



セグメントルーティングの概要

この章では、セグメントルーティング（SR）の概念を次のセクションに分けて紹介します。

- [セグメントルーティングに関する機能情報（1 ページ）](#)
- [セグメントルーティングの概要（2 ページ）](#)
- [セグメントルーティングの仕組み（3 ページ）](#)
- [セグメントルーティングの例（3 ページ）](#)
- [セグメントルーティングの利点（5 ページ）](#)
- [セグメントルーティング グローバルブロック（8 ページ）](#)
- [セグメントルーティングに関する追加情報（10 ページ）](#)

セグメントルーティングに関する機能情報

次の表に、このモジュールで説明した機能に関するリリース情報を示します。この表は、ソフトウェア リリース トレーンで各機能のサポートが導入されたときのソフトウェア リリースだけを示しています。その機能は、特に断りがない限り、それ以降の一連のソフトウェア リリースでもサポートされます。

プラットフォームのサポートおよびシスコソフトウェアイメージのサポートに関する情報を検索するには、Cisco Feature Navigator を使用します。Cisco Feature Navigator にアクセスするには、www.cisco.com/go/cfn に移動します。Cisco.com のアカウントは必要ありません。

表 1: セグメントルーティングに関する機能情報

機能名	リリース	機能情報
セグメントルーティングの概要	Cisco IOS XE Amsterdam 17.3.2	セグメントルーティング（SR）は、送信元ルーティングを実行するための柔軟でスケーラブルな方法です。

セグメントルーティングの概要

セグメントルーティング (SR) は、送信元ルーティングを実行するための柔軟でスケーラブルな方法です。送信元がパスを選択し、セグメントの番号付きリストとしてパケットヘッダー内で暗号化します。セグメントは、すべてのタイプの命令の識別子です。各セグメントを識別するセグメント ID (SID) は、フラットな 32 ビットの符号なし整数で構成されます。次のようなセグメント命令があります。

- 最短パスを使用してノード N へ移動する
- ノード M への最短パスを介してノード N に移動した後にレイヤ 1、レイヤ 2、レイヤ 3 のリンクをたどる
- サービス S を適用する

セグメントルーティングを使用すると、ネットワークでアプリケーションごとやフロー状態ごとに管理する必要がなくなります。代わりに、パケット内に指定されている転送命令に従います。

セグメントルーティングは、シスコの Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS) および Open Shortest Path First (OSPF) プロトコルのいくつかの拡張機能に依存しています。MPLS (マルチプロトコルラベルスイッチング) または IPv6 データプレーンで動作でき、レイヤ 3 VPN (L3VPN)、仮想プライベートワイヤサービス (VPWS)、仮想プライベート LAN サービス (VPLS)、イーサネット VPN (EVPN) などの、さまざまなマルチサービス機能と統合されます。

セグメントルーティングは、転送プレーンを変更することなく、マルチプロトコルラベルスイッチング (MPLS) アーキテクチャに直接適用できます。セグメントルーティングは従来の MPLS ネットワークよりも効率的にネットワーク帯域幅を利用し、遅延を低減します。セグメントは MPLS ラベルとしてエンコードされます。セグメントの番号付きリストはラベルのスタックとしてエンコードされます。処理するセグメントは、スタックの一番上にあります。セグメントの完了後に関連するラベルがスタックからポップします。

セグメントルーティングは、新しいタイプのルーティング拡張ヘッダーを使用して、IPv6 アーキテクチャに適用できます。セグメントは、IPv6 アドレスとしてエンコードされます。セグメントの順序付きリストは、ルーティング拡張ヘッダー内の IPv6 アドレスの順序付きリストとしてエンコードされます。処理するセグメントは、ルーティング拡張ヘッダー内のポインタによって示されます。ポインタは、セグメントの完了後にインクリメントされます。

セグメントルーティングは自動トラフィック保護を提供しますが、トポロジ上の制約事項はありません。ネットワークがリンク障害やノード障害からトラフィックを保護し、ネットワーク内での追加シグナリングは必要ありません。既存の IP 高速再ルート (FRR) 技術と、セグメントルーティングの明示的なルーティング機能を組み合わせると、最適なバックアップパスを備えた完全な保護適用範囲が保証されます。トラフィック保護には、他のシグナリング要件は適用されません。

