



IS-IS のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリング

この章では、IS-IS を使用してセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリング (SR-TE) を導入する方法について、次のセクションに分けて説明します。

- [IS-IS によるセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングに関する機能情報 \(1 ページ\)](#)
- [IS-IS によるセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングに関する制約事項 \(2 ページ\)](#)
- [IS-IS によるセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングに関する情報 \(2 ページ\)](#)
- [IS-IS によるセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングの設定方法 \(10 ページ\)](#)

IS-IS によるセグメント 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 トレイ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: IS-IS による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に関する機能情報

機能名	リリース	機能情報
IS-IS による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	Cisco IOS XE Amsterdam 17.3.2	次のコマンドが導入または変更されました。 <ul style="list-style-type: none"> • <code>mpls traffic-eng nsr</code> • <code>show mpls traffic-eng tunnels tunnel1</code> • <code>show isis fast-reroute ti-lfa tunnel</code> • <code>show fr- manager client client-name ISIS interfaces detail</code> • <code>show ip cef 6.6.6.6 internal</code>

IS-IS による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に関する制約事項

- SR-TE は、ブロードキャストインターフェイスではサポートされていません。ポイントツーポイントインターフェイスのみサポートしています。
- 特定の時点で、TE に対して有効にする必要があるプロトコルのインスタンスは1つだけです。
- `verbatim` キーワードは、明示パスオプションが設定されたラベルスイッチドパス (LSP) だけで使用できます。
- `verbatim LSP` では、再最適化はサポートされていません。

IS-IS による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に関する情報

トラフィックエンジニアリング (TE) トンネルは、トンネルの入力とトンネルの宛先との間でインスタンス化された TE LSP のコンテナです。TE トンネルは、同じトンネルに関連付けられた1つ以上の SR-TE LSP をインスタンス化できます。SR-TE LSP パスが宛先ノードへの同じ IGP パスに必ずしも従うとは限りません。この場合、SR-TE パスは、プレフィックス SID のセット、またはノードの隣接関係 SID、あるいはその両方と、SR-TE LSP によってトラバースされるリンクによって指定することができます。

ヘッドエンドは、トンネルを通して伝送される発信パケットに、対応する MPLS ラベルスタックを課します。SR-TE LSP パスに沿った各通過ノードは、パケットが最終的な宛先に到達するまで、着信トップラベルを使用してネクストホップを選択し、ラベルをポップまたはスワップし、ラベルスタックの残りの部分を使用して次のノードにパケットを転送します。SR-TE LSP

パスを定義するホップまたはセグメントのセットは、演算子によってプロビジョニングされません。

SR-TE LSP のインスタンス化

トラフィック エンジニアリング (TE) トンネルは、1 つ以上のインスタンス化された TE LSP のコンテナです。SR-TE LSP は、TE トンネルのパスオプションで「segment-routing」を設定することによってインスタンス化されます。トンネルにマップされたトラフィックは、プライマリ SR-TE のインスタンス化 LSP を介して転送されます。

同じトンネルの下で複数のパスオプションを設定することもできます。各パスオプションには、プリファレンスインデックスまたはパスオプションインデックスが割り当てられていて、プライマリ LSP をインスタンス化するためのより有利なパスオプションを決定するために使用されます。パスオプションのプリファレンスインデックスが低いほど、パスオプションがより有利になります。同じ TE トンネルにおける他のあまり有利ではないパスオプションは、セカンダリパスオプションと見なされ、(たとえば、パス上の障害が原因で) 現在使用されているパスオプションが無効になった場合に使用されることがあります。



(注) フォワーディング ステートは、プライマリ LSP に対してのみ維持されます。

SR-TE LSP の明示的ヌル

MPLS-TE トンネルのヘッドエンドは、スタックの最下部に明示的ヌルを課しません。penultimate hop popping (PHP) が SR プレフィックス SID に対して有効になっている場合、または隣接関係 SID が SR-TE LSP の最後のホップである場合、パケットはトランスポート ラベルなしでテールエンドに到着する可能性があります。ただし、場合によっては、パケットが明示的ヌルラベルでテールエンドに到着することが望ましいため、このような場合、ヘッドエンドはラベルスタックの最上部に明示的ヌルラベルを課することになります。

