



IPv6 ユニキャスト ルーティングの設定

インターネット プロトコル バージョン 6 (IPv6) は、TCP/IP プロトコル スイートでバージョン 4 (IPv4) を置き換えるためのネットワーク レイヤ インターネット プロトコルです。この章では、Catalyst 3750 スイッチに IPv6 ユニキャスト ルーティングを設定する方法について説明します。IPv4 ユニキャスト ルーティングの詳細については、[第 35 章「IP ユニキャスト ルーティングの設定」](#)を参照してください。IPv6 Multicast Listener Discovery (MLD) スヌーピングの詳細については、[第 37 章「IPv6 MLD スヌーピングの設定」](#)を参照してください。IPv6 Access Control List (ACL; アクセス制御リスト) の詳細については、[第 38 章「IPv6 ACL の設定」](#)を参照してください。

この機能を使用するには、スタック マスター上で拡張 IP サービス イメージが稼働している必要があります。これはシスコに発注できます。このイメージでは、すべての IP サービス イメージ (以前の拡張マルチレイヤ イメージ [EMI]) 機能、および IPv6 ホストとユニキャスト ルーティングがサポートされます。IPv6 ルーティングをイネーブルにするには、Switch Database Management (SDM) デュアル IPv4 および IPv6 テンプレートを設定する必要があります。[「SDM テンプレート」\(p.36-9\)](#)を参照してください。

特に明記しないかぎり、スイッチという用語はスタンドアロン スイッチおよびスイッチ スタックを意味します。



(注) この章で使用されるコマンドの構文および使用方法の詳細については、手順で参照している Cisco IOS マニュアルを参照してください。

この章で説明する内容は、次のとおりです。

- [IPv6 の概要 \(p.36-2\)](#)
- [IPv6 の設定 \(p.36-11\)](#)
- [IPv6 の表示 \(p.36-24\)](#)

IPv6 の概要

IPv6 を使用する主な理由は、インターネットのグローバルアドレス領域を増やして、固有のグローバル IP アドレスを必要とするユーザとアプリケーションの急増に対応するためです。IPv4 では 32 ビットアドレスを使用して約 40 億の使用可能なアドレスを提供しています。これらのアドレスの大部分は政府機関や大きな組織に割り当てられていて、使用可能な IP アドレスの数が急減しています。IPv6 には、128 ビットの送信元および宛先アドレスが組み込まれていて、IPv4 よりもさらに多くのグローバルに一意の IP アドレスを提供できます。

IPv6 のアーキテクチャにより、既存の IPv4 ユーザは簡単に IPv6 に移行することができ、エンドツーエンドのセキュリティ、Quality of Service (QoS; サービス品質)、およびグローバルに一意のアドレスなどのサービスを提供できます。IPv6 アドレス空間は柔軟性があるため、プライベートアドレスや、ネットワーク エッジの境界ルータでの Network Address Translation (NAT; ネットワークアドレス変換) 処理が削減されます。IPv6 では新しいユニキャスト方式を採用していて、IP アドレスに 16 進数値を導入し、区切り文字としてピリオド (.) の代わりにコロン (:) を使用しています。

IPv6 には IPv4 に比べて次のような利点もあります。

- アドレス管理および委任が容易
- ステートレス自動設定による簡単なアドレスの自動設定。DHCP に似ているが、指定の DHCP アプリケーションまたはサーバが不要。
- 内蔵 IPsec (暗号化セキュリティ)
- モバイル デバイス用に最適化されたルーティング
- Duplicate Address Detection (DAD; 重複アドレス検出) 機能

シスコ システムズの IPv6 の実装方法の詳細については、次の URL を参照してください。

<http://www.cisco.com/warp/public/732/Tech/ipv6/>

ここでは、スイッチの IPv6 実装について説明します。内容は次のとおりです。

- [IPv6 アドレス \(p.36-2\)](#)
- [サポートされている IPv6 ユニキャストルーティング機能 \(p.36-3\)](#)
- [サポートされていない IPv6 ユニキャストルーティング機能 \(p.36-6\)](#)
- [制限事項 \(p.36-7\)](#)
- [IPv6 とスイッチスタック \(p.36-8\)](#)
- [SDM テンプレート \(p.36-9\)](#)

IPv6 アドレス

IPv6 では、ユニキャスト (1 対 1)、マルチキャスト (1 対多)、エニキャスト (1 対最近接) の 3 種類のアドレスをサポートしています。マルチキャストアドレスは、ブロードキャストアドレスの代わりに使用されます。スイッチでは、IPv6 ユニキャストアドレスのみをサポートします。

IPv6 128 ビットアドレスは、x:x:x:x:x:x:x という形式で、コロンで区切った 8 個の 16 ビット 16 進数フィールドとして表現します。以下は、IPv6 アドレスの例です。

```
2031:0000:130F:0000:0000:09C0:080F:130B
```

より実装しやすくするように、各フィールドの先行ゼロはオプションです。同じアドレスで、先行ゼロがないものは次のようになります。

```
2031:0:130F:0:0:9C0:80F:130B
```

また、2 つのコロン (::) を使用して、連続するゼロの 16 進数フィールドを表すこともできますが、この短縮形は各アドレスで 1 回のみ使用可能です。

```
2031:0:130F::09C0:080F:130B
```

IPv6 アドレス形式、アドレスの種類、および IPv6 パケットヘッダーの詳細については、次の URL にアクセスして『*Implementing Basic Connectivity for IPv6*』を参照してください。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t13/ipv6_vgf.htm

『*Information About Implementing Basic Connectivity for IPv6*』で、次のセクションの内容は Catalyst 3750 スイッチに適用されます。

- 「IPv6 Address Formats」
- 「IPv6 Address Type: Unicast」
- 「IPv6 Address Output Display」
- 「Simplified IPv6 Packet Header」

スイッチは、このリリースではサイトローカルユニキャストアドレス、エニキャストアドレス、またはマルチキャストアドレスをサポートしていません。

サポートされている IPv6 ユニキャストルーティング機能

ここでは、スイッチでサポートされている IPv6 プロトコル (RFC 2460) 機能について説明します。

- 128 ビットワイドユニキャストアドレス (p.36-3)
- IPv6 ユニキャストのパス MTU 検出 (p.36-4)
- ICMPv6 (p.36-4)
- IPv6 ステートレス自動設定および重複アドレス検出 (p.36-5)
- IPv6 アプリケーション (p.36-5)
- IPv4/IPv6 デュアルプロトコルスタック (p.36-6)

スイッチでのサポートには、拡張アドレス機能、ヘッダー形式の単純化、拡張機能およびオプションに対するサポートの改善、および拡張ヘッダーのハードウェア解析が含まれています。スイッチでは、ソフトウェアでルーティングまたはブリッジングされるホップバイホップ拡張ヘッダーパケットをサポートします。

スイッチは、スタティックルート用のネイティブ形式のイーサネット ISL (スイッチ間リンク) または 802.1Q トランクポート、IPv6 用の Routing Information Protocol (RIP) (RFC 2080)、および Open Shortest Path First (OSPF) バージョン 3 プロトコル (RFC 2740) の IPv6 ルーティング機能を提供します。最大で 16 の等価コストのルートをサポートし、IPv4 および IPv6 フレームを同時に回線レートで転送します。

128 ビットワイドユニキャストアドレス

スイッチでは、集約可能グローバルユニキャストアドレスおよびリンクローカルユニキャストアドレス (RFC 2373) をサポートしています。サイトローカルユニキャストアドレスはサポートしていません。

- 集約可能グローバルユニキャストアドレスは、集約可能グローバルユニキャストプレフィックスによる IPv6 アドレスです。このアドレスの構造は、ルーティングプレフィックスの厳密な集約を可能にするもので、グローバルルーティングテーブル内のルーティングテーブルエントリ数を制限します。これらのアドレスは、組織を通じて集約され、最終的にインターネットサービスプロバイダで集約されるリンクに使用されます。

このアドレスは、グローバルルーティングプレフィックス、サブネット ID、インターフェイス ID によって定義されます。現在のグローバルユニキャストアドレス割り当てでは、バイナリ値 001 (2000::/3) で始まるアドレスの範囲が使用されます。2000::/3 (001) ~ E000::/3 (111) のプレフィックスを持つアドレスは、Extended Universal Identifier (EUI) -64 形式の 64 ビットインターフェイス ID を持つ必要があります。

- リンクローカルユニキャストアドレスは、リンクローカルプレフィクス FE80::/10 (1111 1110 10) および修正 EUI 形式のインターフェイス ID を使用しているインターフェイス上に自動的に設定できます。リンクローカルアドレスは、ネイバ検出プロトコルとステートレス自動設定プロセスで使用されます。ローカルリンク上のノードは通信にリンクローカルアドレスを使用し、グローバルに一意的なアドレスは不要です。IPv6 ルータは、他のリンクへのリンクローカル発信元または宛先アドレスを持つパケットを転送しません。

