

OSPFv2 か。か。か。か。か。か。か。か。か。 。か。か。か。か。か。か。か。

目次

[はじめに](#)

[前提条件](#)

[要件](#)

[使用するコンポーネント](#)

[設定](#)

[背景説明](#)

[用語](#)

[ネットワーク図](#)

[設定](#)

[R1](#)

[R2](#)

[R3](#)

[R4](#)

[R5](#)

[R6](#)

[MPLS-リモート-LFAトンネルの機能について](#)

[確認](#)

概要

このドキュメントでは、リモート ループフリー代替 (LFA) メカニズムによって、MPLS 対応ネットワークでトラフィックの Fast Reroute が可能になる仕組みを説明します。

リモート LFA は、直接ループフリー代替パスを使用できない場合、50 ミリ秒の所要時間以内に引き続きトラフィックを最終宛先に配信可能なリモート ノードにトラフィックをトンネリングするメカニズムを提供します。

前提条件

要件

OSPFv2 および MPLS について十分に理解しておくことをお勧めします。

使用するコンポーネント

このドキュメントは、特定のソフトウェアやハードウェアのバージョンに限定されるものではありません。

本書の情報は、特定のラボ環境にあるデバイスに基づいて作成されたものです。このドキュメン

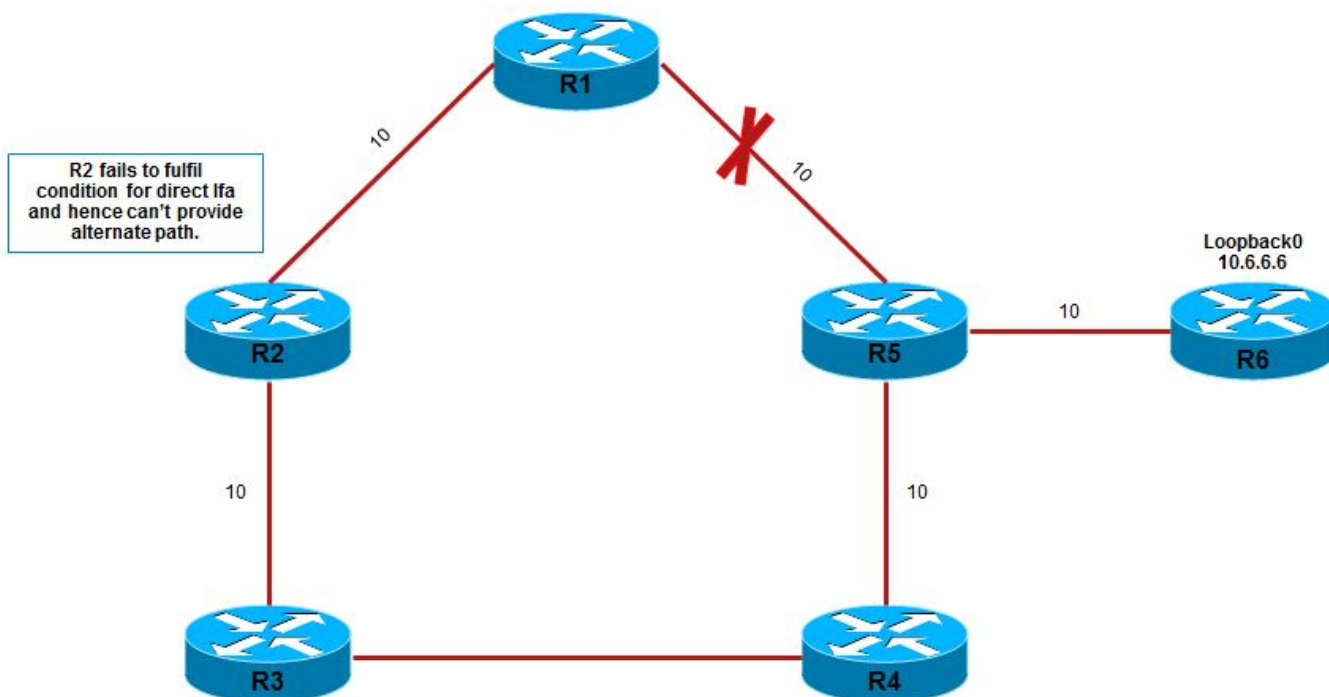
トで使用するすべてのデバイスは、初期（デフォルト）設定の状態から起動しています。稼働中のネットワークで作業を行う場合、コマンドの影響について十分に理解したうえで作業してください。