SR-TE LSP のパス検証

SR-TE トンネル機能では、ヘッドエンドがトンネルパスの初期検証と、その後のトンネルテールエンドおよび通過セグメントの到達可能性の追跡を実行する必要があります。

SR-TE LSP パスのパス検証は、トポロジの変更または SR SID の更新について MPLS-TE で通知されるたびにトリガーされます。

SR-TE LSP 検証手順は、以下のチェックで構成されています。

トポロジ パスの検証

ヘッドエンドは、TE トポロジに対する接続性について SR-TE LSP のパスを検証します。MPLS-TE ヘッドエンドは、隣接関係 SID に対応するリンクが TE トポロジで接続されているかどうかをチェックします。

新たにインスタンス化された SR-TE LSP の場合、ヘッドエンドが SR-TE パスの任意のリンクで不連続性を検出すると、そのパスは無効であると見なされ、使用されません。有効なパスを持つ他のパスオプションがトンネルにある場合、これらのパスを使用してトンネル LSP をインスタンス化します。

既存のインスタンス化された SR-TE LSP がある TE トンネルでは、ヘッドエンドがリンク上の不連続性を検出すると、ヘッドエンドはそのリンクで障害が発生したと見なします。この場合、IP FRR などのローカル修復保護が有効になります。隣接関係がしばらく失われた後、IGP は保護された隣接関係ラベルと関連付けられた転送を維持し続けます。これにより、同じ障害の影響を受けない別のパスにトンネルを再ルーティングするのに十分な時間が、ヘッドエンドで可能になります。ヘッドエンドは、リンク障害を検出した後、有効なパスを持つ他の使用可能パスオプションにトンネルの再ルーティングを試みるために、トンネル無効化タイマーを開始します。

TE トンネルが、障害の影響を受けない検証済みの他のパスオプションを使用して設定されている場合、ヘッドエンドは、これらのパスオプションの1つを使用して、影響を受けないパスを使用してトンネルの新しいプライマリ LSP をインスタンス化することによって、トンネルを再ルーティングします。

同じトンネルの下に他の有効なパスオプションが存在しない場合、または TE トンネルが障害の影響を受けるパスオプションを1つだけで設定されている場合、ヘッドエンドは無効タイマーを開始し、その後トンネルの状態を「ダウン」にします。このアクションにより、影響を受ける SR-TE LSP 上を流れるトラフィックとともに Null ルートが送信されるのを回避でき、トンネルを通過するサービスはヘッドエンドで利用できる異なるパスを経由して再ルーティングできるようになります。無効化ドロップ構成は、トンネルを「アップ」のままにしますが、無効化タイマーが満了したときにトラフィックをドロップします。

エリア内 SR-TE LSP では、ヘッドエンドは LSP パス上で完全な可視性を持ち、最終的な LSP 宛先へのパスを検証します。ただし、エリア間 LSP の場合、ヘッドエンドには LSP パスに対する部分的な可視性があります（最初の ABR までのみ）。この場合、ヘッドエンドは、入力から最初の ABR へのパスのみを検証できます。最初の ABR ノードを超える LSP に沿った障害は、ヘッドエンドからは見えず、LSP を介した BFD など、そのような障害を検出するその他のメカニズムが想定されます。

SR SID の検証

SR-TE LSP の SID ホップは TE トンネルの SR-TE LSP を介して運ばれる発信パケットに課される発信 MPLS ラベルスタックを決定するために使用されます。グローバルおよびローカルの隣接関係 SID のデータベースは、IGP から受信した情報から取り込まれ、MPLS-TE で維持されます。MPLS TE データベースで利用できない SID を使用すると、明示的パスを使用するパスオプションが無効になります。この場合、パスオプションは、SR TE LSP のインスタンス化には使用されません。また、MPLS の SID データベースで SID を取り消す、追加する、または変更すると、MPLS-TE ヘッドエンドは、SR パスオプション（使用中またはセカンダリ）を持つすべてのトンネルを確認し、適切な処理を呼び出します。

