別されます。マルチキャストパケットは、そのマルチキャストグループアドレスに配信されます。単一のホストを独自に識別するユニキャストアドレスとは異なり、マルチキャスト IP アドレスは特定のホストを識別しません。マルチキャストアドレスに送信されるデータを受信するには、アドレスが識別するグループにホストが参加する必要があります。データは、マルチキャストアドレスに送信され、そのグループに送信されたトラフィックを受信する意思を示してグループに加入しているすべてのホストによって受信されます。マルチキャストグループアドレスは、送信元でグループに割り当てられます。マルチキャストグループアドレスを割り当てるネットワーク管理者は、Internet Assigned Numbers Authority (IANA) で予約されるマルチキャストアドレスの範囲にアドレスが準拠していることを確認する必要があります。

## IP クラス D アドレス

IP マルチキャストアドレスは、IANA によって IPv4 クラス D アドレス空間に割り当てられました。クラス D アドレスの上位 4 ビットは 1110 です。したがって、ホストグループアドレスの範囲は 224.0.0.0 ~ 239.255.255.255 であると考えられます。マルチキャストアドレスは送信元 (送信者) でマルチキャストグループの受信先として選択されます。



- (注) クラス D アドレスの範囲は、IP マルチキャストトラフィックのグループアドレスまたは宛先アドレスにだけ使用されます。マルチキャストデータグラムの送信元アドレスは常にユニキャスト送信元アドレスになります。

## IP マルチキャストアドレスのスコーピング

さまざまなアドレス範囲の予測可能な動作を提供したり、より小規模なドメイン内でアドレスを再利用したりできるよう、マルチキャストアドレスの範囲はさらに分割されます。表に、マルチキャストアドレスの範囲を要約します。それに続いて、各範囲について簡単に説明します。

表 1: マルチキャストアドレス範囲の割り当て

名前	範囲	説明
予約済みリンクローカルアドレス	224.0.0.0 ~ 224.0.0.255	ローカルネットワークセグメントのネットワークプロトコルで使用するために予約されています。

名前	範囲	説明
グローバル スコープ アドレス	224.0.1.0 ~ 238.255.255.255	組織間およびインターネット上でマルチキャスト データを送信するために予約されています。
Source Specific Multicast	232.0.0.0 ~ 232.255.255.255	明示的にグループに参加している受信者だけにデータを転送する SSM データグラム配信モデル用に予約されています。
GLOP アドレス	233.0.0.0 ~ 233.255.255.255	割り当て済みの自律システム (AS) ドメイン番号をすでに持つ組織によって静的に定義されるアドレス用に予約されています。
限定スコープ アドレス	239.0.0.0 ~ 239.255.255.255	管理スコープアドレスまたはプライベート マルチキャスト ドメインで使用するための限定スコープアドレスとして予約されています。

### 予約済みリンクローカルアドレス

IANA では、ローカル ネットワーク セグメントのネットワーク プロトコルで使用するために 224.0.0.0 ~ 224.0.0.255 の範囲を予約しています。この範囲のアドレスを持つパケットはスコープ内ローカルであり、IP ルータによって転送されません。通常、リンク ローカル宛先アドレスを持つパケットは存続可能時間 (TTL) 値 1 を使用して送信されるため、ルータによって転送されません。

この範囲内の予約済みリンクローカルアドレスは、それぞれに予約されたネットワーク プロトコル機能を提供します。ネットワーク プロトコルは、これらのアドレスをルータの自動検出および重要なルーティング情報の伝達用に使用します。たとえば、Open Shortest Path First (OSPF) は、IP アドレスの 224.0.0.5 と 224.0.0.6 を使用してリンクステート情報を交換します。

IANA では、ネットワーク プロトコルやネットワーク アプリケーションに対する単一マルチキャスト アドレス要求を 224.0.1.xxx のアドレス範囲外に割り当てています。マルチキャスト ルータはこれらのマルチキャスト アドレスを転送します。



(注) ASR 903 RSP2 モジュールでは、デフォルトにより、予約済みのリンクローカルアドレスを持つすべてのパケットが CPU にパントされます。

### グローバル スコープ アドレス

224.0.1.0 ~ 238.255.255.255 の範囲のアドレスは、グローバル スコープ アドレスと呼ばれます。これらのアドレスは、組織間およびインターネット上でのマルチキャスト データの送信に使用します。これらのアドレスの一部はマルチキャスト アプリケーションで使用するよう IANA によって予約されています。たとえば、IP アドレス 224.0.1.1 は、Network Time Protocol (NTP) 用に予約されています。