設定

背景説明

最近のペースの速いネットワークでは、ネットワークが数秒中断しただけでも、影響を受けやすいアプリケーションの妨げとなります。ネットワーク内のプライマリパスにあるノードやリンクで障害が発生すると、OSPF、ISIS、EIGRPなどのルーティングプロトコルが収束するまで、パケットはドロップされます。OSPFやISISなどのリンクステートプロトコルには、プライマリルートの障害時に使用できるよう事前に計算されたバックアップルートを用意する、EIGRPのようなメカニズムがありません。

バックアップルートパスを用意するには、OSPFおよびISISと併せて、直接接続されたLFAとリモートLFAという2つのメカニズムを使用します。このバックアップパスはプライマリルートに障害が発生した場合に使用され、OSPFまたはISISが再び収束するまでの間のみ使用されます。OSPFまたはISISが収束している間は、このバックアップパスでパケットを宛先に配信できます。以下の図を確認してください。



上記のリンクには、それぞれに対応する OSPF コストが示されています。R1 から 10.6.6.6 に到達するためのコストは 21 で、そのプライマリパスは R1 -> R5 - R6 です。

R1 -> R5 -> R6 -> Loopback0 // OSPF コスト 21

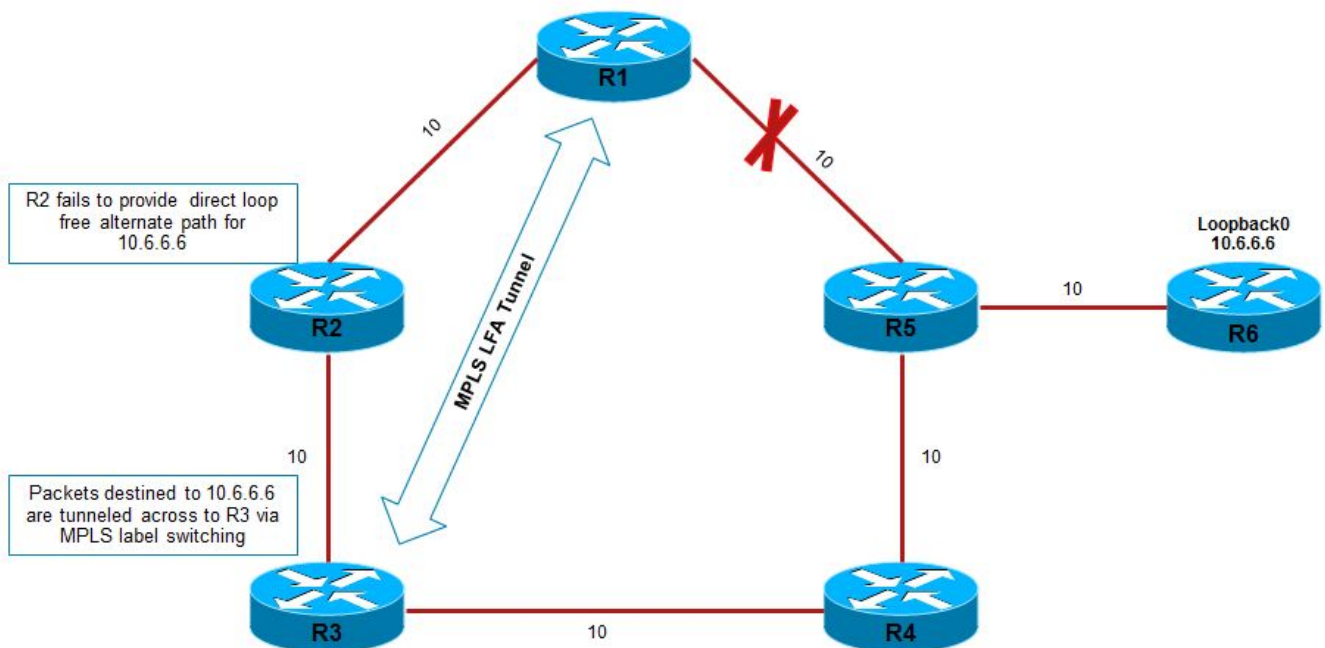
R2 を直接 LFA の不等についてチェックすると、このチェックに合格しないため、10.6.6.6 の直接ループフリー代替パスを提供できません。

