

# Konvergenzmechanismus von SR-TE Policy-basiertem Explicit-Path mit TI-LFA-Knotenschutz

## Inhalt

---

### [Einleitung](#)

### [Problem](#)

#### [Anforderungen](#)

#### [Warum TI-LFA-Backup-Pfad keinen Schutz vor einem Ausfall eines Zwischenknotens bietet](#)

### [Lösung](#)

#### [So schützt TI-LFA Backup Path jetzt jeden Zwischenknotenausfall unter 50 ms Konvergenz](#)

#### [Aufschlüsselung der Lösungsschritte](#)

#### [Verschiedene Komponenten der Lösung](#)

##### [Explizite Pfadeigenschaft](#)

##### [OSPF Flex-Algo](#)

#### [Lösungsübersicht](#)

### [Verwendete Software](#)

### [Zugehörige Informationen](#)

---

## Einleitung

Dieses Dokument beschreibt den Knotenschutz für den expliziten Primärpfad durch Topology Independent (TI) - Loop-Free Alternative (LFA) und die Lösung unter Verwendung des Segment Routing (SR) - Traffic Engineering (TE)-Pfads mit SR-TE-Metrik und Open Shortest Path First (OSPF)-Algorithmus.

## Problem

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen von XYZ Networks, die Design-Einschränkungen und der Grund erläutert, warum der TI-LFA-Backup-Pfad keinen Ausfall eines Zwischenknotens für einen explizit definierten primären Pfad schützt.

## Anforderungen

Laut XYZ Networks sind dies die Anforderungen an ein vollständig neues Netzwerkdesign:

1. Der primäre Datenverkehrspfad muss explizit von der SR-TE-Richtlinie (admin), nicht jedoch von der IGP-Metrik definiert und gesteuert werden.
2. Bei einem Verbindungs- oder Knotenausfall muss der Datenverkehr innerhalb von weniger als 50 ms mit einem Netzwerk ohne Skalierung auf einen Backup-Pfad konvergiert werden.

Abbildung 1 zeigt, dass eine SR-TE-Richtlinie Ende-zu-Ende am Quellknoten PE1 konfiguriert

wurde, wobei PE3 der Zielknoten ist.

Die SR-TE- und OSPF-Konfigurationen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

```
<#root>
```

```
segment-routing
```

```
traffic-eng
```

```
!  
!
```

```
segment-list PrimaryPath1
```

```
index 10 mpls adjacency 10.1.11.0
```

```
--> First Hop (P1 node) of the explicit-path
```

```
index 20 mpls adjacency 10.1.3.1
```

```
-->
```

```
Second Hop (P3 node) of the explicit-path
```

```
index 30 mpls adjacency 10.3.13.1
```

```
--> Third Hop (PE3 node) of the explicit-path
```

```
!  
policy POL1  
source-address ipv4 11.11.11.11
```

```
--> Source Node of the explicit-path
```

```
color 10 end-point ipv4 33.33.33.33
```

```
--> Destination Node of the explicit-path
```

```
candidate-paths
```

```
preference 100 --> Secondary Path taken care of dynamically by IGP TI-LFA
```

```
dynamic  
metric  
type igp
```

```
!  
!  
!
```

```
preference 200
```

```
explicit segment-list PrimaryPath1
```

```
--> Primary Explicit-Path of the SR-TE policy
```

```
!  
!
```

```
router ospf CORE
```

```
nsr  
distribute link-state  
log adjacency changes  
router-id 11.11.11.11  
segment-routing mpls  
nsf cisco  
microloop avoidance segment-routing  
max-metric router-lsa on-startup 360  
area 0
```

```
interface Bundle-Ether111
```

```
--> Primary Explicit-Path Interface
```

```
authentication null  
network point-to-point  
fast-reroute per-prefix  
fast-reroute per-prefix ti-lfa enable
```

```
--> Enabling TI-LFA on the primary interface
```

```
fast-reroute per-prefix tiebreaker node-protecting index 100  
fast-reroute per-prefix tiebreaker srlg-disjoint index 200  
prefix-suppression  
!
```

```
interface Bundle-Ether211
```

```
--> Secondary Dynamic Path Interface
```

```
authentication null  
network point-to-point  
fast-reroute per-prefix  
fast-reroute per-prefix ti-lfa enable
```

```
--> Enabling TI-LFA on the secondary interface
```

```
fast-reroute per-prefix tiebreaker node-protecting index 100  
fast-reroute per-prefix tiebreaker srlg-disjoint index 200  
prefix-suppression  
!
```

```
interface Loopback80  
passive enable  
prefix-sid index 32130
```