### Source Specific Multicast アドレス

232.0.0.0/8 のアドレス範囲は、Source Specific Multicast (SSM) 用に予約されています。Cisco IOS ソフトウェアでは、**ip pim ssm** コマンドを使用して任意の IP マルチキャストアドレス用の SSM も設定できます。SSM は、1 対多通信での効率的なデータ配信メカニズムを可能にする Protocol Independent Multicast (PIM) の拡張版です。SSM については、[IP マルチキャスト配信モード \(16 ページ\)](#) の項を参照してください。

### GLOP アドレス

GLOP アドレッシングでは (233/8 の RFC 2770、GLOP アドレッシングで提案されているように)、AS 番号をすでに予約している組織による静的に定義されたアドレス用に 233.0.0.0/8 の範囲を予約することを提案しています。これは、GLOP アドレッシングと呼ばれます。ドメインの AS 番号は 233.0.0.0/8 アドレス範囲の 2 番目と 3 番目のオクテットに組み込まれます。たとえば、AS 62010 は 16 進数形式で F23A と表されます。この 2 つのオクテット F2 および 3A を分割すると、結果は 10 進数でそれぞれ 242 および 58 となります。これらの値は、AS 62010 に使用するようにグローバルに予約される 233.242.58.0/24 のサブネットとなります。

### 限定スコープアドレス

239.0.0.0 ~ 239.255.255.255 の範囲は、管理スコープアドレス、またはプライベートマルチキャストドメインで使用する限定スコープアドレスとして予約されています。これらのアドレスは、ローカルグループまたは組織に使用するように制限されています。会社、大学および他の組織は、限定スコープアドレスを使用すると、ドメイン外に転送されないローカルマルチキャストアプリケーションを使用できます。通常、ルータは、このアドレス範囲のマルチキャストトラフィックが自律システム (AS) またはユーザー定義のドメイン外にフローしないようにするフィルタを使用して設定されます。AS またはドメイン内では、ローカルマルチキャスト境界を定義できるように、限定スコープアドレス範囲を細分化することもできます。



(注) ネットワーク管理者はこの範囲内のマルチキャストアドレスを使用できます。これによって、インターネット内の他の場所と競合することはありません。

## レイヤ2 マルチキャストアドレス

従来、LAN セグメントのネットワーク インターフェイス カード (NIC) が受信できるのは、Burned-In MAC Address またはブロードキャスト MAC アドレスに指定されたパケットだけでした。IP マルチキャストでは、複数のホストが共通の宛先 MAC アドレスを使用した単一のデータストリームを受信する必要があります。複数のホストが同じパケットを受信する場合、複数のマルチキャストグループを区別できるように、何らかの方法を考案する必要があります。そのための 1 つの方法は、IP マルチキャスト クラス D アドレスを MAC アドレスに直接マッピングすることです。この方法を使用すると、NIC は多くの異なる MAC アドレスを宛先とするパケットを受信できます。

Cisco グループ管理プロトコル (CGMP) は、IGMP によって実行される作業と同様の作業を実行するために、Catalyst スイッチに接続されたルータ上で使用されます。IP マルチキャスト

データ パケットと IGMP レポート メッセージ (いずれも MAC レベルで同じグループ アドレスにアドレス指定されます) を区別できない Catalyst スイッチの場合、CGMP が必要になります。