LSP 出力インターフェイス

SR-TE LSP が最初のパス ホップの隣接関係の SID を使用するとき、TE は隣接関係 SID および SR-TE LSP が出力するノードに関連付けられているインターフェイス状態および IGP 隣接関係

状態を監視します。インターフェイスまたは隣接関係がダウンした場合、TE は SR-TE LSP パスで障害が発生したと仮定し、前のセクションで説明したのと同じリアクティブアクションを実行できます。



- (注) SR-TE LSP が最初のホップのプレフィックス SID を使用するとき、TE はトンネルが出力するインターフェイスを直接推測できません。TE は、プレフィックスの IP 到達可能性情報に基づいて、最初のホップへの接続が維持されるかどうかを判断します。

IP 到達可能性の検証

MPLS-TE では、SR パスを有効と宣言する前に、プレフィックス SID に対応するノードが IP 到達可能であることを検証します。MPLS-TE は、SR-TE LSP パスの隣接関係またはプレフィックス SID に対応する IP プレフィックスのパス変更を検出します。リンクまたはノードの障害が原因で、特定の SID をアナウンスするノードが IP の到達可能性を失う場合、MPLS-TE はパス変更（パスなし）の通知を受けます。MPLS-TE は、現在の SR-TE LSP パスを無効にすることによって反応し、もしあれば有効なパスを持つ他のパスオプションを使用して新しい SR-TE LSP をインスタンス化する場合があります。



- (注) IP-FRR は（SR-TE LSP パスに沿ったプレフィックス SID の失敗など）SR-TE LSP が通過しているノードの障害に対する保護を提供しないため、ヘッドエンドは、トンネル状態を「ダウン」に設定することによってプレフィックス SID ノードの IP ルートの到達可能性の損失にすぐに反応し、影響を受けるトンネルに対して有効なパスを持つパスオプションが他にない場合は、トンネル転送エントリを削除します。

トンネルパス アフィニティの検証

トンネルパスのアフィニティは、トンネルインターフェイスで `tunnel mpls traffic-eng affinity` コマンドを使用して指定することができます。

ヘッドエンドは、指定された SR パスが設定されたアフィニティに準拠していることを検証します。これにより、SR パスの各セグメントのパスは、指定された制約に照らして検証される必要があります。パスの少なくとも1つのセグメントが設定されているアフィニティを満たさない場合、そのパスは設定されているアフィニティ制約に対して無効として宣言されます。

トンネルパス リソース回避の検証

SR-TE トンネルパケットの通過から除外されたことを検証するアドレスのセットを指定できます。これを実現するために、ヘッドエンドはセグメントごとの検証チェックを実行し、指定されたノード、プレフィックス、またはリンクアドレスが SR パスのトンネルから実際に除外されていることを検証します。以下のコマンドを使用して、トンネルリソース回避チェックをパスごとに有効にすることができます。除外されるアドレスのリストが定義され、リストの名前がパスオプションで参照されます。

```
interface tunnel100
```

```
tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name EXCLUDE segment-routing
ip explicit-path name EXCLUDE enable
exclude-address 192.168.0.2
exclude-address 192.168.0.4
exclude-address 192.168.0.3
!
```

Verbatim パス サポート

通常、MPLS TE LSP を使用する場合は、ネットワーク内のすべてのノードで TE の IGP 拡張がサポートされていて、TE が認識されるように設定されている必要があります。ただし、TE の IGP 拡張をサポートしないが、TE の RSVP 拡張はサポートするノードを通過する TE LSP を構築する機能を必要とするネットワーク管理者もいます。Verbatim LSP は、ネットワーク内のすべてまたは一部の中間ノードで TE の IGP 拡張がサポートされていない場合に役立ちます。

この機能をイネーブルにすると、IP 明示パスの TE トポロジデータベースに対するチェックは行われません。TE トポロジデータベースの検証が行われなため、IP 明示パス情報を持つ Path メッセージは、IP ルーティング用の Shortest Path First (SPF) アルゴリズムを使用してルーティングされます。