セグメントルーティングの仕組み

セグメントルーティングネットワーク内のルータは、明示的な最短パスか、または内部ゲートウェイプロトコル（IGP）の最短パスかどうかにかかわらず、トラフィックを転送するパスを選択できます。セグメントは、ネットワークの宛先への完全なルートを形成するためにルータを組み合わせることができるサブパスを表しています。各セグメントには識別子（セグメント識別子）があり、新しいIGP拡張機能を使用してネットワーク全体に配布されます。この拡張機能はIPv4およびIPv6のコントロールプレーンに等しく適用されます。従来のMPLSネットワークとは異なり、セグメントルータネットワーク内のルータにLabel Distribution Protocol（LDP）やResource Reservation Protocol（RSVP）、つまり、セグメント識別子の割り当てや通知を行い、それらの転送情報をプログラミングするトラフィックエンジニアリング（RSVP-TE）は必要ありません。

各ルータ（ノード）と各リンク（隣接関係）には関連付けられたセグメント識別子（SID）があります。ノードセグメント識別子はグローバルに一意であり、IGPで決定されたルータへの最短パスを表します。ネットワーク管理者は各ルータに予約済みブロックからノードIDを割り当てます。一方、隣接関係セグメントIDはローカルで有効なものであり、出力インターフェイスなどの隣接ルータに固有の隣接関係を表します。ルータは、ノードIDの予約済みブロック外の隣接関係識別子を自動的に生成します。MPLSネットワークでは、セグメント識別子はMPLSラベルスタックエントリとしてエンコードされます。セグメントIDは指定したパスに沿ってデータを移動します。次の2種類のセグメントIDがあります。

- **プレフィックスSID**：サービスプロバイダーのコアネットワーク内でIGPが計算したIPアドレスプレフィックスが含まれるセグメントID。プレフィックスSIDはグローバルに一意です。プレフィックスセグメントは、特定のプレフィックスに到達する最短パス（IGPが計算）を表します。ノードセグメントは、ノードのループバックアドレスに結合された特殊なプレフィックスセグメントです。これは、インデックスとしてノード固有のSRグローバルブロック（SRGB）にアドバタイズされます。
- **隣接関係SID**：ネイバーに対するアドバタイジングルータの隣接関係（アジャセンシー）が含まれるセグメントID。隣接関係SIDは2つのルータ間のリンクです。隣接関係SIDは特定のルータに関連しているため、ローカルに一意となっています。

ノードセグメントはマルチホップパスになり得ますが、隣接関係（アジャセンシー）セグメントはワンホップパスです。

セグメントルーティングの例

次の図は、セグメントルーティング、IS-IS、ノードID用に100～199のラベル範囲、および200以上の隣接IDを使用する、5台のルータを含むMPLSネットワークについて示しています。IS-ISは、ネットワーク全体にセグメントID（MPLSラベル）とともにIPプレフィックスの到達可能性を配布します。

図 1: セグメントルーティングを使用する 5 台のルータを含む MPLS ネットワーク

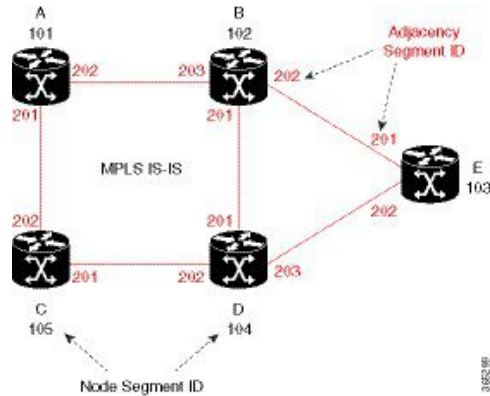
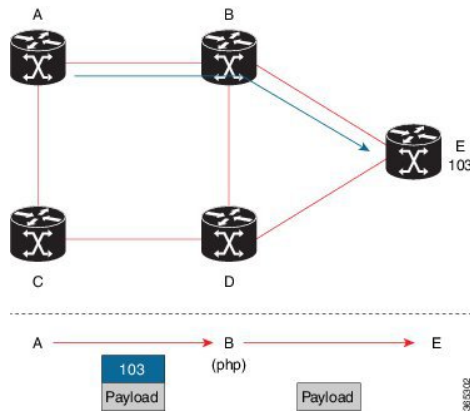