## シスコ エクスプレス フォワーディング、MFIB、およびレイヤ2転送

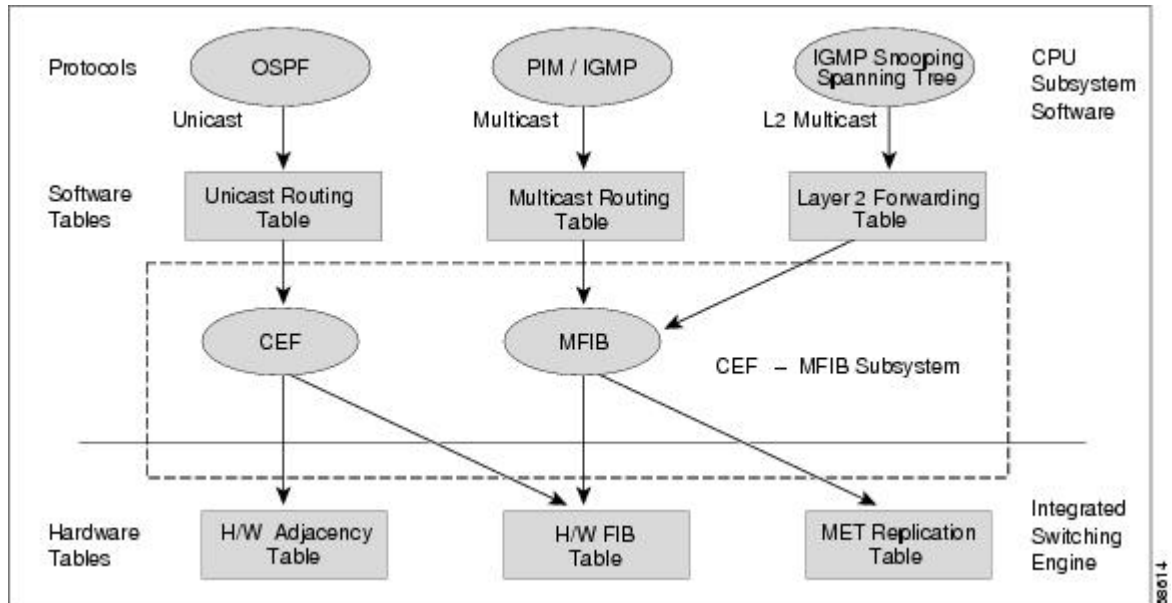
実装された IP マルチキャストは、中央集中型シスコ エクスプレス フォワーディングの拡張機能です。Cisco Express Forwarding は、ユニキャストルーティング テーブル (BGP、OSPF、EIGRP などのユニキャストルーティングプロトコルによって作成される) から情報を抽出し、この情報をハードウェアにロードします。

転送情報ベース (FIB) FIB のユニキャスト ルートを使用すると、上位層のルーティング テーブルでルートが変更された場合でも、ハードウェア ルーティング ステートの 1 つのルートを変更するだけです。ハードウェアでユニキャスト パケットを転送するために、Integrated Switching Engine は Ternary CAM (TCAM) から送信元および宛先ルートを検索し、ハードウェア FIB から隣接インデックスを取り出して、ハードウェア ネイバー テーブル関係からレイヤ 2 リライト情報およびネクストホップ アドレスを取得します。

マルチキャスト転送情報ベース (MFIB) サブシステムは、ユニキャストシスコ エクスプレス フォワーディングのマルチキャスト版です。この MFIB サブシステムは、PIM および IGMP によって作成されるマルチキャスト ルートを抽出し、ハードウェア転送のためのプロトコル独立フォーマットにします。MFIB サブシステムは、プロトコル固有の情報を削除し、必要なフォワーディング情報だけを残します。MFIB テーブルの各エントリは、(S,G) または (\*,G) ルート、入力 RPF VLAN、およびレイヤ 3 出力インターフェイスのリストで構成されます。MFIB サブシステムは、プラットフォーム依存の管理ソフトウェアと連携して、このマルチキャストルーティング情報をハードウェア FIB およびハードウェア Replica Expansion Table (RET) にロードします。デバイスは、レイヤ 3 ルーティングとレイヤ 2 ブリッジングを同時に実行します。いずれの VLAN インターフェイスにも複数のレイヤ 2 スイッチ ポートを設定できます。

次の図に、シスコ デバイスがユニキャストルーティング、マルチキャストルーティング、およびレイヤ 2 ブリッジングの情報を組み合わせてハードウェアで転送を実行する機能の概要を示します。

図 6: ハードウェアでのシスコ エクスプレス フォワーディング、MFIB、およびレイヤ2 転送情報の組み合わせ



MFIB ルートは、シスコ エクスプレス フォワーディング ユニキャスト ルートと同様にレイヤ 3 であるため、該当するレイヤ 2 情報と結合する必要があります。MFIB ルートの例を示します。

```
(* ,203.0.113.1)
RPF interface is Vlan3
Output Interfaces are:
Vlan 1
Vlan 2
```