SR-TE トラフィックのロード バランシング

SR-TE トンネルは、次のロードバランシング オプションをサポートします。

ポートチャネル TE リンクのロードバランシング

ポートチャネルインターフェイスは SR-TE LSP トラフィックを運びます。このトラフィック負荷は、ポートチャネルメンバーリンクと、SR-TE LSP の先頭または中間のバンドルインターフェイス上でバランスをとります。

単一トンネルでのロードバランシング

同じコストのマルチパスプロトコル (ECMP) を使用している間、特定のプレフィックス SID へのパスが複数のネクストホップを指す場合があります。さらに、SR-TE LSP パスが、ECMP を持つ 1 つ以上のプレフィックス SID を通過する場合、SR-TE LSP トラフィック負荷は、SR-TE LSP パスに沿ってヘッドエンドまたは中間点の通過したノードから通過した各プレフィックス SID の ECMP パスでバランスをとります。

複数トンネルでのロードバランシング

スタティック ルートを設定するか、同じ宛先に対して複数の並列トンネルを自動ルートアナウンスをすると、複数の TE トンネルを特定の IP プレフィックスへのルーティングのためのネクストホップパスとして使用することができます。このような場合、トンネルはトラフィック負荷を均等に共有するか、複数の並列トンネル上でトラフィックをロードバランシングします。トンネルヘッドエンドでトンネルごとの明示的な設定を使用して不等なロードバランシング (UELB) を許可することも可能です。この場合、トンネルのロードシェアは MPLS-TE からフォワーディングプレーンに渡されます。

トンネルのロードシェア機能は、SR-TE LSP をインスタンス化する TE トンネルで引き続き機能します。

SR-TE トンネルの再最適化

TE トンネルの再最適化は、ヘッドエンドが、現在使用しているパスよりも最適な利用できるパスがあると判断した場合に発生します。たとえば、SR-TE LSP パスに沿って障害が発生した場合、ヘッドエンドは再最適化をトリガーすることによって、より最適なパスを検出し復帰することができます。

SR-TE LSP をインスタンス化するトンネルは、トンネルを通して運ばれるトラフィックに影響を与えずに再最適化できます。

再最適化は、次の理由で発生します。

- プライマリ SR-TE LSP 明示的のパスによって使用される明示的なパスホップが変更された。
- トポロジパスが切断されているか、明示的のパスで指定されている SID データベースで SID が見つからないため、現在使用しているパスオプションは無効であるとヘッドエンドが判断した。
- より有利なパスオプション（より低いインデックス）が利用可能になった。

ヘッドエンドは、SR-TE LSP が通過する保護された SR 隣接関係 SID で障害を検出すると、無効化タイマーを開始します。タイマーが期限切れになり、別のパスで再ルーティングできないために失敗したパスをヘッドエンドがまだ使用している場合、Null のルートがトラフィックとともに送信されないように、トンネル状態が「ダウン」になります。トンネルがダウンすると、トンネル上のサービスは、異なるパスを使用するために収束します。

次に手動の再最適化の例で出力されるサンプルを示します。この例では、パスオプションが **10** から **20** に変更されます。

```
Router# mpls traffic-eng reoptimize tunnel 1 path-option 20
The targeted path-option is not in lock down mode. Continue? [no]: yes
Router# show mpls traffic-eng tunnels tunnel1
Name: R1_t1 (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 20, (SEGMENT-ROUTING) type explicit IP_PATH (Basis for Setup)
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type dynamic
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
  Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 20 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
  Time since created: 6 days, 19 hours, 9 minutes
  Time since path change: 14 seconds
  Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1819
  Current LSP: [ID: 1819]
  Uptime: 17 seconds
  Selection: reoptimization
```

```

Prior LSP: [ID: 1818]
  ID: path option unknown
  Removal Trigger: reoptimization completed
Tun_Instance: 1819
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
  Segment0[Node]: 10.4.4.4, Label: 114
  Segment1[Node]: 10.5.5.5, Label: 115
  Segment2[Node]: 10.6.6.6, Label: 116