『Cisco IOS IPv6 Configuration Library』の「Implementing Basis Connectivity for IPv6」の章にある「IPv6 Unicast Addresses」を参照してください。URL は次のとおりです。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t13/ipv6_vgf.htm

各 IPv6 ホストインターフェイスでは、ハードウェアで最大 3 つのアドレス (1 つの集約可能グローバルユニキャストアドレス、1 つのリンクローカルユニキャストアドレス、およびゼロ以上のプライベートアドレス) をサポートできます。

IPv6 の DNS

IPv6 では、新しい Domain Name System (DNS; ドメインネームシステム) レコードタイプが導入されていて、DNS の名前 / アドレス、アドレス / 名前のルックアッププロセスでサポートされています。新しい DNS AAA リソースのレコードタイプは、IPv6 アドレスをサポートし、IPv4 の A アドレスレコードと同等のものです。スイッチは、IPv4 と IPv6 の DNS 解決をサポートします。

IPv6 ユニキャストのパス MTU 検出

スイッチは、IPv6 ノードに対するシステム MTU (最大伝送ユニット) のアドバタイズと、パス MTU 検出をサポートします。パス MTU 検出 (RFC 1981) により、ホストは所定のデータパス上のすべてのリンクの MTU サイズの相違を動的に検出し、調整することができます。IPv6 では、パス上のリンクがパケットサイズに対応しきれない場合、パケットの発信元がフラグメンテーションの処理を行います。スイッチは、マルチキャストパケットのパス MTU 検出をサポートしません。

ICMPv6

IPv6 の Internet Control Message Protocol (ICMP) (RFC 2463) は、IPv4 の場合と同様に機能します。ICMP は、ICMP 宛先到達不能メッセージなどのエラーメッセージを生成して、処理や他の診断機能でのエラーをレポートします。IPv6 でも、ICMP パケットはネイバ検出プロトコルおよびパス MTU 検出で使用されます。基本 IPv6 パケットヘッダーの Next Header フィールド内の値 58 は、IPv6 ICMP パケットを識別します。

またスイッチは、ICMPv6 の上部で動作するプロトコルである IPv6 の Neighbor Discovery Protocol (NDP) (RFC 2461) と、NDP を未サポートの IPv6 ステーション用スタティックネイバ検出をサポートします。IPv6 ネイバ検出プロセスでは、ICMP メッセージと送信請求ノードのマルチキャストアドレスを使用して、同じネットワーク (ローカルリンク) 上のネイバのリンク層アドレスの判別、ネイバの到達可能性の検証、および近接ルータの追跡を行います。

ICMP パケットヘッダーの Type フィールド内の値 135 は、ネイバ送信請求メッセージを識別します。ノードが同じローカルリンク上の別のノードのリンク層アドレスを判別する場合、ネイバ送信請求メッセージがローカルリンク上に送信されます。宛先ノードがネイバ送信請求メッセージを受信すると、ICMP パケットヘッダーの Type フィールド内の値が 136 のネイバアドバタイズメッセージを送信して応答します。

ICMP パケット ヘッダーの Type フィールド内の値 137 は、IPv6 ネイバリダイレクトメッセージを識別します。スイッチは、マスク長が 64 未満のルートの ICMPv6 リダイレクト (RFC 2463) をサポートします。ICMP リダイレクトは、64 以上のマスク長を持つホストルートおよび要約ルートをサポートしていません。ルータはネイバリダイレクトメッセージを送信して、宛先へのパス上にあるより適切な先頭ホップ ノードをホストに通知します。ルータはネイバリダイレクトメッセージの受信後にルーティング テーブルを更新せず、ホストはネイバリダイレクトメッセージを発信しません。

IPv6 ステートレス自動設定および重複アドレス検出

IPv6 では、2 種類の自動設定をサポートしています。

- ステートレス自動設定 (RFC 2462)。ホストが自動的に自身のリンクローカルアドレスを設定し、起動ノードがルータ送信請求を送信してインターフェイス設定用のルータ アドバタイズを要求します。
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) v6 を使用したステートフル自動設定

スイッチは、リンク、サブネット、およびホストとモバイル IP アドレスの管理などのサイトアドレス変更を管理するステートレス自動設定をサポートします。

IPv6 ノードのすべてのインターフェイスにはリンクローカルアドレスが必要です。これは、インターフェイスの ID (ルータの MAC アドレス)、およびリンクローカルプレフィックス FE80::/10 から自動的に設定されます。リンクローカルアドレスを使用することで、ノードはリンク上のその他のノードと通信することができ、また、ノードをさらに設定することもできます。ノードは、ネットワークに接続して自動的にグローバル IPv6 アドレスを生成することができます。手動での設定や DHCP サーバなどのサーバ支援は不要です。IPv6 では、リンク上のルータは、ルータ アドバタイズメッセージを使用して、グローバルプレフィックスと、リンクのデフォルトのルータとして機能できることをアドバタイズします。リンク上のノードは、インターフェイス ID (64 ビット) をルータ アドバタイズメッセージに含まれるプレフィックス (64 ビット) に追加することによって、自動的にグローバル IPv6 アドレスを設定できます。

ノードが設定した 128 ビット IPv6 アドレスは、次に重複アドレス検出 (RFC 2462) により、リンク上で一意であることが保証されます。アドバタイズされたプレフィックスがグローバルに一意の場合、ノードによって設定された IPv6 アドレスはグローバルに一意であることが保証されます。ICMP パケットヘッダー Type フィールドの値が 133 のルータ送信請求メッセージは、ホストによってシステム起動時に送信されるため、ホストはスケジューリングされている次のルータ アドバタイズメッセージを待つことなく、ホスト自身をすぐに自動設定できます。IPv6 重複アドレス検出は、インターフェイスに割り当てられる前にユニキャストアドレスで実行されます。スイッチは、自動的に生成されるサイトローカル IPv6 アドレスをサポートしていません。

IPv6 アプリケーション

スイッチは、次のアプリケーションについて IPv6 をサポートします。

- ping、traceroute、Telnet、TFTP、FTP
- IPv6 トランスポートでの HTTP サーバアクセス
- IPv6 トランスポートでの AAAA 用 DNS レゾルバ

Cisco IOS におけるこれらのアプリケーションの管理の詳細については、『Cisco IOS IPv6 Configuration Library』の「Managing Cisco IOS Applications over IPv6」を参照してください。次の URL からアクセスできます。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios123/123cgcr/ipv6_c/sa_mgeev6.htm

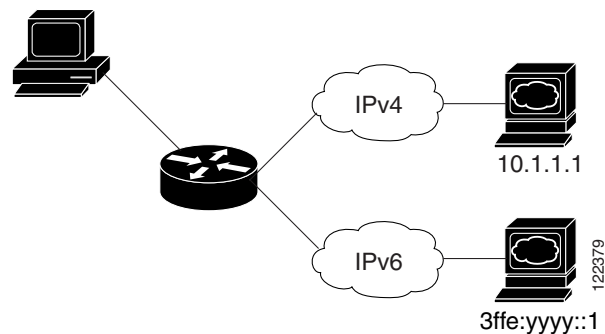
IPv4/IPv6 デュアル プロトコル スタック

IPv6 へ移行するための技法に、IPv4/IPv6 デュアルプロトコルスタックを使用する方法があります。デュアルスタックを使用することで、ノードで動作中のアプリケーションを少しずつ順々にアップグレードできます。IPv6 にアップグレードされたアプリケーションは IPv6 プロトコルスタックを使用し、アップグレードされず IPv4 のみをサポートするアプリケーションはアップグレードされたアプリケーションと同じノードで共存することができます。新規およびアップグレードされたアプリケーションは、IPv4 と IPv6 の両方のプロトコルスタックを使用できます。

Cisco IOS ソフトウェアは、IPv4/IPv6 デュアルプロトコルスタック技法をサポートしています。IPv4 と IPv6 の両方のルーティングがイネーブルで、インターフェイスが IPv4 アドレスと IPv6 アドレスの両方で設定されている場合、インターフェイスは IPv4 トラフィックと IPv6 トラフィックの両方を転送します。

図 36-1 に、IP パケットおよび宛先アドレスに基づいて、同じインターフェイスを介して IPv4 トラフィックおよび IPv6 トラフィックの両方を転送するルータを示します。

図 36-1 インターフェイス上での IPv4 と IPv6 のデュアル サポート



スイッチは、Ternary CAM (TCAM) を使用してユニキャストルート、MAC アドレス、Access Control List (ACL; アクセス制御リスト) などの機能を格納し、Switch Database Management (SDM) テンプレートを提供してスイッチの用途に応じてメモリリソースを割り当てます。TCAM 使用を IPv4 プロトコルと IPv6 プロトコルの両方に対して割り当てるには、デュアル IPv4 および IPv6 テンプレートを使用する必要があります。「SDM テンプレート」(p.36-9) を参照してください。