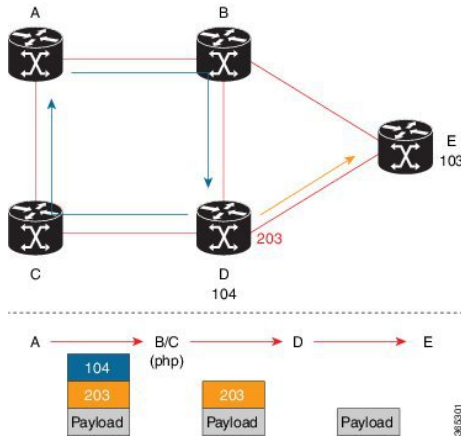
図 1 では、ルータ E にトラフィックを送信しているルータは、ラベル 103（ルータ E ノードセグメント識別子）をプッシュし、IS-IS 最短パスを使用してトラフィックを転送します。各ホップでの MPLS ラベルスワッピング操作は、パケットが E に到着するまでラベル 103 を保持します（図 2）。一方、隣接関係セグメントの動作は異なります。たとえば、パケットが 203（D 対 E の隣接関係セグメント識別子）のスタックトップの MPLS ラベルを持つルータ D に到着する場合、ルータ D はラベルをポップし、ルータ E にトラフィックを転送します。

図 2: MPLS ラベルスワッピング操作



セグメント識別子は、トラフィックエンジニアリングを実行するための順序付きリストとして組み合わせることができます。セグメントリストには、転送要件に応じて複数の隣接関係セグメント、複数のノードセグメント、または両方の組み合わせを含めることができます。前の例では、ルータ A は、ラベルスタック（104、203）を代わりにプッシュし、最短パスとルータ D に該当するすべての ECMP を使用し、次に宛先への明示的なインターフェイスを通過して、ルータ E に到達することができます（図 3）。ルータ A は新しいパスをシグナリングする必要がなく、状態情報はネットワーク内で一定に保たれます。ルータ A は、最終的に特定のパス経由でルータ E 宛てのどのフローを切り替えるかを決定する転送ポリシーを適用します。

図 3: ルータ E の宛先パス



セグメントルーティングの利点

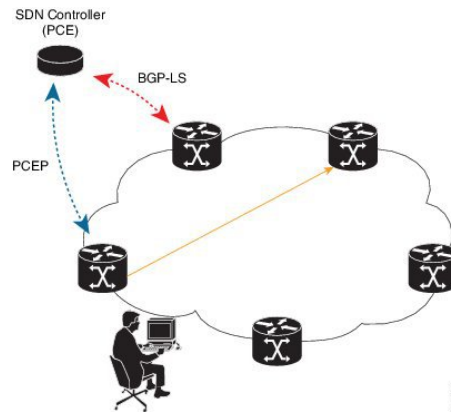
- SDNの準備**：セグメントルーティングは、ソフトウェア定義型ネットワーク（SDN）の採用を構想した魅力的なアーキテクチャであり、アプリケーション対応ルーティング（AER）の基盤です。これは、自動リンクおよびノード保護などのネットワークベースの分散インテリジェンスと、トラフィック最適化などのコントローラベースの集中型インテリジェンスとの間のバランスをとります。

厳格なネットワークパフォーマンス保証、ネットワークリソースの効率的な使用、およびアプリケーションベースのトランザクションに対する非常に高いスケラビリティを提供することができます。ネットワークは、これらの要件を満たすために最小限の状態情報を使用します。セグメントルーティングは、コントローラベースのSDNアーキテクチャと簡単に統合できます。

次の図は、コントローラが帯域幅アドミSSIONコントロールなどの集中最適化を実行するSDNシナリオの例を示しています。このシナリオでは、コントローラがネットワークトポロジとフローの全体像をもっています。ルータは、遅延、帯域幅、ダイバーシティなど、特定の特性を持つ宛先へのパスを要求できます。コントローラは最適なパスを計算し、MPLSラベルスタックなどの対応するセグメントリストを要求元ルータに返します。その時点で、ルータはネットワークに追加のシグナリングなしでセグメントリストとともにトラフィックを注入できます。

さらに、セグメントリストを使用すると、ネットワークにアプリケーションの状態を追加することなく、完全なネットワーク仮想化を実現できます。状態は、セグメントのリストとしてパケットにエンコードされます。ネットワークはセグメント状態を維持するだけなので、ネットワークに負荷をかけることなく、大量で高頻度のトランザクションベースのアプリケーション要求をサポートできます。