ルート (\*,203.0.113.1) がハードウェア FIB テーブルにロードされ、出力インターフェイスのリストが MET にロードされます。出力インターフェイスのリストへのポインタ、MET インデックス、および RPF インターフェイスも、(\*,203.0.113.1) ルートとともにハードウェア FIB にロードされます。ハードウェアにこの情報をロードすることで、レイヤ 2 情報との結合を開始できるようになります。VLAN1 上の出力インターフェイスについて、Integrated Switching Engine は VLAN 1 上でスパンニングツリー フォワーディング ステートにあるすべてのスイッチポートにパケットを送信する必要があります。同じプロセスが VLAN2 に適用されます。VLAN 2 内のスイッチポートのセットを決定するために、レイヤ 2 転送テーブルが使用されます。

ハードウェアがパケットをルーティングする場合、すべての出力インターフェイスのすべてのスイッチポートにパケットを送信するだけでなく、ハードウェアは入力 VLAN の (パケットが到着したスイッチポートを除く) すべてのスイッチポートにも、パケットを送信します。たとえば、VLAN 3 に 2 つのスイッチポート、GigabitEthernet 3/1 および GigabitEthernet 3/2 があると仮定します。GigabitEthernet 3/1 上のホストがマルチキャストパケットを送信すると、GigabitEthernet 3/2 上のホストもそのパケットを受信しなければならない場合があります。GigabitEthernet 3/2 上のホストにマルチキャストパケットを送信するには、MET にロードされるポートセットに入力 VLAN のすべてのスイッチポートを追加する必要があります。

VLAN 1 に 1/1 および 1/2、VLAN 2 に 2/1 および 2/2、VLAN 3 に 3/1 および 3/2 が含まれていれば、このルート用の MET チェーンには、スイッチポート 1/1、1/2、2/1、2/2、3/1、および 3/2 が含まれることとなります。

IGMP スヌーピングがオンの場合、パケットは VLAN 2 のすべての出力スイッチポートに転送されるとは限りません。IGMP スヌーピングによって、グループメンバまたはルータが存在すると判断されたスイッチポートだけに、パケットが転送されます。たとえば、VLAN 1 で IGMP スヌーピングがイネーブルで、IGMP スヌーピングによってポート 1/2 だけにグループメンバが存在すると判断された場合、MET チェーンにはスイッチポート 1/1、1/2、2/1、2/2、3/1、および 3/2 が含まれることとなります。

## IP マルチキャスト配信モード

IP マルチキャスト配信のモードは、送信元ホストではなく、受信側ホストのみによって異なります。送信元ホストは、パケットの IP 送信元アドレスとしての固有の IP アドレスと、パケットの IP 宛先アドレスとしてのグループアドレスを使用して、IP マルチキャストパケットを送信します。

### Source Specific Multicast

Source Specific Multicast (SSM) は、ブロードキャストアプリケーションとしても知られる 1 対多アプリケーションをサポートする最善のデータグラム配信モデルです。SSM は、オーディオおよびビデオのブロードキャストアプリケーション環境を対象としたシスコの IP マルチキャストのコア ネットワーク テクノロジーです。

SSM 配信モードの場合、IP マルチキャスト レシーバホストは IGMP バージョン 3 (IGMPv3) を使用してチャンネル (S,G) を登録する必要があります。このチャンネルに登録することによって、ソースホストがグループ G に送信した IP マルチキャストトラフィックの受信をレシーバホストが要求していることを示します。ネットワークは、ソースホスト S からグループ G に送信された IP マルチキャストパケットを、チャンネル (S,G) に登録したネットワーク内のすべてのホストに配信します。

SSM では、ネットワーク内でグループアドレスを割り当てる必要はありません。各ソースホスト内で割り当てるだけです。同じソースホストで実行している各アプリケーションはそれぞれ異なる SSM グループを使用する必要があります。異なるソースホストで実行しているアプリケーションは、SSM グループアドレスを再利用できます。ネットワークに大量のトラフィックを発生させることはありません。