サポートされていない IPv6 ユニキャストルーティング機能

このリリースでは、スイッチは次の IPv6 機能をサポートしていません。

- IPv6 ポリシーベースのルーティング
- IPv6 Virtual Private Network (VPN; 仮想私設網) Routing and Forwarding (VRF) テーブルのサポート
- Web Cache Communication Protocol (WCCP) over IPv6
- 次の IPv6 ルーティングプロトコルのサポート — Multiprotocol Border Gateway Protocol (BGP)、Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS) ルーティング、Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)
- SNMP (簡易ネットワーク管理プロトコル) over IPv6 トランスポート
- Cisco Discovery Protocol (CDP) IPv6 アドレスファミリーサポート
- IPv6 Hot Standby Router Protocol (HSRP)
- DHCPv6

- サイトローカルアドレス宛の IPv6 パケット
- IPv4-to-IPv6 や IPv6-to-IPv4 などのトンネリング プロトコル
- IPv4-to-IPv6 と IPv6-to-IPv4 のトンネリング プロトコルをサポートするトンネル エンドポイントとしてのスイッチ
- IPv6 ユニキャスト リバース パス フォワーディング
- IPv6 の一般的なプレフィクス

制限事項

IPv6 はスイッチのハードウェアに実装されているので、TCAM 内の IPv6 圧縮アドレスを使用することによる制限がいくつかあります。これらのハードウェアの制限事項により、機能が失われたり機能に制限が加わるようになります。

機能の制限は次のとおりです。

- ICMP リダイレクト機能は、IPv6 ホスト ルート (特定のホストに到達するのに使用するルート) や 64 以上のマスク長の IPv6 ルートに対してサポートされていません。スイッチは、ホスト ルートまたはマスク長が 64 以上のルートで到達できる特定の宛先に対して、優位の先頭ホップ ルータへホストをリダイレクトできません。
- 等価コストおよび非等価コスト ルートを使用したロードバランシングは、IPv6 ホスト ルート や 64 以上のマスク長の IPv6 ルートに対してサポートされていません。
- スwitchは、SNAP カプセル化 IPv6 パケットを正しく転送できません。これらのパケットは転送 (ブリッジングまたはルーティング) される前に破損し、破損したパケットとしてネットワークに到達します。



(注) IPv4 SNAP カプセル化パケットでも類似の制約がありますが、パケットはスイッチで廃棄されるので破損したパケットとして転送されることはありません。

- スwitchは IPv6-to-IPv4 と IPv4-to-IPv6 のパケットをハードウェアで転送しますが、IPv6-to-IPv4 または IPv4-to-IPv6 のトンネル エンドポイントにはなれません。
- ブリッジングされたホップバイホップ拡張ヘッダー付き IPv6 パケットは、ソフトウェアで転送されます。IPv4 では、これらのパケットはソフトウェアでルーティングされますが、ハードウェアでブリッジングされます。
- ソフトウェア コンフィギュレーション ガイドで定義されている通常の SPAN および RSPAN の制限事項に加えて、IPv6 パケットには次のような制限事項があります。
 - RSPAN IPv6 ルーテッド パケットを出力する際、SPAN 出力パケット内の送信元 MAC アドレスが破損する可能性があります。
 - RSPAN IPv6 ルーテッド パケットを出力する際、宛先 MAC アドレスが破損する可能性があります。通常のトラフィックには影響しません。
- スwitchは、ハードウェア内の送信元ルーテッド IPv6 パケットに、QoS 分類、またはポリシー ベース ルーティングを適用できません。
- スwitchは、マルチキャスト パケットに対して ICMPv6 *Packet Too Big* メッセージを生成できません。

IPv6 とスイッチ スタック

スイッチは、IPv4 ユニキャスト ルーティングとほぼ同じような、スタック内の IPv6 転送をサポートします。スタック マスターは IPv6 ユニキャスト ルーティング プロトコルを実行してルーティング テーブルを計算します。Distributed CEF (dCEF; 分散 CEF) を使用して、スタック マスターはルーティング テーブルをスタック メンバー スイッチにダウンロードします。メンバー スイッチはテーブルを受信して、ハードウェア転送用に IPv6 ルートをハードウェアにインストールします。



(注) IPv6 ルーティングをスタック内で機能させるために、スタック内のすべてのスイッチで拡張 IP サービス イメージを実行している必要があります。

新しいスイッチがスタック マスターになる場合、新しいマスターは IPv6 ルーティング テーブルを再計算してこれをメンバー スイッチに配布します。新しいスタック マスターが選択されてリセットする間、スイッチ スタックは IPv6 パケットを転送しません。新しいスイッチがスタック マスターになると、スタック MAC アドレスも変更されます。スタックの IPv6 アドレスが、`ipv6 address ipv6-prefix/prefix length eui-64` インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して EUI で指定されている場合、アドレスはインターフェイス MAC アドレスに基づいて、MAC アドレスを変更すると IPv6 アドレスも変更されます。「[IPv6 アドレス指定の設定と IPv6 ルーティングのイネーブル化](#)」(p.36-11) を参照してください。



(注) 固定 MAC アドレス機能をスタックに設定してスタック マスターを変更した場合、スタック MAC アドレスは約 4 分間変更されません。この期間に前のスタック マスターがメンバー スイッチとしてスタックに復帰する場合、スタック MAC アドレスは前のスタック マスターの MAC アドレスのままになります。第 5 章「[スイッチ スタックの管理](#)」の「[固定 MAC アドレスのイネーブル化](#)」(p.5-21) を参照してください。

IPv6 スタック マスターおよびメンバーの機能は次のとおりです。

- スタック マスター
 - IPv6 ルーティングプロトコルの実行
 - ルーティング テーブルの生成
 - dCEFv6 を使用するスタック メンバーへの CEFv6 ルーティング テーブルの配布
 - IPv6 ホスト機能および IPv6 アプリケーションの実行
- スタック メンバー (拡張 IP サービス イメージを実行している必要があります)
 - スタック マスターからの CEFv6 ルーティング テーブルの受信
 - ハードウェア内へのルートのプログラミング。スイッチに入る IPv6 パケットがハードウェアでルーティングされます。
 - マスターの再選択での CEFv6 テーブルのフラッシュ

IPv4 ユニキャスト ルーティングを使用する場合、スタック マスターに障害が発生すると、スタックはスタック マスターがダウンしていることを検出し、スタック メンバーの 1 つを新規スタック マスターとして選択します。ハードウェアは一時的な中断を除き、プロトコルがアクティブでない状態で、パケットの転送を続けます。IPv6 の場合、スイッチはパケットの転送を続けません。新しいスタック マスターを選択する場合、スタックがすべてのルートを復旧させてトラフィックの転送を再開するまで最大 60 秒必要です。

IPv6 ホスト機能はスタック マスターでサポートされていて、すべての IPv6 アプリケーションはスタック マスターで実行されます。

SDM テンプレート

ほとんどの Catalyst 3750 スイッチには、ユニキャスト ルート、MAC アドレス、ALC、および他の機能を格納するための TCAM が 1 つあります。さまざまな用途に TCAM リソースを割り当てるために、スイッチ SDM テンプレートによってシステム リソースに優先順位をつけて、特定の機能のサポートを最適化します。**sdm prefer** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用してスイッチの環境に最も適したテンプレートを選択します。SDM テンプレートの詳細については、[第 8 章「SDM テンプレートの設定」](#)を参照してください。



(注)

アグリゲータ テンプレートは Catalyst 3750-12S スイッチでのみサポートされます。他のすべての Catalyst 3750 スイッチは、デスクトップテンプレートのみをサポートしています。

スイッチ スタックが拡張 IP サービス イメージを実行している場合、IP バージョン 6 (IPv6) をサポートするために SDM テンプレートを選択できます。デュアル デスクトップおよびアグリゲータ IPv4/IPv6 テンプレートを使用することにより、(IPv4 と IPv6 の両方をサポートする) デュアル スタック環境でスイッチを使用できるようになります。



(注)

デュアル IPv4/IPv6 テンプレートを最初に選択せずに IPv6 を設定しようとする、警告メッセージが生成されます。

- IPv4 のみの環境では、スイッチは IPv4 パケットをルーティングし、ハードウェアで IPv4 QoS および ACL を適用します。IPv6 パケットはサポートされません。
- IPv4 と IPv6 のデュアル環境では、スイッチは IPv4 パケットと IPv6 パケットをルーティングし、ハードウェアで IPv4 の QoS と ACL を適用します。このリリースでは、IPv6 の QoS と ACL がサポートされていません。



(注)

デュアル スタック テンプレートを使用すると、各リソースに割り当てられる TCAM の容量が減るので、IPv4 トラフィックのみを転送する場合はこのテンプレートを使用しないでください。

デュアル IPv4/IPv6 SDM テンプレート

次の SDM テンプレートは、IPv4 および IPv6 環境をサポートします。



(注)