図 4: SDN コントローラ



• 運用のシンプル化 :

- MPLS データプレーンに適用された場合、セグメントルーティングは、IGP (ISIS または OSPF) 以外のプロトコルを使用せずに、入力プロバイダーエッジから出力プロバイダーエッジへの MPLS サービス (VPN、VPLS、および VPWS) をトンネリングする機能を提供します。
- ラベル配布用に別のプロトコルを使用しない単純な動作です (たとえば LDP や RSVP が不要)。
- トラブルシューティングを行うための複雑な LDP または IGP 同期はありません。
- ECMP に対応した最短パス転送 (ノードセグメント ID を使用) により、設置済みインフラストラクチャの使用率を向上し、設備投資 (CapEx) を削減します。

• 高速再ルーティング (FRR) のサポート : 任意のトポロジに対して自動化 FRR を提供します。ネットワーク内でリンクまたはノード障害が発生した場合、MPLS は FRR メカニズムを使用してコンバージェンスを行います。セグメントルーティングでは、コンバージェンス時間は 50 ミリ秒以下です。

• 大規模データセンター :

- セグメントルーティングでは、ボーダーゲートウェイプロトコル (BGP) RFC 3107 (トップオブブラック/リーフ/スパインスイッチ間の IPv4 ラベル付きユニキャスト) を使用して、MPLS 対応のデータセンター設計を簡素化します。
- BGP は、IGP ノード SID と同等のノードセグメント ID を配布します。
- トポロジ内のノードは、同じスイッチに同じ BGP セグメントを割り当てます。
- IGP ノード SID : ECMP および自動 FRR (BGP PIC (プレフィックス独立コンバージェンス)) の場合と同じ利点を提供されます。
- これは、トラフィックエンジニアリング (SR TE データセンターファブリックの最適化) のためのビルディングブロックです。

• デュアルプレーン ネットワーク :

- セグメントルーティングは、プレーンが分割されていない限り、特定のプレーンからエッジの宛先へのルートがプレーン内に留まるデュアルプレーン ネットワークでのディスジョイントネスを強制するための簡単なソリューションを提供します。
- 追加の SID エニーキャストセグメント ID により、「ノード Z に向けてノード A に投入されたフロー 1 は、プレーン 1 を経由しなければならない」、「ノード Z に向けてノード A に投入されたフロー 2 は、プレーン 2 を経由しなければならない」といったマクロポリシーの表現が可能になります。

• 集中型トラフィック エンジニアリング :

- コントローラとオーケストレーション プラットフォームは、WAN 最適化などの集中型の最適化のために、セグメントルーティング トラフィック エンジニアリングと対話することができます。
- 輻輳などのネットワーク変更により、アプリケーションがセグメントルーティング トラフィック エンジニアリング トンネルの配置を最適化（再計算）することをトリガーできます。
- セグメントルーティング トンネルは、PCE のようなサウスバウンドプロトコルを使用してオーケストレータからネットワーク上に動的にプログラムされます。
- セグメントルーティング トンネルは中間点およびテールエンドルータでのシグナリングおよびフローごとの状態を必要としないため、アジャイル ネットワーク プログラミングが可能です。

• 出力ピアリング トラフィック エンジニアリング (EPE) :

- セグメントルーティングは集中型 EPE を可能にします。
- コントローラは、特定の出力プロバイダーのエッジと特定の外部インターフェイスを使用して宛先に到達するように、入力プロバイダーのエッジとコンテンツソースに指示します。
- BGP ピアリングセグメント ID は、ソースルーティングされたドメイン間パスを表すために使用されます。
- コントローラは、BGP リンクの状態 (BGP-LS) EPE ルートを介して、BGP ピアリング SID と出力境界ルータの外部トポロジを学習します。
- コントローラは、必要なパスを使用して入力ポイントをプログラムします。

• プラグアンドプレイ展開 :セグメントルーティング トンネルは、既存の MPLS コントロールプレーンおよびデータプレーンと相互運用可能で、既存の展開に実装できます。