--> Enabling Node SID on the loopback interface

!  
!

Diese Konfiguration ist eine Beispielmethode für die Konfiguration einer auf einem expliziten Pfad basierenden SR-TE-Richtlinie. Es gibt auch andere Möglichkeiten. Und unter OSPF wird beobachtet, dass TI-LFA aktiviert ist.

Bei der Kombination aus SR-TE- und OSPF-Funktionen wird jedoch im Lab mit der SR-TE Explicit Path Policy festgestellt, dass OSPF TI-LFA nicht in der Lage ist, einen End-to-End-Backup-Pfad (PE1 bis PE3) nach der Konvergenz des SR-TE Explicit Primary Path für Szenarien mit Knotenausfällen zwischen den Knoten zu berechnen und zu installieren, wie in Abbildung 2 dargestellt. Infolgedessen überschreitet die Konvergenzzeit für den Schutz des Datenverkehrs bei einem Ausfall des P1- oder P3-Knotens deutlich mehr als 50 ms.

Zur Erläuterung des Problems wurde ein einfaches Beispiel gewählt:

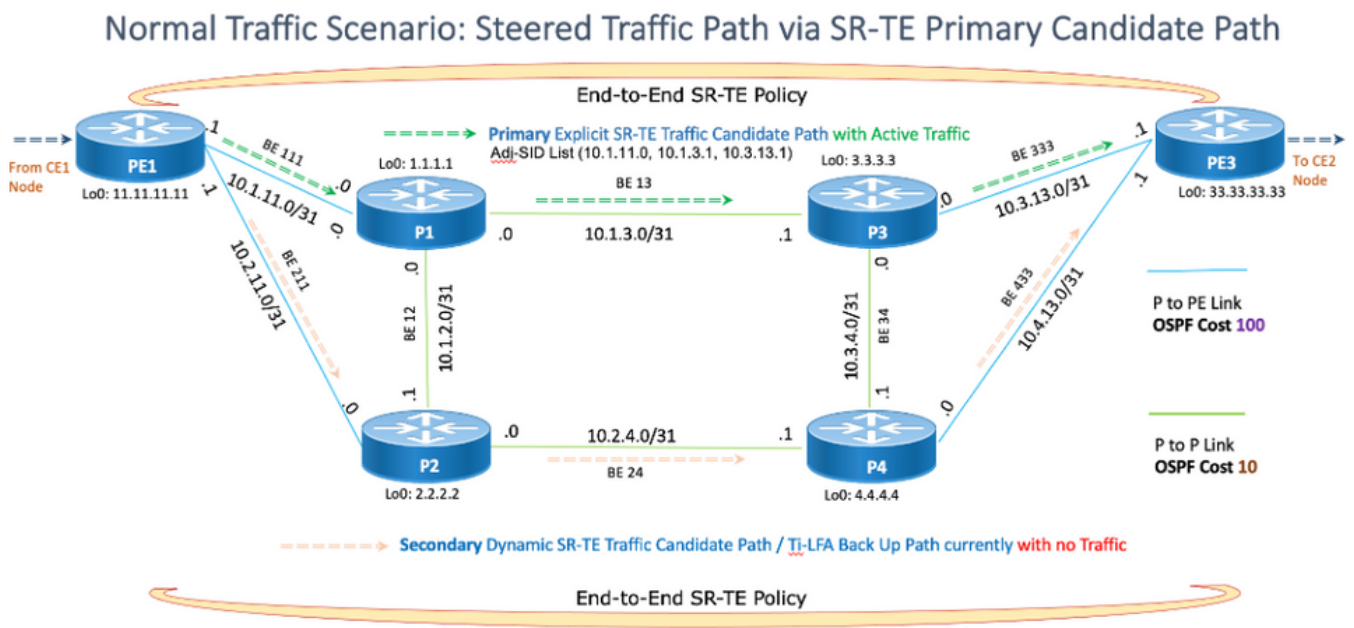


Abbildung 1: Szenario des normalen Datenverkehrs

Wie in Abbildung 1. gezeigt, ist der Datenverkehrsquellenknoten PE1 und der Zielknoten PE3. Hier wird eine SR-TE Richtlinie für explizite Pfade konfiguriert, bei der der Datenverkehr über den expliziten primären Datenverkehrspfad PE1>P1>P3>PE3 gesendet werden muss.

Wenn in dieser Situation ein expliziter SR-TE-Pfad über PE1> P1 > P3> PE3 konfiguriert wird, kann TI-LFA bei einem Knotenausfall, wie in Abbildung 2 dargestellt, das Szenario eines Knotenausfalls nicht schützen, sondern nur das Szenario eines Verbindungsausfalls. Das Szenario eines Verbindungsausfalls wurde im Referenzdokument [Konvergenz von SR-TE Explicit-Path für den Verbindungsschutz](#) ausführlich behandelt.