このリリースでは、IPv6 のマルチキャスト、QoS、ACL はサポートされていません。

- デスクトップ デュアル IPv4/IPv6 デフォルト テンプレート — デスクトップ スイッチ (Catalyst 3750-12S を除くすべての Catalyst 3750 スイッチ) 上で、IPv4 のレイヤ 2、マルチキャスト、ルーティング、QoS、ACL、および IPv6 のレイヤ 2 とルーティングをサポートします。
- デスクトップ デュアル IPv4/IPv6 VLAN テンプレート — デスクトップ スイッチ上で IPv4 の基本レイヤ 2、マルチキャスト、QoS、ACL、および IPv6 の基本レイヤ 2 をサポートします。
- アグリゲータ デュアル IPv4/IPv6 デフォルト テンプレート — Catalyst 3750-12S アグリゲータ スイッチ上で IPv4 のレイヤ 2、マルチキャスト、ルーティング、QoS、ACL、および IPv6 のレイヤ 2 とルーティングをサポートします。

- アグリゲータ デュアル IPv4/IPv6 VLAN テンプレート — Catalyst 3750-12S スイッチ上で IPv4 の基本レイヤ 2、マルチキャスト、QoS、ACL、および IPv6 の基本レイヤ 2 をサポートします。



(注)

IPv4 ルートに必要な TCAM エントリは 1 つだけです。IPv6 で使用されるハードウェア圧縮方式により、IPv6 ルートは複数の TCAM エントリを取得でき、ハードウェアで転送されるエントリの数を減らすことができます。たとえば、IPv6 の直接接続 IP アドレスの場合、デスクトップ テンプレートでは 2000 エントリ未満になる可能性があります。

表 36-1 に、各新規テンプレートに割り当てられる機能リソースの概数を示します。テンプレートの概算は、8 つのルーテッドインターフェイスがあり約 1000 の VLAN があるスイッチに基づいています。



(注)

現在のソフトウェア リリースでは、IPv6 の QoS、ACL はサポートされていません。

表 36-1 デュアル IPv4/IPv6 テンプレートが許容する機能リソースの概数

リソース	デスクトップ IPv4/IPv6 デフォルト	デスクトップ IPv4/IPv6 VLAN	アグリゲータ IPv4/IPv6 デフォルト	アグリゲータ IPv4/IPv6 VLAN
ユニキャスト MAC アドレス	2 K	8 K	2 K	8 K
IPv4 IGMP グループとマルチキャスト ルート	1 K	1 K	2 K	0
IPv4 ユニキャスト ルートの合計	3 K	0	3 K	0
• 直接接続された IPv4 ホスト	2 K	0	2 K	0
• 間接 IPv4 ルート	1 K	0	1 K	1 K
IPv6 マルチキャスト グループ	1 K	1 K	1 K	1 K
IPv6 ユニキャスト ルートの合計	3 K	0	3 K	0
• 直接接続された IPv6 アドレス	2 K	0	2 K	0
• 間接 IPv6 ユニキャスト ルート	1 K	0	1 K	0
IPv4 ポリシーベースのルーティング ACE	0	0	0	0
IPv4 または MAC QoS ACE (合計)	512	512	876	876
IPv4 または MAC セキュリティ ACE (合計)	1 K	1 K	512	1 K
IPv6 ポリシーベースのルーティング ACE	0	0	0	0
IPv6 QoS ACE	510	510	876	876
IPv6 セキュリティ ACE	510	510	876	876

IPv6 の設定


ここでは、IPv6 転送の設定について説明します。

- IPv6 のデフォルト設定 (p.36-11)
- IPv6 アドレス指定の設定と IPv6 ルーティングのイネーブル化 (p.36-11)
- IPv4/IPv6 プロトコルスタックの設定 (p.36-14)
- IPv6 ICMP レート制限の設定 (p.36-16)
- IPv6 の CEF および dCEF の設定 (p.36-16)
- IPv6 のスタティックルーティングの設定 (p.36-17)
- IPv6 の RIP の設定 (p.36-19)
- IPv6 の OSPF の設定 (p.36-21)

IPv6 のデフォルト設定

表 36-2 に、IPv6 のデフォルト設定を示します。

表 36-2 IPv6 のデフォルト設定

機能	デフォルト設定
SDM テンプレート	デフォルトのデスクトップまたはデフォルトのアグリゲータ (Catalyst3750-12S)
IPv6 ルーティング	全インターフェイスでグローバルにディセーブル
CEFv6 または dCEFv6	ディセーブル (IPv4 CEF および dCEF はデフォルトでイネーブル)
	 (注) IPv6 ルーティングがイネーブルの場合、CEFv6 および dCEFv6 は自動的にイネーブルになります。
IPv6 アドレス	設定なし

IPv6 アドレス指定の設定と IPv6 ルーティングのイネーブル化

ここでは、個々のレイヤ 3 インターフェイスに IPv6 アドレスを割り当ててスイッチで IPv6 トラフィックの転送をグローバルにイネーブルにする方法について説明します。



(注) `ipv6 address` インターフェイス コンフィギュレーション コマンドでは、`ipv6-address` および `ipv6-prefix` 変数を RFC 2373 に記載されている形式で入力する必要があります。アドレスはコロンで区切られた 16 ビット値を使用して 16 進数で指定します。(スラッシュ [/] が前に付いている) `prefix-length` 変数は 10 進数値で、アドレスの上位連続ビットのうち何ビットでプレフィクス (アドレスのネットワーク部分) を構成しているかを示します。

IPv6 トラフィックを転送するインターフェイスの場合、このインターフェイスに IPv6 アドレスを設定する必要があります。インターフェイスにグローバル IPv6 アドレスを設定すると、自動的にリンクローカル アドレスが設定されてインターフェイスで IPv6 がアクティブ化されます。設定されたインターフェイスは、以下のような、そのリンクの必須マルチキャスト グループに自動的に参加します。

- インターフェイスに割り当てられた各ユニキャスト アドレスに対する、送信請求ノード マルチキャスト グループ FF02:0:0:0:1:ff00::/104 (このアドレスはネイバ検出プロセスで使用されます)
- 全ノードのリンクローカル マルチキャストグループ FF02::1
- 全ルータのリンクローカル マルチキャストグループ FF02::2



(注)

スイッチで IPv6 を設定する前に、デュアル IPv4/IPv6 SDM テンプレートが選択されていることを確認してください。

IPv6 ルーティングの設定の詳細については、『Cisco IOS IPv6 Configuration Library』の「Implementing Basis Connectivity for IPv6」の章を参照してください。URL は次のとおりです。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t13/ipv6_vgf.htm



(注)

この章で説明しているすべての機能が Catalyst 3750 スイッチでサポートされているわけではありません。「サポートされていない IPv6 ユニキャスト ルーティング機能」(p.36-6) を参照してください。

IPv6 アドレスをレイヤ 3 インターフェイスに割り当てて IPv6 ルーティングをイネーブルにするには、イネーブル EXEC モードで次の手順を実行します。

	コマンド	説明
ステップ 1	<code>configure terminal</code>	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 2	<code>sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 {default vlan} [desktop]</code>	IPv4 および IPv6 をサポートする SDM テンプレートを選択します。 <ul style="list-style-type: none"> • default — システム リソースを均衡化するためにスイッチをデフォルトのテンプレートに設定します。 • vlan — ハードウェアでのルーティングをサポートしないスイッチでの VLAN 設定を最大化します。 • desktop — デスクトップ テンプレートの 1 つをスイッチに設定するために Catalyst 3750-12S アグリゲータ スイッチでのみサポートされます。アグリゲータ スイッチでこの設定が選択されなかった場合、アグリゲータ テンプレートが自動的に選択されます。
ステップ 3	<code>end</code>	イネーブル EXEC モードに戻ります。
ステップ 4	<code>reload</code>	オペレーティング システムをリロードします。
ステップ 5	<code>configure terminal</code>	(スイッチがリロードされたあとに) グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 6	<code>interface interface-id</code>	インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始し、設定するレイヤ 3 インターフェイスを指定します。インターフェイスは、物理インターフェイス、Switch Virtual Interface (SVI; スイッチ仮想インターフェイス)、レイヤ 3 EtherChannel のうちいずれかにすることができます。
ステップ 7	<code>no switchport</code>	レイヤ 2 コンフィギュレーション モードからインターフェイスを削除します (物理インターフェイスの場合)。

	コマンド	説明
ステップ 8	ipv6 address <i>ipv6-prefix/prefix length eui-64</i> または ipv6 address <i>ipv6-address link-local</i> または ipv6 enable	IPv6 アドレスの下位 64 ビットで EUI 形式のグローバル IPv6 アドレスを指定します。ネットワーク プレフィクスのみを指定します。最後の 64 ビットはスイッチ MAC アドレスから自動的に計算されます。これにより、インターフェイスでの IPv6 処理がイネーブルになります。 IPv6 がインターフェイスでイネーブルになる際に自動的に設定されるリンクローカルアドレスではなく、使用するインターフェイスでリンクローカルアドレスを指定します。このコマンドにより、インターフェイスでの IPv6 処理がイネーブルになります。 インターフェイスで自動的に IPv6 リンクローカルアドレスを設定し、インターフェイスでの IPv6 処理をイネーブルにします。リンクローカルアドレスは、同一リンク内のノードとの通信にのみ使用できます。
ステップ 9	exit	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 10	ip routing	スイッチ上で IP ルーティングをイネーブルに設定します。
ステップ 11	ipv6 unicast-routing	IPv6 ユニキャスト データ パケットの転送をイネーブルにします。
ステップ 12	end	イネーブル EXEC モードに戻ります。
ステップ 13	show ip v6 interface <i>interface-id</i>	設定を確認します。
ステップ 14	copy running-config startup-config	(任意) コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