```

ロックダウンオプション付き SR-TE

lockdown オプションは、SR-TE がより良いパスに再最適化することを防ぎます。ただし、新しいパスの存在をシグナリングすることは防げません。

```

interface Tunnell
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 segment-routing lockdown
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10                                (Tunnell) Destination:
10.6.6.6
Status:
  Admin: up          Oper: up          Path: valid          Signalling: connected
  path option 10, (LOCKDOWN) type segment-routing (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0          kbps (Global)  Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
    Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
    AutoRoute: enabled LockDown: enabled Loadshare: 10 [200000000]
    auto-bw: disabled
    Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: segment-routing path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: enabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours, 22 minutes
    Time since path change: 1 minutes, 26 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1822
  Current LSP: [ID: 1822]
    Uptime: 1 minutes, 26 seconds
    Selection: reoptimization
  Prior LSP: [ID: 1821]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1822
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
  Segment0[Node]: 10.6.6.6, Label: 116

```

SR-TE トンネル保護

SR TE トンネルの保護は、次のいずれかの代替手段で行うことができます。

IP-FRR ローカル修復保護

SR-TE LSP ヘッドエンドまたはミッドポイント ノードでは、IP-FRR はプレフィックス SID または隣接関係 SID ラベルのためのバックアップ保護パスを計算し、プログラムするのに使用されます。

IP-FRR を使用すると、バックアップ修復パスは、リンクまたはノードの障害が発生する前に IGP によって事前に計算されプログラムされます。リンクが失敗すると、TE トポロジからの即時の取り消し（リンクアダタイズメントの取り消し）がトリガーされます。これにより、ヘッドエンドは、失敗した隣接関係 SID を通過する SR-TE LSP の障害を検出することができます。

保護された隣接関係 SID が失敗した場合、失敗した隣接関係 SID ラベルとそれに関連する転送は、すべての SR-TE トンネルのヘッドエンドが障害を検出して対応できるように、指定した時間（5～15分）機能し続けます。隣接関係 SID ラベルを使用するトラフィックは、バックアップ修復パスを変更するその後のトポロジ更新がある場合でも、FRR 保護され続けます。この場合、IGP は FRR がアクティブになっている間にバックアップ修復パスを更新し、新しく計算されたバックアップパス上のトラフィックを再ルーティングします。

保護されたプレフィックス SID のプライマリ パスが失敗すると、PLR はバックアップパスに経路を再ルーティングします。ヘッドエンドは障害に対してトランスペアレントなままであり、引き続き SR-TE LSP を有効なパスとして使用します。

IP-FRR は、リンク障害に対してのみ隣接関係およびプレフィックス SID を保護します。

トンネルパス保護

パス保護とは、単一の TE トンネルのプライマリ LSP の障害から保護するために、1つまたは複数のスタンバイ LSP をインスタンス化することです。

パス保護では、同じトンネルのプライマリパスオプションによってさまざまな障害のセカンダリパスを事前に計算し、事前プロビジョニングすることで、障害から保護します。この保護は、プライマリ LSP が通過するプレフィックス SID および隣接関係 SID を除外するパスを計算するか、またはプライマリ SR-TE LSP パスの SRLG を除外するパスを計算することによって実現します。

プライマリ SR-TE LSP に障害が発生した場合、トンネルには少なくとも1台のスタンバイ SR-TE LSP が使用されます。複数のセカンダリパスオプションをスタンバイ SR-TE LSP パスとして使用するよう設定できます。

アンナンバード サポート

アンナンバードリンクの IS-IS の説明には、リモート インターフェイス ID 情報は含まれません。アンナンバードリンクのリモートインターフェイス ID には、SR-TE トンネルの一部としてアンナンバードリンクを含める必要があります。

IS-IS による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の設定方法

次の手順を実行して、IS-IS での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 (SR-TE) を設定します。

TE トンネルのパスオプションの設定

稼働中の SR トンネルのパスオプションタイプが SR から非 SR (たとえば **dynamic**) に変更されると、トンネルの既存の転送エントリが削除されます。