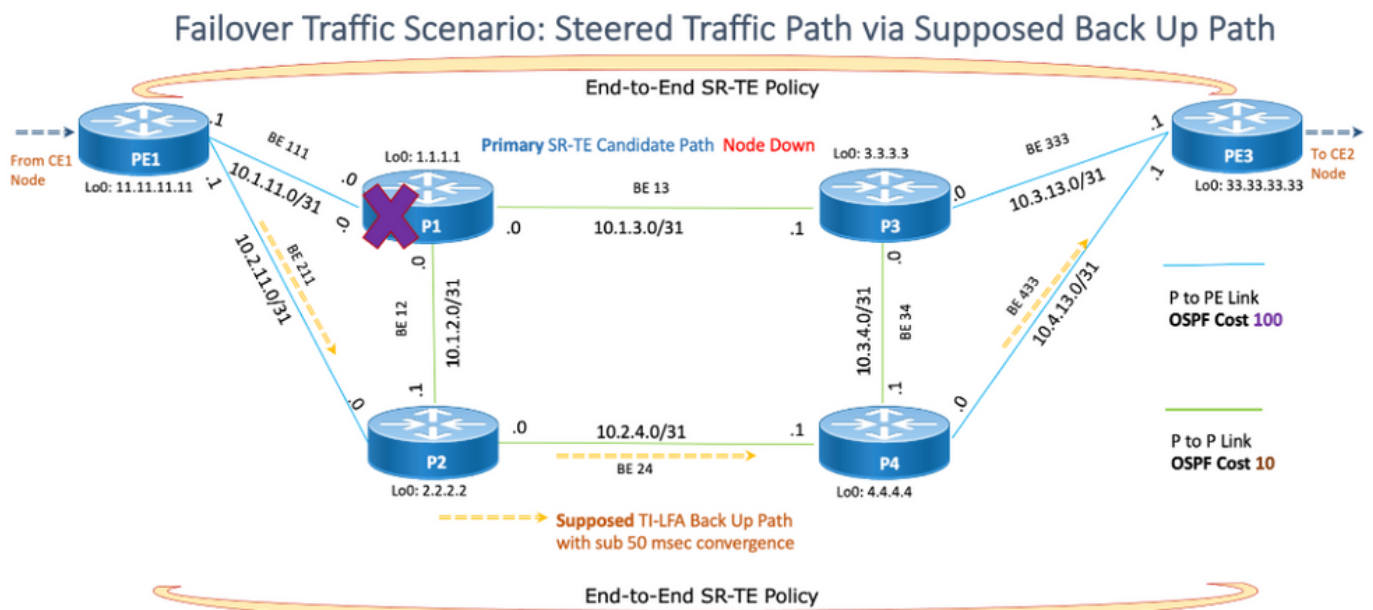


Abbildung 2: Szenario des Failover-Datenverkehrs

## Warum TI-LFA-Backup-Pfad keinen Schutz vor einem Ausfall eines Zwischenknotens bietet

TI-LFA verweist nach der OSPF-Konfiguration standardmäßig auf die Node-SID des Zielknotens, um den Backup-Pfad zu berechnen und in der Datenebene zu installieren.

Für dieses Szenario und die Konfiguration des Funktionssatzes funktioniert die TI-LFA-Abdeckung vom Quellknoten zum Zielknoten nicht, d. h., der TI-LFA-Sicherungspfad schützt den Ausfall eines Zwischenknotens unter 50 ms für den explizit definierten Primärpfad nicht.

Die Analyse zeigt, dass der TI-LFA-Sicherungspfad-Berechnungsalgorithmus den ersten Next-Hop/Knoten im expliziten Pfad als Zielendpunkt anstelle des eigentlichen Zielknotens verwendet und den Sicherungspfad berechnet, der nur den ersten Next-Hop/Knoten zu schützen versucht, z. B. Knoten P1, wie in Abbildung 2 dargestellt. Daher kann TI-LFA keinen Backup-Pfad berechnen und installieren, um den Endpunkt oder den Zielknoten zu schützen, z. B. Knoten PE3.

Daher ist es nicht möglich, einen End-to-End-Schutz innerhalb von weniger als 50 ms Konvergenz für den eigentlichen Zielknoten PE3 bei einem Ausfall eines Zwischenknotens in einem explizit definierten primären Datenverkehrspfad bereitzustellen.