インターフェイスから IPv6 アドレスを削除するには、**no ipv6 address *ipv6-prefix/prefix length eui-64*** または **no ipv6 address *ipv6-address link-local*** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。手動で設定したすべての IPv6 アドレスをインターフェイスから削除するには、**no ipv6 address** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを引数なしで使用します。IPv6 アドレスで明示的に設定されていないインターフェイスで IPv6 処理をディセーブルにするには、**no ipv6 enable** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。IPv6 ルーティングをグローバルにディセーブルにするには、**no ipv6 unicast-routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。

次に、IPv6 プレフィックス 2001:0DB8:c18:1::/64 に基づいて Ipv6 をリンクローカルアドレスおよびグローバルアドレスでイネーブルにする例を示します。EUI-64 インターフェイス ID は、両方のアドレスの下位 64 ビットで使用されます。**show ipv6 interface EXEC** コマンドからの出力を見ると、インターフェイスのリンクローカルプレフィックス FE80::/64 にインターフェイス ID (20B:46FF:FE2F:D940) がどのように付加されているかがわかります。

```
Switch(config)# sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 default
Switch(config)# ipv6 unicast-routing
Switch(config)# interface fastethernet1/0/11
Switch(config-if)# no switchport
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:0DB8:c18:1::/64 eui 64
Switch(config-if)# end
Switch# show ipv6 interface fastethernet1/0/11
FastEthernet1/0/11 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::20B:46FF:FE2F:D940
  Global unicast address(es):
    2001:0DB8:c18:1:20B:46FF:FE2F:D940, subnet is 2001:0DB8:c18:1::/64 [EUI]
  Joined group address(es):
    FE02::1
    FE02::2
    FE02::1:FE2F:D940
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds
  ND advertised reachable time is 0 milliseconds
  ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds
  ND router advertisements are sent every 200 seconds
  ND router advertisements live for 1800 seconds
  Hosts use stateless autoconfig for addresses.
```

IPv4/IPv6 プロトコルスタックの設定

インターフェイスを IPv4 アドレスと IPv6 アドレスの両方で設定する場合、インターフェイスは IPv4 トラフィックと IPv6 トラフィックの両方を転送し、IPv4 ネットワークと IPv6 ネットワークの両方でデータを送受信できます。

IPv4I と Pv6 の両方をサポートするようにレイヤ 3 インターフェイスを設定して IPv6 ルーティングをイネーブルにするには、イネーブル EXEC モードで次の手順を実行します。



(注) IPv6 ルーティングを設定する前に、IPv4 および IPv6 をサポートする SDM テンプレートを選択する必要があります。まだ設定していない場合、**sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 {default | vlan} [desktop]** グローバルコンフィギュレーションコマンドを使用して IPv6 をサポートするテンプレートを設定します。新しいテンプレートを選択した場合、テンプレートを有効にするために **reload** イネーブル EXEC コマンドを使用してスイッチをリロードする必要があります。

	コマンド	説明
ステップ 1	configure terminal	グローバルコンフィギュレーションモードを開始します。
ステップ 2	ip routing	スイッチ上で IPv4 をイネーブルに設定します。
ステップ 3	ipv6 unicast-routing	スイッチで IPv6 データパケットの転送をイネーブルに設定します。
ステップ 4	interface interface-id	インターフェイスコンフィギュレーションモードを開始し、設定するレイヤ 3 インターフェイスを指定します。

	コマンド	説明
ステップ 5	no switchport	レイヤ 2 コンフィギュレーション モードからインターフェイスを削除します (物理インターフェイスの場合)。
ステップ 6	ip address ip-address mask [secondary]	インターフェイスのプライマリまたはセカンダリ IPv4 アドレスを指定します。
ステップ 7	ipv6 address ipv6-prefix/prefix length eui-64 または ipv6 address ipv6-address link-local または ipv6 enable	IPv6 アドレスの下位 64 ビットにインターフェイス ID を持つグローバル IPv6 アドレスを指定します。ネットワーク プレフィックスのみを指定します。最後の 64 ビットはスイッチ MAC アドレスから自動的に計算されます。これにより、インターフェイスでの IPv6 処理がイネーブルになります。 IPv6 がインターフェイスでイネーブルになる際に自動的に設定されるリンクローカルアドレスではなく、使用するインターフェイスでリンクローカルアドレスを指定します。このコマンドにより、インターフェイスでの IPv6 処理がイネーブルになります。 インターフェイスで自動的に IPv6 リンクローカルアドレスを設定し、インターフェイスでの IPv6 処理をイネーブルにします。リンクローカルアドレスは、同一リンク内のノードとの通信にのみ使用できます。
ステップ 8	end	イネーブル EXEC モードに戻ります。
ステップ 9	show interface interface-id show ip interface interface-id show ip v6 interface interface-id	設定を確認します。
ステップ 10	copy running-config startup-config	(任意) コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

IPv4 ルーティングをディセーブルにするには、**no ip routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。IPv6 ルーティングをディセーブルにするには、**no ipv6 unicast-routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。インターフェイスから IPv4 アドレスを削除するには、**no ip address ip-address mask** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。インターフェイスから IPv6 アドレスを削除するには、**no ipv6 address ipv6-prefix/prefix length eui-64** または **no ipv6 address ipv6-address link-local** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。手動で設定したすべての IPv6 アドレスをインターフェイスから削除するには、**no ipv6 address** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを引数なしで使用します。IPv6 アドレスで明示的に設定されていないインターフェイスで IPv6 処理をディセーブルにするには、**no ipv6 enable** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。

次に、インターフェイスで IPv4 および IPv6 ルーティングをイネーブルにする例を示します。

```
Switch(config)# sdm prefer dual-ipv4-and-ipv6 default
Switch(config)# ip routing
Switch(config)# ipv6 unicast-routing
Switch(config)# interface fastethernet1/0/11
Switch(config-if)# no switchport
Switch(config-if)# ip address 192.168.99.1 244.244.244.0
Switch(config-if)# ipv6 address 2001:0DB8:c18:1::/64 eui 64
Switch(config-if)# end
```

IPv6 ICMP レート制限の設定

IPv6 ICMP レート制限では、トークンバケットアルゴリズムを使用して IPv6 ICMP エラーメッセージがネットワークに送信されるレートを制限します。エラーメッセージの間隔は、時間間隔とバケットサイズで指定します。tracertoute などのアプリケーションには、短期間に連続して送信される要求群に対する応答が必要なものもあるので、エラーメッセージの間隔のみを指定するとアプリケーションで障害が発生する可能性があります。トークンバケットにより、それぞれ 1 つのエラーメッセージを送信できる多くのトークンを仮想バケットに格納できます。送信されるすべてのメッセージに対して、1 つのトークンがバケットから削除されます。エラーメッセージが連続して生成される場合、エラーメッセージはバケットが空になるまで送信できます。バケットが空になると、新しいトークンがバケットに配置されるまで IPv6 ICMP エラーメッセージは送信されません。この方法によって平均レート制限時間間隔は増えず、固定時間間隔よりも柔軟性が増します。

ICMP レート制限はデフォルトでイネーブルになっています。デフォルトのエラーメッセージ間隔は 100 ミリ秒で、バケットサイズ (バケットに格納できる最大トークン数) は 10 です。

ICMP レート制限パラメータを変更するには、イネーブル EXEC モードで次の手順を実行します。

	コマンド	説明
ステップ 1	<code>configure terminal</code>	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 2	<code>ipv6 icmp error-interval interval</code> <code>[bucketsize]</code>	IPv6 ICMP エラーメッセージの間隔とバケットサイズを設定します。 <ul style="list-style-type: none"> <code>interval</code> — トークンがバケットに追加される間隔 (ミリ秒単位)。指定できる範囲は 0 ~ 2147483647 ミリ秒です。 <code>bucketsize</code> — (任意) バケットに格納されるトークンの最大数。指定できる範囲は 1 ~ 200 です。
ステップ 3	<code>end</code>	イネーブル EXEC モードに戻ります。
ステップ 4	<code>show ipv6 interface [interface-id]</code>	設定を確認します。
ステップ 5	<code>copy running-config startup-config</code>	(任意) コンフィギュレーションファイルに設定を保存します。

デフォルトの設定に戻すには、`no ipv6 icmp error-interval` グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。