セグメントルーティングは、既存のセカンダリまたは使用中のパスオプションで有効または無効にすることができます。トンネルでシグナリングされた **RSVP-TE** の明示的パスオプションが使用され、そのトンネルでセグメントルーティングが有効になっている場合、**RSVP-TE LSP** は切断され、**SR-TE LSP** が同じパスオプションを使用してインスタンス化されます。逆に、プライマリ LSP によって使用されているパスオプションでセグメントルーティングが無効になっている場合、トンネルは断続的にダウンし、新しい **RSVP-TE LSP** は同じ明示的パスを使用してシグナリングされます。

セグメントルーティングパスオプションがセカンダリパスオプションで有効になっている (すなわち、トンネルのプライマリ LSP によって使用されていない) 場合、新しく指定された **SR-TE LSP** パスオプションが有効で、トンネルのプライマリ LSP に使用するのがより有利であるかどうかを評価するためにトンネルがチェックされます。

```
Device(config)# interface tunnel 100
Device(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name foo segment-routing
Device(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 2 dynamic segment-routing
Device(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 3 segment-routing
```

SR 明示パス ホップの設定

SR-TE では次の明示的パスホップがサポートされています。

- IP アドレス
- MPLS ラベル
- IP アドレスと MPLS ラベルの混在

エリア内 LSP では、明示的パスを IP アドレスのリストとして指定できます。

```
Device(config)# ip explicit-path name foo
Device(config-ip-expl-path)# index 10 next-address 10.1.1.1 node address
Device(config-ip-expl-path)# index 20 next-address 10.12.12.2 link address
```



- (注) IP アンナンバードインターフェイスを使用する場合、ネクストホップアドレスを明示的パスのインデックスとして指定することはできません。これは、ノードアドレスまたはラベルである必要があります。

明示的パスは、セグメントルーティング SID として指定することもできます。

```
Device(config)# ip explicit-path name foo
Device(config-ip-expl-path)# index 10 next-label 20
```

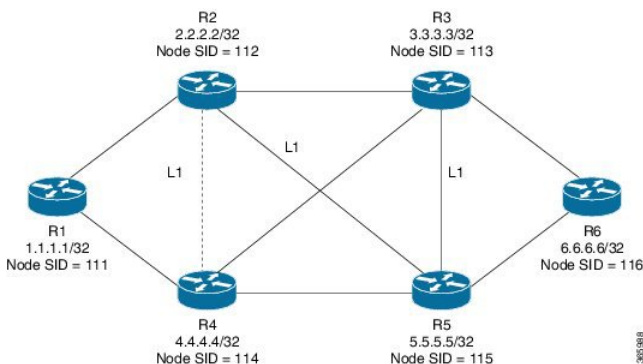
インターフェイスのアフィニティの設定

インターフェイスでアフィニティを設定するには、次の手順を実行します。

```
interface GigabitEthernet2
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 ip router isis 1
 negotiation auto
 mpls traffic-eng tunnels
 mpls traffic-eng attribute-flags 0x1
 isis network point-to-point
 ip rsvp bandwidth
```

使用例：セグメントルーティングトラフィック エンジニアリングの基本設定

SR-TE の構成を理解するには、次のトポロジを検討してください。



ヘッドエンド ルータで設定するには、R1 で次を実行します。

```
!
mpls traffic-eng tunnels
!
segment-routing mpls
connected-prefix-sid-map
 address-family ipv4
  10.1.1.1/32 index 111 range 1
```

```

    exit-address-family
  !
  set-attributes
    address-family ipv4
    sr-label-preferred
  exit-address-family
  !
  interface Loopback1
  ip address 10.1.1.1 255.255.255.255
  ip router isis 1
  !
  int gig0/0
  ip address 10.11.11.1 255.255.255.0
  ip router isis 1
  mpls traffic-eng tunnels
  isis network point-to-point
  !
  router isis 1
  net 49.0001.0010.0100.1001.00
  is-type level-1
  metric-style wide
  segment-routing mpls
  segment-routing prefix-sid-map advertise-local
  mpls traffic-eng router-id Loopback1
  mpls traffic-eng level-1
  !
end