Eine weitere Betrachtungsweise ist in Abbildung 1 dargestellt. Wenn Sie den Knoten P3 als nächsten Hop im expliziten Pfad konfigurieren, kann TI-LFA einen Schutz von unter 50 ms für den Ausfall des Knotens P1 bereitstellen und umgekehrt. Der Knotenschutz kann jedoch nicht für diesen bestimmten Knoten erfolgen, der als einer der expliziten Hops des expliziten End-to-End-Pfads definiert ist.

## Lösung

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf Punkte für explizite primäre pfadspezifische Szenarien:

## So schützt TI-LFA Backup Path jetzt jeden Zwischenknotenausfall unter 50 ms Konvergenz

Eine bewährte und getestete Lösung besteht darin, einige zusätzliche Funktionen/Änderungen in das Szenario einzubeziehen, damit TI-LFA die Konvergenz in weniger als 50 ms während des Szenarios eines Knotenausfalls sowie des Verbindungsausfalls bewältigen kann. Diese Lösung wurde basierend auf den Anforderungen von XYZ Network ausgewählt, wie im Abschnitt "Problem" erwähnt.

### Aufschlüsselung der Lösungsschritte

1. Explicit-Path ist erforderlich, die IGP-Metrik kann jedoch nicht gemäß der Anforderung verwendet werden.
2. Daher wird eine alternative Metrik (SR-TE-Metrik) verwendet, um den Datenverkehr auf einem bestimmten Pfad ohne Angabe der expliziten Hops zu steuern.
3. OSPF Flex-Algo wird verwendet, um Datenverkehr über die Topologie, die die SR-TE-Metrik verwendet, an den Zielknoten zu senden (unter Verwendung einer separaten Flex-Algo-Node-SID, die über den Flex-Algo erreichbar ist).
3. Nach Hinzufügen von OSPF Flex-Algo kann TI-LFA normal funktionieren, da nun die tatsächliche Ziel-Knoten-SID geschützt werden kann.