$D(N,D) < D(N,S) + D(S,D)$ // リンク保護

$41 < 10 + 21$ // 等価でない

R2 は直接ループフリー代替パスを提供するために必要な基本条件を満たさないため、R1-R5 リンクの障害時にバックアップパスとしての役割を果たすことができません。直接 LFA の詳細については、次を参照してください。

ただし、R1-R5 の障害発生中に、R1 からのトラフィックを R3 にトンネリングすることが可能であれば、代替バックアップパスを実現できます。ループフリー代替パスを提供できるリモートノードにパケットをトンネリングするこのメカニズムは、リモート LFA と呼ばれます。トンネルを介して R3 に向かうパケットは、何にも妨害されずに R6 に転送されます。それは、障害が発生した R1-R5 リンクは、10.6.6.6 に到達するためのプライマリパスに関与しないためです。



確立されるトンネルは、MPLS LDP トンネルです。したがって、環境内で LDP を有効にする必要があります。ただし、リモート LFA を実行する際は、直接 LFA が前提条件となります。直接 LFA がなければ、LDP トンネルは確立されません。

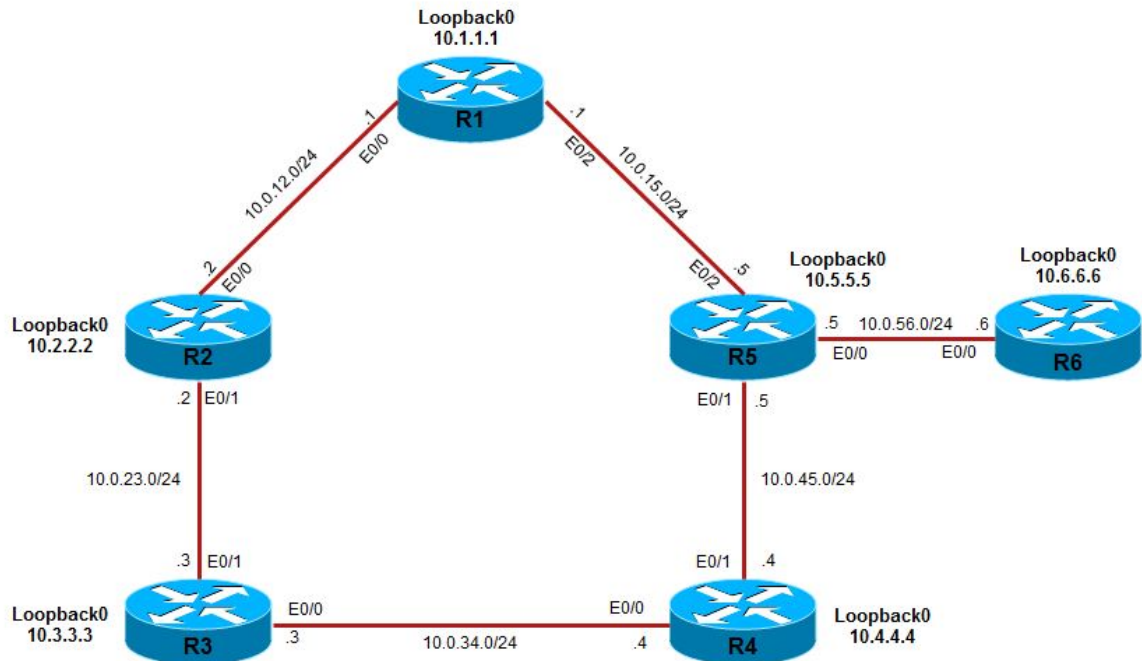
用語

リモート LFA で使用される用語は数少ないので、これらの用語について以下に説明します。

- **P スペース** : R1 が障害リンクを経由せずに到達できる他のルーター式を意味します。P スペースでは、R1 をルートとして最短パス ツリー アルゴリズム (SPT) を実行する必要があります。たとえば、上記のトポロジでは R1 の P スペースは R2 と R3 になります。
- **Q スペース** : 障害リンクを経由せずに R5 に到達できるルーター式を意味します。Q スペースでは、R5 をルートとして SPT を実行する必要があります。R5 の Q スペースは R3 および R4 になります。

- **PQ ノード** : P スペースと Q スペースに共通のノードです。上記の場合、共通しているノードは R3 であるため、R3 が PQ ノード (別名リリース ノード) として選択されます。 PQ ノードは、リモート LFA トンネルが終端するノードです。このような PQ ノードが複数ある場合もありますが、アルゴリズムごとに 1 つの PQ ノードだけが選択されます。

ネットワーク図



設定

最初に、すべてのプレフィックスが直接ループフリー代替パスに対してチェックされ、保護対象となるかどうかを確認されます。直接 LFA の保護が適用されないプレフィックスは、リモート LFA の保護対象となります。

直接接続 LFA を有効にするコマンド :

```
fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
fast-reroute keep-all-paths
```

リモート LFA を有効にするコマンド :

```
fast-reroute per-prefix remote-lfa area 0 tunnel mpls-ldp
```

R1

```
interface Loopback0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.255
!
```

```
interface Ethernet0/0
 ip address 10.0.12.1 255.255.255.0
 mpls ip
!
interface Ethernet0/1
 no ip address
!
interface Ethernet0/2
 ip address 10.0.15.1 255.255.255.0
 mpls ip

router ospf 100
 fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
 fast-reroute per-prefix remote-lfa area 0 tunnel mpls-ldp
 fast-reroute keep-all-paths