次に、IPv6 ICMP エラーメッセージ間隔を 50 ミリ秒でバケットサイズを 20 トークンにする例を示します。

```
Switch(config)#ipv6 icmp error-interval 50 20
```

IPv6 の CEF および dCEF の設定

Cisco Express Forwarding (CEF) は、ネットワーク パフォーマンスを最適化するために使用されるレイヤ 3 IP スイッチング技術です。CEF には高度な IP 検索および転送アルゴリズムが実装されているため、レイヤ 3 スイッチングのパフォーマンスを最大化できます。高速スイッチング ルートキャッシングよりも CPU にかかる負担が少ないため、CEF ではより多くの CPU 処理能力をパケット転送に振り分けることができます。Catalyst 3750 スイッチ スタックでは、ハードウェアはスタックの dCEF を使用します。IPv4 CEF および dCEF はデフォルトでイネーブルです。IPv6 CEF および dCEF はデフォルトでディセーブルですが、IPv6 ルーティングを設定すると自動的にイネーブルになります。

IPv6 ユニキャスト パケットをルーティングするには、**ipv6 unicast-routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して IPv6 ユニキャスト パケットの転送をグローバルに設定して、**ipv6 address** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用してインターフェイスに IPv6 アドレスおよび IPv6 処理を設定する必要があります。

IPv6 CEF または dCEF をディセーブルにするには、**no ipv6 cef** または **no ipv6 cef distributed** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。IPv6 CEF または dCEF をディセーブルにしたあとに再びイネーブルにするには、**ipv6 cef** または **ipv6 cef distributed** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。IPv6 ステータスを確認するには、**show ipv6 cef** イネーブル EXEC コマンドを使用します。

IPv6 のスタティック ルーティングの設定

スタティック ルートは手動で設定されるもので、2つのネットワーク デバイス間のルートを示的に定義します。スタティック ルートの利点は、セキュリティと、リソースの効率です。ルートの計算と伝達が不要なため、スタティック ルートで使用される帯域幅はダイナミック ルーティング プロトコルよりも少なくなります。スタティック ルートの主な欠点は、スタティック ルートがダイナミック ルーティング プロトコルのように自動的に更新されず、ネットワーク トポロジの変更時に手動で再設定しなければならないことです。スタティック ルートは、1つの外部ネットワークへのパスが1つだけあるような小規模のネットワークや、より大きなネットワークで特定のトラフィックのタイプについてセキュリティを提供するような場合に役に立ちます。

スタティック ルートには次のような種類があります。

- 直接接続されているスタティック ルート — 宛先がこのインターフェイスに直接接続されていると想定されているため、出力インターフェイスのみが指定されています。パケット宛先は、ネクスト ホップ アドレスとして使用されます。直接接続されているスタティック ルートは、指定されたインターフェイスが IPv6 対応で稼働中の場合のみ有効です。
- 再帰的なスタティック ルート — ネクスト ホップのみが指定されていて、出力インターフェイスはネクスト ホップから導出されます。再帰的なスタティック ルートは、指定したネクスト ホップが有効な IPv6 出力インターフェイスで、ルートが自己再帰せず、再帰深度が最大 IPv6 転送再帰深度を越えない場合のみ有効です。
- 完全に指定されたスタティック ルート — 出力インターフェイスとネクスト ホップが指定されています。ネクスト ホップが、指定された出力インターフェイスに直接接続されていると想定されます。完全に指定されたルートは、指定された IPv6 インターフェイスが IPv6 対応で稼働中の場合に有効です。
- フローティング スタティック ルート — 3 種類のスタティック ルートのいずれもが、フローティング スタティック ルートになることができます。設定されたルーティング プロトコルを介して学習されたダイナミック ルートをバックアップするのに使用されます。フローティング スタティック ルートは、バックアップしているルーティング プロトコルよりも管理距離の効率が低下します。したがって、ダイナミック ルートは常にフローティング スタティック ルートに優先してルーティング トラフィックに使用されます。ダイナミック ルートが切断された場合、代わりにフローティング スタティック ルートが使用されます。



(注)

スタティック IPv6 ルートを設定する前に、**ip routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用してルーティングをイネーブルにし、**ipv6 unicast-routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して IPv6 パケットの転送をイネーブルにし、インターフェイス上で IPv6 アドレスを設定することで少なくとも 1つのレイヤ 3 インターフェイスで IPv6 をイネーブルにする必要があります。

IPv6 スタティック ルートを設定するには、イネーブル EXEC モードで次の手順を行います。

	コマンド	説明
ステップ 1	<code>configure terminal</code>	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 2	<code>ipv6 route ipv6-prefix/prefix length {ipv6-address interface-id [ipv6-address]} [administrative distance]</code>	<p>スタティック IPv6 ルートを設定します。</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ipv6-prefix</i> — スタティック ルートの宛先である IPv6 ネットワーク。スタティック ホスト ルートが設定されている場合はホスト名にもできます。 • <i>/prefix length</i> — IPv6 プレフィクスの長さ。アドレスの上位連続ビットのうち何ビットでプレフィクス (アドレスのネットワーク部分) を構成しているかを示す 10 進数値。10 進数値の前にスラッシュ記号を付ける必要があります。 • <i>ipv6-address</i> — 特定のネットワークに到達するのに使用できるネクスト ホップの IPv6 アドレス。ネクスト ホップの IPv6 アドレスは直接接続が不要で、直接接続されているネクスト ホップの IPv6 アドレスを検索するために再帰が実行されます。アドレスは、RFC 2373 に記載されている形式で、コロンで区切られた 16 ビットの値を使用した 16 進数値で指定されなければなりません。 • <i>interface-id</i> — ポイントツーポイントおよびブロードキャスト インターフェイスからの直接スタティック ルートを指定します。ポイントツーポイント インターフェイスでは、ネクスト ホップの IPv6 アドレスを指定する必要があります。ブロードキャスト インターフェイスでは、常にネクスト ホップ用の IPv6 アドレスを指定するか、指定したプレフィクスがリンクに割り当てられ、ネクスト ホップとしてリンクローカル アドレスを指定していることを確認する必要があります。任意でパケットが送信されるネクスト ホップの IPv6 アドレスを指定できます。 <p> (注) リンクローカル アドレスをネクスト ホップとして使用する場合、<i>interface-id</i> を指定しなければなりません (リンクローカル ネクスト ホップは隣接ルータでなければなりません)。</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>administrative distance</i> — (任意) 管理距離。範囲は 1 ~ 254 で、デフォルト値は 1 です。この場合、接続されているルートを除く他のタイプのルートよりも、スタティック ルートが優先されます。フローティング スタティック ルートを設定するには、ダイナミック ルーティング プロトコルよりも大きな管理距離を指定します。
ステップ 3	<code>end</code>	イネーブル EXEC モードに戻ります。

	コマンド	説明
ステップ 4 または	<code>show ipv6 static [ipv6-address ipv6-prefix/prefix length] [interface interface-id] [recursive] [detail]</code> または <code>show ipv6 route [ipv6-address ipv6-prefix/prefix length]</code>	IPv6 ルーティング テーブルの内容を表示してエントリを確認します。 <ul style="list-style-type: none"> • interface interface-id — (任意) 指定されたインターフェイスを出力インターフェイスとしているスタティック ルートのみを表示します。 • recursive — (任意) 再帰的なスタティック ルートのみを表示します。recursive キーワードは、interface キーワードと相互に排他的ですが、コマンド構文に含まれる IPv6 プレフィクス付きでもプレフィクスなしでも使用できます。 • detail — (任意) 次の追加情報を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> – 有効な再帰的ルートの場合、出力パスセット、および最大解決深度 – 無効なルートの場合、ルートが無効である理由
ステップ 5	<code>copy running-config startup-config</code>	(任意) コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

設定したスタティック ルートを削除するには、**no ipv6 route ipv6-prefix/prefix length {ipv6-address | interface-id [ipv6-address]} [administrative distance]** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。

次に、管理距離が 130 のインターフェイスへのフローティング スタティック ルートを設定する例を示します。

```
Switch(config)# ipv6 route 2001:0DB8::/32 gigabitethernet2/0/1 130
```

スタティック IPv6 ルーティングの設定の詳細については、『Cisco IOS IPv6 Configuration Library』の「Implementing Static Routes for IPv6」の章を参照してください。URL は次のとおりです。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t13/ipv6_vgf.htm

IPv6 の RIP の設定


IPv6 の RIP は、ホップカウントをルーティング メトリックとして使用するディスタンス ベクタ プロトコルです。IPv6 RIP は、IPv4 の RIP と同じように機能し、同じような利点があります。IPv6 RIP 拡張には、IPv6 アドレスおよびプレフィクスのサポートと、RIP 更新メッセージの宛先アドレスとしての全 RIP ルータ マルチキャスト グループ アドレス FF02::9 の使用が含まれています。