### Verständnis Verschiedene Komponenten der Lösung

#### Explizite Pfadeigenschaft

Da gemäß einer der Anforderungen die IGP-Metrik nicht für die explizite Steuerung des Primärpfads verwendet werden kann, wird die explizite optimierte Charakteristik des primären SR-TE-Pfads über die zusätzlich unter den SR-TE-Schnittstellen konfigurierte TE-Metrik (unter Segment-Routing) für alle Knoten einschließlich des Headend-PE-Knotens bis zum Remote-Ziel-PE gesteuert. Die SR-TE-Metriken wiederum werden von OSPF Flex Algo verwendet, um einen expliziten Pfad unter dem Paradigma "flex-algo" zu erstellen.

SR-TE-Metrik unter Segment Routing bei PE1:

```
<#root>
```

```
segment-routing
  global-block 100000 299999
  traffic-eng
```

```
interface Bundle-Ether111
```

metric 10

--> SR-TE Metric of BE111 is less than BE211, so it is a more preferred explicit path given that rest of

!

interface Bundle-Ether211

metric 100

!

logging  
policy status

!

policy er100\_to\_er102 --> SR-TE policy defined

source-address ipv4 11.11.11.11.

--> Source Node of the explicit-path

color 150 end-point ipv4 33.33.33.33

--> Destination Node of the explicit-path

autoroute  
force-sr-include  
include all

!

candidate-paths

preference 200

dynamic --> Here that the primary path is configured as dynamic but it is the SR-TE metric defined as

make it fixed or explicit

!

constraints  
segments

sid-algorithm 128. --> Primary SR-TE path is configured with constraint as Flex- Algo 128 with no explicit

the backup path implicitly ensuring sub 50 msec of convergence

!

!

Befehl an Knoten PE1 anzeigen:

<#root>

P/0/RP0/CPU0:PE1#

show segment-routing traffic-eng policy

Fri Feb 3 10:25:24.716 UTC

SR-TE policy database

-----

Color: 150, End-point: 33.33.33.33 --> Color and Endpoint Loopback IP address of PE3

Name: srte\_c\_150\_ep\_33.33.33.33

Status:

Admin: up Operational: up for 04:57:30 (since Feb 3 05:27:54.774)

Candidate-paths:

Preference: 200

(configuration) (active)

--> Preference of 200 as configured under SR-TE policy

Name: er100\_to\_er102

Requested BSID: dynamic

Constraints:

Prefix-SID Algorithm: 128 --> Attached to Flex-Algo 128 as configured under SR-TE policy

Protection Type: protected-preferred --> Protected Primary Path

Maximum SID Depth: 12

Dynamic (valid)

Metric Type: TE

, Path Accumulated Metric: 0

--> Metric Type is SR-TE metric

133138

[Prefix-SID: 33.33.33.33, Algorithm: 128].

--> Node SID of destination node PE3 with index 33138

Attributes:



Binding SID: 24010  
Forward Class: Not Configured  
Steering labeled-services disabled: no  
Steering BGP disabled: no  
IPv6 caps enable: yes  
Invalidation drop enabled: no

## OSPF Flex-Algo

### Übersicht:

Mit Flexible Algorithmen für das Segment-Routing können Betreiber die Berechnung des kürzesten IGP-Pfads an ihre eigenen Anforderungen anpassen. Ein Operator kann benutzerdefinierte SR-Präfix-SIDs zuweisen, um eine Weiterleitung über das verbindungskostenbasierte SPF hinaus zu ermöglichen. Daher stellt der flexible Algorithmus einen vom IGP automatisch berechneten, vom Datenverkehr gesteuerten Pfad zu jedem Ziel bereit, das vom IGP erreichbar ist.