セグメントルーティンググローバルブロック

セグメントルーティンググローバルブロック (SRGB) は、セグメントルーティングに予約されたラベルの範囲のことです。SRGB は、セグメントルーティングノードのローカルプロパティです。MPLS アーキテクチャでは、SRGB はグローバルセグメントに予約済みの一連のローカルラベルです。セグメントルーティングでは、各ノードを異なる SRGB で設定できます。そのため、IGP プレフィックスセグメントに関連付けられた絶対 SID はノードごとに変更できます。

SRGB のデフォルト値は 16000 ~ 23999 です。SRGB は、次のように設定できます。

```
Device(config)# router isis 1
Device(config-isis)#segment-routing global-block 45000 55000
```

隣接関係セグメント識別子

隣接関係セグメント識別子 (adj-SID) は、特定のインターフェイスとそのインターフェイスからの次のホップを指す、ローカルラベルです。adj-SID を有効にするために必要な特定の設定はありません。アドレスファミリーに対して IS-IS でセグメントルーティングを有効にすると、IS-IS が実行されるあらゆるインターフェイスで、そのアドレスファミリーは自動的にそのインターフェイスからのすべてのネイバーに adj-SID を割り当てます。



(注) IPV4 アドレスファミリーのみが adj-SID の割り当てをサポートします。

プレフィックスセグメント識別子

プレフィックスセグメント識別子 (SID) は、プレフィックスによって表される宛先につながるセグメントルーティングトンネルを識別します。プレフィックス SID の最大値は $2^{16} - 1$ です。

プレフィックス SID は、セグメントルーティンググローバルブロック (SRGB) から割り当てられます。プレフィックス SID 値は、値が下記に示すように計算されるローカル MPLS ラベルに変換されます。

- プラットフォームが 100 万ラベル以上をサポートしている場合、プレフィックス SID 値に対応する MPLS ラベルは $90 \text{ 万} + \text{SID 値}$ です。
- プラットフォームでサポートされるラベルが 100 万未満の場合、プレフィックス SID 値に対応する MPLS ラベルは $\text{最大サポートラベル値} - 2^{16} + \text{SID 値}$ です。

プレフィックス SID 値 x を設定すると、プレフィックス SID は、 $x + \text{SRGB}$ の下限境界に相当するラベル値に変換されます。たとえば、デフォルトの SRGB が使用される場合、100 万 MPLS ラベル以上をサポートするプラットフォームでは、IPv4 アドレス 10.0.0.1/32 を使用したイン

ターフェイスループバック 0 に対して 10 のプレフィックス SID を設定すると、ラベル 9000010 16010 がプレフィックス 10.0.0.1/32 に割り当てられます。

BGP プレフィックス セグメント識別子

BGP プレフィックスに関連付けられたセグメントは、BGP プレフィックス SID と呼ばれます。

- BGP プレフィックス SID は、セグメントルーティングまたは BGP ドメイン内で常にグローバルです
- BGP プレフィックス SID は、所定のプレフィックスに対して BGP によって計算された ECMP 対応のベストパス上のパケットを転送する命令を識別します

セグメントルーティングでは、セグメントルーティンググローバルブロック (SRGB) を使用して BGP スピーカーを設定する必要があります。一般的に SRGB は、ラベルの範囲、SRGB = [SR_S, SR_E] として構成されます。

- SR_S = 範囲の開始
- SR_E = 範囲の終わり

各プレフィックスには、固有のラベルインデックスが割り当てられます。

次の例では、`route-policy name` コマンドを使用して、`set label index` という BGP ルートポリシーが定義されます。

BGP でセグメントルーティンググローバルブロック (SRGB) を設定します。ルートラベルパスにラベルインデックス属性があり、SRGB が設定されている場合、ローカルラベルルートは SRGB から割り当てられます。ルートポリシーを使用して再配布されたルートにラベルインデックスが追加されると、BGP はルートとともに属性としてラベルインデックスを提示します。

```
router bgp 100
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 192.0.2.1 remote-as 100
  neighbor 192.0.2.1 update-source Loopback0
  neighbor 192.0.23.3 remote-as 300
  !
  address-family ipv4
    segment-routing mpls
    neighbor 192.0.2.1 activate
    neighbor 192.0.2.1 send-label
    neighbor 192.0.23.3 activate
  exit-address-family
```

セグメントルーティングに関する追加情報

関連資料

関連項目	マニュアルタイトル
動画	<ul style="list-style-type: none">• シスコセグメントルーティングの概要 (YouTube)• シスコセグメントルーティングの概要 (CCO)

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。