## マルチキャスト高速ドロップ

PIM-SM、PIM-DM などの IP マルチキャストプロトコルでは、(S,G) または (\*,G) ルートごとに、対応する着信インターフェイスがあります。このインターフェイスを、RPF インターフェイスといいます。予測される RPF インターフェイスとは異なるインターフェイスにパケットが到着することもあります。その場合、PIM によってパケットに特殊なプロトコル処理を行うために、そのパケットを CPU サブシステム ソフトウェアに転送する必要があります。PIM が実行する特殊なプロトコル処理の例としては、PIM アサートプロトコルがあります。



デフォルトでは、Integrated Switching Engine ハードウェアは、非 RPF インターフェイスに着信したすべてのパケットを CPU サブシステム ソフトウェアに送信します。ただし、これらの非 RPF パケットはほとんどの場合、マルチキャストルーティング プロトコルに必要ではないので、多くの場合、ソフトウェアによる処理は不要です。何の処置も行わなければ、ソフトウェアに送信される非 RPF パケットのため、CPU に負荷がかかるおそれがあります。

高速ドロップエントリをインストールするのではなく、シスコデバイスではダイナミックバッファ制限 (DBL) を使用します。このフローベースの輻輳回避メカニズムは、各トラフィックフローのキュー長を追跡することによりアクティブキュー管理を提供します。フローのキュー長がその設定された制限を超える場合、DBL がパケットをドロップします。CPU が過負荷にならないように、レート DBL は、CPU サブシステムに対する非 RPF トラフィックを制限します。パケットは CPU に対してフローごとにレート制限されます。CAM に高速ドロップエントリをインストールすることは不可能なため、スイッチで処理できる高速ドロップフローの数を制限する必要はありません。

リンクのダウン、ユニキャストルーティングテーブルの変更などのプロトコルイベントによって、安全に高速ドロップが可能なパケットの集合に影響が出ることがあります。以前は高速ドロップを行っても問題のなかったパケットを、トポロジの変更後、PIM ソフトウェアに処理させるため、CPU サブシステム ソフトウェアに転送する必要があります。CPU サブシステム ソフトウェアは、プロトコルイベントにตอบสนองして高速ドロップ エントリのフラッシュを行い、IOS の PIM コードが必要な RPF エラーをすべて処理できるようにします。

RPF エラーが繰り返し発生する可能性があるため、一部の一般的なトポロジでは、ハードウェアにおいて高速ドロップ エントリを使用することが重要です。高速ドロップ エントリがなければ、処理する必要のない RPF エラー パケットによって CPU が過負荷になります。

## Multicast Forwarding Information Base (マルチキャスト転送情報ベース)

マルチキャスト転送情報ベース (MFIB) サブシステムは、シスコデバイス上の Integrated Switching Engine ハードウェアの IP マルチキャストルーティングをサポートします。MFIB は、論理的には CPU サブシステムソフトウェアの IP マルチキャストルーティングプロトコル (PIM、IGMP、MSDP、MBGP、および DVMRP) と、ハードウェアで IP マルチキャストルーティングを管理するためのプラットフォーム固有のコードとの間に存在します。MFIB は、マルチキャストルーティングプロトコルによって作成されたルーティングテーブル情報を、Integrated Switching Engine ハードウェアが効率的に処理して転送に使用可能な、簡易なフォーマットに変換します。

マルチキャストルーティングテーブルの情報を表示するには、**show ip mroute** コマンドを使用します。MFIB テーブルの情報を表示するには、**show ip mfib** コマンドを使用します。

MFIB テーブルには、IP マルチキャストルートの集合が含まれます。IP マルチキャストルートには (S,G) および (\*,G) が含まれます。MFIB テーブルの各ルートに、オプションの 1 つまたは複数のフラグを対応付けることができます。ルートフラグは、ルートに一致するパケットの転送方法を指示します。たとえば、MFIB ルートに付けられた Internal Copy (IC) フラグは、スイッチ上のプロセスがパケットのコピーを受信する必要があることを意味します。MFIB ルートに対応付けできるフラグは、次のとおりです。

- **Internal Copy (IC) フラグ** : ルータ上のプロセスが、特定のルートに一致するすべてのパケットのコピーを受信する必要がある場合に設定します。
- **Signalling (S) フラグ** : このルートに一致するパケットを受信したときに、プロセスに通知する必要がある場合に設定します。シグナリングインターフェイス上でのパケット受信に応答して、プロトコルコードがMFIBステートを更新するなどの動作を行うことが考えられます。
- **Connected (C) フラグ** : このフラグをMFIBルートに設定した場合、直接接続されたホストによってルートに送信されたパケットだけをプロトコルプロセスに通知する必要があるという点を除き、**Signalling (S) フラグ**と同じ意味を持ちます。