```

SR-TE の明示的パス（ノードSIDベース）を有効にするには、R1 で次の CLI を有効にします。

```

Head end SR-TE configuration R1#
!
interface tunnel1
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name Node_PATH segment-routing
!
ip explicit-path name Node_PATH
  next-label 16114
next-label 16115
next-label 16116

```

R1 上の SR-TE トンネル 1 の正常な動作を確認するには、次の CLI を有効にします。

```

Tunnel verification on (R1)# show mpls traffic-eng tun tun 1 detail
Name: R1_t1                               (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
  Status:
    Admin: up          Oper: up          Path: valid          Signalling: connected
    path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit Node_PATH (Basis for Setup)
  Config Parameters:
    Bandwidth: 0          kbps (Global) Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
    Metric Type: IGP (interface)
  Verbatim: disabled
  Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1815
    Current LSP: [ID: 1815]
    Uptime: 2 seconds
  Removal Trigger: configuration changed
    Segment-Routing Path Info (isis level-1)
    Segment0[Node]: 10.4.4.4, Label: 16114

```

```
Segment1[Node]: 10.5.5.5, Label: 16115
Segment2[Node]: 10.6.6.6, Label: 16116
```

テールエンド ルータで設定するには、R6 で次を実行します。

```
interface GigabitEthernet2
ip address 10.101.1.1 255.255.255.0
ip router isis 1
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels
router isis 1
net 49.0001.0060.0600.6006.00
 ispf level-1
 metric-style wide
 log-adjacency-changes
 segment-routing mpls

segment-routing prefix-sid-map advertise-local
mpls traffic-eng router-id Loopback1
mpls traffic-eng level-1
```

明示パス SR-TE トンネル 1

トンネル 1 を IP アドレスのみに基づいて考慮します。

```
ip explicit-path name IP_PATH1
next-address 10.2.2.2
next-address 10.3.3.3
next-address 10.6.6.6
!
interface Tunnel1
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 10.6.6.6
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name IP_PATH1 segment-routing
 tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
 tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end
```

明示パス SR-TE トンネル 2

トンネル 2 をノードの SID に基づいて考慮します

```
ip explicit-path name IA_PATH
next-label 114
next-label 115
next-label 116
!
interface Tunnel2
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 10.6.6.6
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 10000 class-type 1
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name NODE_PATH segment-routing
 tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
```

```
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end
```

明示パス SR-TE トンネル 3

トンネル 3 は IP アドレスとラベルの組み合わせに基づいていることを考慮します

```
ip explicit-path name MIXED_PATH enable
next-address 10.2.2.2
next-address 10.3.3.3
next-label 115
next-label 116
!
interface Tunnel3
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name MIXED_PATH segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
```



(注) パスが混在している場合、パスでノード SID を使用した後に IP ネクストホップを使用することはできません。次のパスは有効ではありません。

```
ip explicit-path name MIXED_PATH enable
next-label 115
next-label 116
next-address 10.2.2.2
```

動的パス SR-TE トンネル 4

トンネル 4is は隣接関係 SID に基づいていることを考慮します

```
interface Tunnel4
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng bandwidth 10000 class-type 1
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end
```

動的パス SR-TE トンネル 5

トンネル 5 はノード SID に基づいていることを考慮します

```
interface Tunnel5
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
```

```
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
```

SR-TE トンネルの構成の確認

`show mpls traffic-eng tunnels tunnel-number` コマンドを使用して、SR-TE トンネルの構成を確認します。

トンネル 1 の確認

```
Name: R1_t1                               (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up          Oper: up          Path: valid          Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit IP_PATH (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours
    Time since path change: 2 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1814
    Current LSP: [ID: 1814]
    Uptime: 2 seconds
    Selection: reoptimization
    Prior LSP: [ID: 1813]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1814
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
  Segment0 [Node]: 10.4.4.4, Label: 114
  Segment1 [Node]: 10.5.5.5, Label: 115
  Segment2 [Node]: 10.6.6.6, Label: 116
```