各 IPv6 RIP プロセスでは、Routing Information Database (RIB) と呼ばれるローカル ルーティング テーブルを保持します。これには、すべての近接ネットワーク デバイスから学習した最適コストの IPv6 ルートのセットが含まれています。IPv6 RIP が 2 つの異なるネイバから同じルートを学習したもののコストが異なっている場合、最低コストのルートのみをローカル RIB に格納します。また RIB には、RIP プロセスが RIP を実行しているネイバにアドバタイズしている期限切れのルートも格納されています。同じルートが IPv6 RIP よりも別のルーティング プロトコルから学習された方が優位な管理距離を持つ場合、その RIP ルートは IPv6 RIB には追加されませんが、そのルートは IPv6 RIP RIB に存在し続けることとなります。



(注) IPv6 RIP を実行するようにスイッチを設定する前に、**ip routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用してルーティングをイネーブルにし、**ipv6 unicast-routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して IPv6 パケットの転送をイネーブルにし、IPv6 RIP をイネーブルにするレイヤ 3 インターフェイス上で IPv6 をイネーブルにする必要があります。

IPv6 RIP をイネーブルにして設定するには、イネーブル EXEC モードで次の必須および任意の手順を実行します。

	コマンド	説明
ステップ 1	configure terminal	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 2	ipv6 router rip name	RIP ルーティング プロセスを設定し、プロセスのルータ コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	maximum-paths number-paths	(任意) IPv6 RIP がサポート可能な等価コストルートの最大数を定義します。指定できる範囲は 1 ~ 64 で、デフォルトは 4 パスです。
ステップ 4	exit	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 5	interface interface-id	インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始し、設定するレイヤ 3 インターフェイスを指定します。
ステップ 6	ipv6 rip name enable	インターフェイス上の指定された IPv6 RIP ルーティング プロセスをイネーブルにします。
ステップ 7	ipv6 rip name default-information {only originate}	<p>(任意) IPv6 デフォルト ルート (::/0) を指定されたインターフェイスから送信される RIP ルーティング プロセス アップデートで発信します。</p> <p> (注) IPv6 デフォルト ルート (::/0) がインターフェイスから発信されたあとのルーティング ループを避けるために、ルーティング プロセスではインターフェイス上で受信したすべてのデフォルト ルートを無視します。</p> <ul style="list-style-type: none"> • only — デフォルト ルートを発信することを選択しますが、このインターフェイスで送信されるアップデート内にある他のすべてのルートを抑止します。 • originate — このインターフェイスで送信されるアップデート内にある他のすべてのルートに加えて、デフォルト ルートを発信することを選択します。
ステップ 8	end	イネーブル EXEC モードに戻ります。
ステップ 9	show ipv6 rip [name] [interface interface-id] [database] [next-hops] または show ipv6 route [ipv6-address ipv6-prefix/prefix length protocol]	現在の IPv6 RIP プロセスに関する情報を表示します。 IPv6 ルーティング テーブルの現在の内容を表示します。
ステップ 10	copy running-config startup-config	(任意) コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

RIP ルーティングプロセスをディセーブルにするには、**no ipv6 router rip name** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。インターフェイスの RIP ルーティングプロセスをディセーブルにするには、**no ipv6 rip name** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。

次に、最大等価コスト ルート数が 8 の RIP ルーティング プロセス「cisco」をインターフェイス上でイネーブルにする例を示します。

```
Switch(config)# ipv6 router rip cisco
Switch(config-router)# maximum-paths 8
Switch(config)# exit
Switch(config)# interface fastethernet2/0/11
Switch(config-if)# ipv6 rip cisco enable
```

IPv6 の RIP ルーティングの設定の詳細については、『Cisco IOS IPv6 Configuration Library』の「Implementing RIP for IPv6」の章を参照してください。URL は次のとおりです。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t13/ipv6_vgf.htm

IPv6 の OSPF の設定

OSPF は、IP のリンクステート プロトコルで、ルーティング判断が送信元および宛先デバイスに接続するリンクのステートに基づいていることを意味します。リンクのステートは、インターフェイスと、そのインターフェイスと近接ネットワーク デバイスとの関係を示します。インターフェイス情報は、Link-State Advertisement (LSA; リンクステート アドバタイズメント) で伝播され、インターフェイスの IPv6 プレフィクス、ネットワーク マスク、接続されているネットワークのタイプ、そのネットワークに接続されているルータなどが含まれています。LSA データは、リンクステート データベースに格納され、OSPF ルーティング テーブルを作成するのに使用されます。データベースには未処理データの集合が含まれていますが、ルーティング テーブルには特定のレイヤ 3 ポートを使用する既知の宛先への最短パスが含まれています。OSPF バージョン 2 (RFC 2740) は IPv6 をサポートします。

IPv6 の OSPF は、OSPF バージョン 2 (IPv4 用) とほとんど同じですが、IPv6 ルーティング プレフィクスとサイズの大きな IPv6 アドレスをサポートするように拡張されています。ただし、次のような違いがあります。

- インターフェイスで IPv6 の OSPF をイネーブルにすると、自動的にルーティング プロセスと関連する設定が生成されます。IPv4 の場合のように明示的にルーティング プロセスを作成する必要はありません。
- IPv6 の OSPF では、インターフェイス コンフィギュレーション モードでコマンドを使用して各インターフェイスで OSPF をイネーブルにする必要があります。OSPF バージョン 2 では、ルータ コンフィギュレーション モードの使用によって間接的にインターフェイスがイネーブルになります。
- IPv6 では、1 つのインターフェイスに多くのアドレス プレフィクスを設定できます。インターフェイスに設定されているすべてのプレフィクスはデフォルトで含まれていて、インポート用にアドレス プレフィクスのサブセットを選択することはできません。
- OSPF バージョン 2 と異なり、IPv6 の複数のインスタンスを 1 つのリンク上で動作させることができます。
- OSPF バージョン 2 では、インターフェイスに設定されている 32 ビット IPv4 アドレスを使用してルータ ID として使用する IPv4 アドレスを選択します。インターフェイスで IPv6 の OSPF をイネーブルにする際に、IPv4 アドレスがインターフェイスで設定されている場合、その IP アドレスが IPv6 ルータ ID として使用されます。インターフェイスで IPv4 アドレスが設定されていない場合は、**router-id** ルータ設定コマンドを使用してルータ ID を設定してから、OSPF プロセスを開始する必要があります。

OSPF は他のインターフェイスよりもループバック インターフェイスを自動的に選択し、すべてのループバック インターフェイスの中で最大の IP アドレスを選択します。ループバック インターフェイスが存在しない場合、OSPF がルータ内の最大の IP アドレスを選択します。特定のインターフェイスを使用するように OSPF を設定することはできません。

ネットワーク用に IPv6 の OSPF をカスタマイズできますが、ほとんど必要ないはずです。IPv6 での OSPF のデフォルト設定は、ほとんどのお客様や機能の要件に合致するようになっています。



(注) IPv6 コマンドのデフォルトを変更する場合は注意が必要です。デフォルトを変更すると、IPv6 ネットワークの OSPF に悪影響を及ぼす可能性があります。



(注) インターフェイスで IPv6 OSPF をイネーブルにする前に、**ip routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用してルーティングをイネーブルにし、**ipv6 unicast-routing** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して IPv6 パケットの転送をイネーブルにし、IPv6 OSPF をイネーブルにするレイヤ 3 インターフェイス上で IPv6 をイネーブルにする必要があります。

IPv6 OSPF を設定するには、イネーブル EXEC モードで次の必須および任意の手順を実行します。

	コマンド	説明
ステップ 1	configure terminal	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 2	ipv6 router ospf process-id	プロセスの OSPF ルータ コンフィギュレーション モードをイネーブルに設定します。プロセス ID は、IPv6 の OSPF ルーティング プロセスをイネーブルにする際に管理上割り当てられる数字です。これはローカルに割り当てられて、1 ~ 65535 の正の整数になります。
ステップ 3	area area-id range {ipv6-prefix/prefix length} [advertise not-advertise] [cost cost]	<p>(任意) エリア境界でルートを統合し、要約します。</p> <ul style="list-style-type: none"> area-id — ルートを要約するエリアの ID。ID は 10 進数値または IPv6 プレフィクスとして指定できます。 ipv6-prefix/prefix length — アドレスの上位連続ビットのうち何ビットでプレフィクス (アドレスのネットワーク部分) を構成しているかを示す、宛先 IPv6 ネットワークおよび 10 進数値。10 進数値の前にスラッシュ記号 (/) を付ける必要があります。 advertise — (任意) タイプ 3 サマリー LSA をアドバタイズし生成するアドレス範囲ステータスを設定します。 not-advertise — (任意) アドレス範囲ステータスを DoNotAdvertise に設定します。タイプ 3 サマリー LSA は抑制され、コンポーネント ネットワークは他のネットワークから隠されたままになります。 cost cost — (任意) このサマリー ルートのメトリックまたはコストで、宛先への最短パスを決定するための OSPF SPF 計算に使用されます。指定できる値は 0 ~ 16777215 です。
ステップ 4	maximum paths number-paths	(任意) IPv6 PSPF がルーティング テーブルに入力するのと同じ宛先への等価コスト ルートの最大数を定義します。指定できる範囲は 1 ~ 64 で、デフォルトは 16 パスです。