Um eine maximale Flexibilität zu gewährleisten, kann die Zuordnung zwischen dem Algorithmuswert und seiner Bedeutung vom Benutzer definiert werden. Wenn alle Router in der Domäne den jeweiligen Algorithmuswert gemeinsam verstehen, ist die Berechnung für einen solchen Algorithmus konsistent und der Datenverkehr unterliegt keinen Schleifen. Da die Bedeutung des Algorithmus nicht durch irgendeinen Standard definiert ist, sondern durch den Benutzer definiert wird, wird er hier als flexibler Algorithmus bezeichnet.

Im Rahmen des OSPF-Routing-Paradigmas können viele mögliche Einschränkungen zur Berechnung eines Pfads über ein Netzwerk verwendet werden. Einige Netzwerke werden mit einer einzigen IGP-Ebene und andere mit mehreren IGP-Ebenen bereitgestellt. Für jedes Netzwerk existiert unter jedem OSPF-Prozess standardmäßig Flex-Algo 0 mit einer einfachen Form der Einschränkung, z. B. einer OSPF-Metrik.

Um jedoch die spezifischen Anforderungen zu berücksichtigen, wird hier eine ausgefeiltere Form der Einschränkung verwendet, die erweiterte Parameter wie TE-metric (Multiple Flex-Algo-Nummern reichen von 128 bis 255) umfasst. In Cisco IOS® XR 7.3.2 muss diese TE-Metrik im SR-TE-Abschnitt "Traffic Engineering" konfiguriert werden. OSPF verwendet sie jedoch zur Berechnung des expliziten Pfads.

TI-LFA berechnet den Backup-Pfad und hält die Datenebene bereit, falls der primäre Pfad ausfällt. Für ein Netzwerk ohne Skalierung wird der Datenverkehr mit einer Konvergenzzeit von unter 50 ms umgeschaltet.

### Konfiguration:

OSPF Flex-Algo wird unter Router OSPF konfiguriert und im Netzwerk angekündigt. Die OSPF-Metriken "flex-algo" und "TE" übernehmen zusammen den expliziten Pfad und eine Konvergenzzeit von unter 50 ms. Durch die Konfiguration von Flex-Algo unter OSPF wird eine virtuelle OSPF-Topologie aufgebaut, und TI-LFA kann den End-to-End-Backup-Pfad für ein Paar von Quell- und Zielendpunkten im Voraus berechnen, wodurch weniger als 50 Sekunden

Konvergenz für den Ausfall des primären Pfads gewährleistet werden.

OSPF-Konfiguration an PE1:

<#root>

```
router ospf CORE
  nsr
  distribute link-state
  log adjacency changes
  router-id 11.11.11.11
  segment-routing mpls
  nsf cisco
  microloop avoidance segment-routing
  max-metric router-lsa on-startup 360
  area 0
    interface Bundle-Ether111
      cost 10000
      authentication null
      network point-to-point
      fast-reroute per-prefix
      fast-reroute per-prefix ti-lfa enable
      fast-reroute per-prefix tiebreaker node-protecting index 100
      fast-reroute per-prefix tiebreaker srlg-disjoint index 200
      prefix-suppression
    !
    interface Bundle-Ether211
      cost 10000
      authentication null
      network point-to-point
      fast-reroute per-prefix
      fast-reroute per-prefix ti-lfa enable
      fast-reroute per-prefix tiebreaker node-protecting index 100
      fast-reroute per-prefix tiebreaker srlg-disjoint index 200
      prefix-suppression
    !
    interface Loopback80
      passive enable
      prefix-sid index 32130

prefix-sid algorithm 128 index 33130    --> Assigning different Node SIDs to different Flex Algo to ke

    prefix-sid algorithm 129 index 34130    --> Assigning different Node SIDs to different Flex Algo to

!
!
flex-algo 128    --> Defining OSPF Flex Algo which creates a virtual topology and enables TI-LFA to

  metric-type te-metric
  advertise-definition
!
flex-algo 129.    --> One or more than one Flex Algo can be defined based on the requirement

  metric-type delay
```

```
advertise-definition
!  
!
```