トンネル 2 の確認

```
Name: R1_t2                               (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up          Oper: up          Path: valid          Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit IA_PATH (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
```

```

AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
auto-bw: disabled
Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
State: explicit path option 10 is active
BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
Tunnel:
Time since created: 6 days, 19 hours, 1 minutes
Time since path change: 1 seconds
Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1815
Current LSP: [ID: 1815]
Uptime: 1 seconds
Prior LSP: [ID: 1814]
ID: path option unknown
Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1815
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
Segment0[ - ]: Label: 114
Segment1[ - ]: Label: 115
Segment2[ - ]: Label: 116

```

トンネル3の確認

```

Name: R1_t3 (Tunnell) Destination: 10.6.6.6
Status:
Admin: up Oper: up Path: valid Signalling: connected
path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit MIXED_PATH (Basis for Setup)
Config Parameters:
Bandwidth: 0 kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
Metric Type: IGP (interface)
Path Selection:
Protection: any (default)
Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
auto-bw: disabled
Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
State: explicit path option 10 is active
BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
Tunnel:
Time since created: 6 days, 19 hours, 2 minutes
Time since path change: 2 seconds
Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1816
Current LSP: [ID: 1816]
Uptime: 2 seconds
Selection: reoptimization
Prior LSP: [ID: 1815]
ID: path option unknown
Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1816
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
Segment0[Node]: 10.2.2.2, Label: 112
Segment1[Node]: 10.3.3.3, Label: 113
Segment2[ - ]: Label: 115
Segment3[ - ]: Label: 116

```


トンネル4の確認

```
Name: R1_t4 (Tunnell) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type dynamic (Basis for Setup, path weight 30)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: dynamic path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours
    Time since path change: 2 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1813
  Current LSP: [ID: 1813]
  Uptime: 2 seconds
  Prior LSP: [ID: 1806]
  ID: path option unknown
  Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1813
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
  Segment0[Link]: 192.168.2.1 - 192.168.2.2, Label: 17
  Segment1[Link]: 192.168.4.2 - 192.168.4.1, Label: 25
  Segment2[Link]: 192.168.8.1 - 192.168.8.2, Label: 300
```

トンネル5の確認

```
Name: R1_t5 (Tunnell) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 10, type segment-routing (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: segment-routing path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours, 4 minutes
    Time since path change: 14 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1817
  Current LSP: [ID: 1817]
  Uptime: 14 seconds
  Selection: reoptimization
  Prior LSP: [ID: 1816]
```

```

ID: path option unknown
Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1817
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
Segment0[Node]: 10.6.6.6, Label: 116

```

Verbatim パス サポートの確認

適切な動作と SR-TE トンネル状態を確認するには、次の CLI を使用します。

```

R6#sh mpl traffic-eng tunnels tunnel 4

Name: R6_t4                               (Tunnel4) Destination: 10.11.11.11
Status:
  Admin: up           Oper: up           Path: valid           Signalling: connected
  path option 1, (SEGMENT-ROUTING) type explicit (verbatim) multihop (Basis for Setup)

Config Parameters:
  Bandwidth: 0          kbps (Global) Priority: 7 7 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: TE (default)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-selection Tiebreaker:
    Global: not set Tunnel Specific: not set Effective: min-fill (default)
  Hop Limit: disabled [ignore: Verbatim Path Option]
  Cost Limit: disabled
  Path-invalidation timeout: 10000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: disabled LockDown: disabled Loadshare: 0 [0] bw-based
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 1 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: enabled

History:
  Tunnel:
    Time since created: 16 minutes, 40 seconds
    Time since path change: 13 minutes, 6 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 13
  Current LSP: [ID: 13]
    Uptime: 13 minutes, 6 seconds
    Selection: reoptimization
  Prior LSP: [ID: 12]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed (severe)
Tun_Instance: 13
Segment-Routing Path Info (IGP information is not used)
Segment0[First Hop]: 10.0.0.0, Label: 16003
Segment1[ - ]: Label: 16002
Segment2[ - ]: Label: 16001

```

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。