	コマンド	説明
ステップ 5	exit	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 6	interface interface-id	インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始し、設定するレイヤ 3 インターフェイスを指定します。
ステップ 7	ipv6 ospf process-id area area-id [instance instance-id]	インターフェイスで IPv6 の OSPF をイネーブルに設定します。 <ul style="list-style-type: none"> • instance instance-id — (任意) インスタンス ID
ステップ 8	end	イネーブル EXEC モードに戻ります。
ステップ 9	show ipv6 ospf [process-id] [area-id] interface [interface-id] または show ipv6 ospf [process-id] [area-id]	OSPF インターフェイスに関する情報を表示します。 OSPF ルーティング プロセスに関する一般的な情報を表示します。
ステップ 10	copy running-config startup-config	(任意) コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

OSPF ルーティング プロセスをディセーブルにするには、**no ipv6 router ospf process-id** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。インターフェイスの OSPF ルーティング プロセスをディセーブルにするには、**no ipv6 ospf process-id area area-id** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。

IPv6 の OSPF ルーティングの設定の詳細については、『Cisco IOS IPv6 Configuration Library』の「Implementing OSPF for IPv6」の章を参照してください。URL は次のとおりです。

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios122/122newft/122t/122t13/ipv6_vgf.htm

IPv6 の表示

表 36-3 に、スイッチで IPv6 をモニタリングするためのイネーブル EXEC コマンドを示します。

表 36-3 IPv6 のモニタリング用コマンド

コマンド	説明
<code>show ipv6 access-list</code>	アクセスリストのサマリーを表示します。
<code>show ipv6 cef</code>	IPv6 の CEF を表示します。
<code>show ipv6 interface <i>interface-id</i></code>	IPv6 インターフェイス ステータスおよび設定を表示します。
<code>show ipv6 mtu</code>	宛先キャッシュごとの IPv6 MTU を表示します。
<code>show ipv6 neighbors</code>	IPv6 ネイバキャッシュ エントリを表示します。
<code>show ipv6 ospf</code>	IPv6 の OSPF 情報を表示します。
<code>show ipv6 prefix-list</code>	IPv6 プレフィクスリストを表示します。
<code>show ipv6 protocols</code>	スイッチの IPv6 ルーティングプロトコルを表示します。
<code>show ipv6 rip</code>	IPv6 RIP ルーティングプロトコル ステータスを表示します。
<code>show ipv6 route</code>	IPv6 ルートテーブル エントリを表示します。
<code>show ipv6 routers</code>	ローカル IPv6 ルータを表示します。
<code>show ipv6 static</code>	IPv6 スタティック ルートを表示します。
<code>show ipv6 traffic</code>	IPv6 トラフィックの統計情報を表示します。

次に、`show ipv6 interface` イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 interface
Vlan1 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::20B:46FF:FE2F:D940
  Global unicast address(es):
    3FFE:C000:0:1:20B:46FF:FE2F:D940, subnet is 3FFE:C000:0:1::/64 [EUI]
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FF2F:D940
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds
  ND advertised reachable time is 0 milliseconds
  ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds
  ND router advertisements are sent every 200 seconds
  ND router advertisements live for 1800 seconds
```

(テキスト出力は省略)

次に、**show ipv6 cef** イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 cef
::/0
  nexthop 3FFE:C000:0:7::777 Vlan7
3FFE:C000:0:1::/64
  attached to Vlan1
3FFE:C000:0:1:20B:46FF:FE2F:D940/128
  receive
3FFE:C000:0:7::/64
  attached to Vlan7
3FFE:C000:0:7::777/128
  attached to Vlan7
3FFE:C000:0:7:20B:46FF:FE2F:D97F/128
  receive
3FFE:C000:111:1::/64
  attached to FastEthernet1/0/11
3FFE:C000:111:1:20B:46FF:FE2F:D945/128
  receive
3FFE:C000:168:1::/64
  attached to FastEthernet2/0/43
3FFE:C000:168:1:20B:46FF:FE2F:D94B/128
  receive
3FFE:C000:16A:1::/64
  attached to Loopback10
3FFE:C000:16A:1:20B:46FF:FE2F:D900/128
  receive
```

(テキスト出力は省略)

次に、**show ipv6 protocols** イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 protocols
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "static"
IPv6 Routing Protocol is "rip fer"
  Interfaces:
    Vlan6
    FastEthernet2/0/4
    FastEthernet2/0/11
    FastEthernet1/0/12
  Redistribution:
    None
```

次に、**show ipv6 rip** イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 rip
RIP process "fer", port 521, multicast-group FF02::9, pid 190
  Administrative distance is 120. Maximum paths is 16
  Updates every 30 seconds, expire after 180
  Holddown lasts 0 seconds, garbage collect after 120
  Split horizon is on; poison reverse is off
  Default routes are not generated
  Periodic updates 9040, trigger updates 60
  Interfaces:
    Vlan6
    FastEthernet2/0/4
    FastEthernet2/0/11
    FastEthernet1/0/12
  Redistribution:
    None
```

次に、**show ipv6 neighbor** イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 neighbors
IPv6 Address                               Age Link-layer Addr State Interface
3FFE:C000:0:7::777                         - 0007.0007.0007 REACH V17
3FFE:C101:113:1::33                         - 0000.0000.0033 REACH Fa1/0/13
```

次に、**show ipv6 static** イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 static
IPv6 Static routes
Code: * - installed in RIB
* ::/0 via nexthop 3FFE:C000:0:7::777, distance 1
```

次に、**show ipv6 route** イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 21 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
S    ::/0 [1/0]
     via 3FFE:C000:0:7::777
C    3FFE:C000:0:1::/64 [0/0]
     via ::, Vlan1
L    3FFE:C000:0:1:20B:46FF:FE2F:D940/128 [0/0]
     via ::, Vlan1
C    3FFE:C000:0:7::/64 [0/0]
     via ::, Vlan7
L    3FFE:C000:0:7:20B:46FF:FE2F:D97F/128 [0/0]
     via ::, Vlan7
C    3FFE:C000:111:1::/64 [0/0]
     via ::, FastEthernet1/0/11
L    3FFE:C000:111:1:20B:46FF:FE2F:D945/128 [0/0]
C    3FFE:C000:168:1::/64 [0/0]
     via ::, FastEthernet2/0/4
L    3FFE:C000:168:1:20B:46FF:FE2F:D94B/128 [0/0]
     via ::, FastEthernet2/0/4
C    3FFE:C000:16A:1::/64 [0/0]
     via ::, Loopback10
L    3FFE:C000:16A:1:20B:46FF:FE2F:D900/128 [0/0]
     via ::, Loopback10
```

(テキスト出力は省略)

次に、`show ipv6 traffic` イネーブル EXEC コマンドの出力例を示します。

```
Switch# show ipv6 traffic
IPv6 statistics:
  Rcvd: 1 total, 1 local destination
        0 source-routed, 0 truncated
        0 format errors, 0 hop count exceeded
        0 bad header, 0 unknown option, 0 bad source
        0 unknown protocol, 0 not a router
        0 fragments, 0 total reassembled
        0 reassembly timeouts, 0 reassembly failures
  Sent: 36861 generated, 0 forwarded
        0 fragmented into 0 fragments, 0 failed
        0 encapsulation failed, 0 no route, 0 too big
        0 RPF drops, 0 RPF suppressed drops
  Mcast: 1 received, 36861 sent

ICMP statistics:
  Rcvd: 1 input, 0 checksum errors, 0 too short
        0 unknown info type, 0 unknown error type
  unreachable: 0 routing, 0 admin, 0 neighbor, 0 address, 0 port
  parameter: 0 error, 0 header, 0 option
        0 hopcount expired, 0 reassembly timeout, 0 too big
        0 echo request, 0 echo reply
        0 group query, 0 group report, 0 group reduce
        1 router solicit, 0 router advert, 0 redirects
        0 neighbor solicit, 0 neighbor advert
  Sent: 10112 output, 0 rate-limited
  unreachable: 0 routing, 0 admin, 0 neighbor, 0 address, 0 port
  parameter: 0 error, 0 header, 0 option
        0 hopcount expired, 0 reassembly timeout, 0 too big
        0 echo request, 0 echo reply
        0 group query, 0 group report, 0 group reduce
        0 router solicit, 9944 router advert, 0 redirects
        84 neighbor solicit, 84 neighbor advert

UDP statistics:
  Rcvd: 0 input, 0 checksum errors, 0 length errors
        0 no port, 0 dropped
  Sent: 26749 output

TCP statistics:
  Rcvd: 0 input, 0 checksum errors
  Sent: 0 output, 0 retransmitted
```