## OSPF-Konfiguration an PE3:

```
<#root>
```

```
router ospf CORE
```

```
nsr  
distribute link-state  
log adjacency changes  
router-id 33.33.33.33  
segment-routing mpls  
nsf cisco  
microloop avoidance segment-routing  
max-metric router-lsa on-startup 360  
area 0  
  interface Bundle-Ether111  
    cost 10000  
    authentication null  
    network point-to-point  
    fast-reroute per-prefix  
    fast-reroute per-prefix ti-lfa enable  
    fast-reroute per-prefix tiebreaker node-protecting index 100  
    fast-reroute per-prefix tiebreaker srlg-disjoint index 200  
    prefix-suppression  
  !  
  interface Bundle-Ether211  
    cost 10000  
    authentication null  
    network point-to-point  
    fast-reroute per-prefix  
    fast-reroute per-prefix ti-lfa enable  
    fast-reroute per-prefix tiebreaker node-protecting index 100  
    fast-reroute per-prefix tiebreaker srlg-disjoint index 200  
    prefix-suppression  
  !  
  interface Loopback80  
    passive enable  
    prefix-sid index 32138
```

```
prefix-sid algorithm 128 index 33138 --> Node SID assigned for OSPF Flex-Algo 128 which is shown above
```

```
  prefix-sid algorithm 129 index 34138 --> Assigning different Node SIDs to different Flex Algo to ke
```

```
!  
!
```

```
flex-algo 128. --> Defining OSPF Flex Algo which creates a virtual topology and enables TI-LFA t
```

```
metric-type te-metric --> Metric type te-metric
```

advertise-definition --> To enable the router to advertise the definition for the particular Flexible A  
command is used

!

flex-algo 129

--> Additional Flex Algo definition (if needed)

metric-type delay --> Metric type delay

advertise-definition

!

!

## Lösungsübersicht

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die SR-TE-Metriken dabei helfen, den Datenverkehr durch den designierten expliziten SR-TE-Pfad zu navigieren, da die IGP-Metrik nicht verwendet werden kann. OSPF Flex-Algo unterstützt TI-LFA durch das Hinzufügen einer Ebene der virtuellen Steuerungsebene dabei, eine Konvergenz des primären expliziten Datenverkehrs mit dem vorab berechneten TI-LFA-Backup-Pfad von unter 50 ms sicherzustellen. Dies geschieht, da nur die SID des Zielknotens angekündigt wird, damit TI-LFA den eigentlichen Zielknoten bestimmen kann und dadurch beide Zwischenknoten (P1 und P3) zwischen einem Paar von Quell-Zielknoten des expliziten Primärpfads PE1>P1 > P3> PE3 geschützt sind. Der dynamisch geschützte Sicherungspfad mit einer Konvergenz von unter 50 ms und ohne Skalierung ist in diesem Fall PE1> P2 > P4> PE3.

## Verwendete Software

Die zum Testen und Validieren der Lösung verwendete Software ist Cisco IOS® XR 7.3.2.

## Zugehörige Informationen

- Teil 1: [Konvergenz von SR-TE Explicit Path für den Verbindungsschutz](#)
- [Technischer Support und Downloads von Cisco](#)

## Informationen zu dieser Übersetzung

Cisco hat dieses Dokument maschinell übersetzen und von einem menschlichen Übersetzer editieren und korrigieren lassen, um unseren Benutzern auf der ganzen Welt Support-Inhalte in ihrer eigenen Sprache zu bieten. Bitte beachten Sie, dass selbst die beste maschinelle Übersetzung nicht so genau ist wie eine von einem professionellen Übersetzer angefertigte. Cisco Systems, Inc. übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit dieser Übersetzungen und empfiehlt, immer das englische Originaldokument (siehe bereitgestellter Link) heranzuziehen.