ルートには、1つまたは複数のインターフェイスに対応するオプションのフラグを設定することもできます。たとえば、VLAN 1に関するフラグを設定した (S,G) ルートは、VLAN 1に着信するパケットをどのように扱うべきかと、このルートに一致するパケットをVLAN 1に転送すべきかを示します。MFIBでサポートされるインターフェイス単位のフラグは、次のとおりです。

- **Accepting (A)** : マルチキャストルーティングでRPFインターフェイスであることが明らかなインターフェイスに設定します。**Accepting (A)** をマークされたインターフェイスに着信したパケットは、すべての**Forwarding (F)** インターフェイスに転送されます。
- **Forwarding (F)** : 上記のように、**Accepting (A)** フラグと組み合わせて使用します。一連の転送インターフェイスは、マルチキャスト「olist」（出力インターフェイスリスト）と呼ばれるものを形成します。
- **Signalling (S)** : このインターフェイスにパケットが着信したとき、Cisco IOSの何らかのマルチキャストルーティングプロトコルプロセスに通知する必要がある場合に設定します。



(注) PIM-SM ルーティングを使用している場合、MFIB ルートには次の例のようなインターフェイスが含まれる場合があります。

```
PimTunnel [1.2.3.4]
```

これは、パケットが特定の宛先アドレスに対してトンネリングされていることを表すために、MFIB サブシステムが作成する仮想インターフェイスです。PimTunnel インターフェイスは、通常の **show interface** コマンドでは表示できません。

## S/M,224/4

MFIBでは、マルチキャスト対応のインターフェイスごとに (S/M,224/4) エントリが作成されます。このエントリによって、直接接続されたネイバーから送信されたすべてのパケットが、PIM-SM RP に Register カプセル化されるようになります。一般に、PIM-SMによって (S,G) ルートが確立されるまでの間、ごく少数のパケットだけが (S/M,224/4) ルートを使用して転送されます。

たとえば、IP アドレス 10.0.0.1 および ネットマスク 255.0.0.0 のインターフェイスで、送信元アドレスがクラス A ネットワーク 10 に所属する IP マルチキャスト パケットにすべて一致するルートが作成されるとします。このルートは、慣例的なサブネット/マスク長の表記では (10/8,224/4) と記述されます。インターフェイスに複数の IP アドレスが割り当てられている場合には、これらの IP アドレスごとに 1 つずつルートが作成されます。

## マルチキャストハイアベイラビリティ

Cisco Catalyst 9300 シリーズ スイッチ はマルチキャストハイアベイラビリティをサポートします。これにより、スーパーバイザエンジンに障害が発生してもマルチキャストトラフィックのフローが中断されることはありません。MFIB ステートは、スイッチオーバーの前にスタンバイスーパーバイザエンジンに同期化され、スーパーバイザエンジンの障害時のスイッチオーバーのときに高速コンバージェンスでの NSF の可用性が確保されます。

マルチキャスト HA (SSO/NSF/ISSU) は、PIM スパースモードと SSM モードでサポートされます。つまり、IGMP および MLD スヌーピング用のレイヤ 2 でサポートされます。

## IP マルチキャストに関する追加情報

### 関連資料

関連項目	マニュアルタイトル
この章で使用するコマンドの完全な構文および使用方法の詳細。	の「IP マルチキャストルーティングのコマンド」の項を参照してください。 <i>Command Reference (Catalyst 9300 Series Switches)</i>

### 標準および RFC

標準/RFC	タイトル
RFC 1112	『 <i>Host Extensions for IP Multicasting</i> 』
RFC 2236	『 <i>Internet Group Management Protocol, Version 2</i> 』
RFC 4601	『 <i>Protocol-Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification</i> 』



## 翻訳について

このドキュメントは、米国シスコ発行ドキュメントの参考和訳です。リンク情報につきましては、日本語版掲載時点で、英語版にアップデートがあり、リンク先のページが移動/変更されている場合がありますことをご了承ください。あくまでも参考和訳となりますので、正式な内容については米国サイトのドキュメントを参照ください。