 network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

R2

```
interface Loopback0
 ip address 10.2.2.2 255.255.255.255
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.0.12.2 255.255.255.0
 mpls ip
!
interface Ethernet0/1
 ip address 10.0.23.2 255.255.255.0
 mpls ip

router ospf 100
 fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
 fast-reroute per-prefix remote-lfa area 0 tunnel mpls-ldp
 fast-reroute keep-all-paths
 network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

R3

```
interface Loopback0
 ip address 10.3.3.3 255.255.255.255
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.0.34.3 255.255.255.0
 mpls ip
!
interface Ethernet0/1
 ip address 10.0.23.3 255.255.255.0
 mpls ip

router ospf 100
 fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
 fast-reroute per-prefix remote-lfa area 0 tunnel mpls-ldp
 fast-reroute keep-all-paths
 network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

R4

```
interface Loopback0
 ip address 10.4.4.4 255.255.255.255
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.0.34.4 255.255.255.0
 mpls ip
!
interface Ethernet0/1
 ip address 10.0.45.4 255.255.255.0
 mpls ip

router ospf 100
 fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
 fast-reroute per-prefix remote-lfa area 0 tunnel mpls-ldp
 fast-reroute keep-all-paths
 network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

R5

```
interface Loopback0
 ip address 10.5.5.5 255.255.255.255
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.0.56.5 255.255.255.0
!
interface Ethernet0/1
 ip address 10.0.45.5 255.255.255.0
 mpls ip
!
interface Ethernet0/2
 ip address 10.0.15.5 255.255.255.0
 mpls ip

router ospf 100
 fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
 fast-reroute per-prefix remote-lfa area 0 tunnel mpls-ldp
 fast-reroute keep-all-paths
 network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

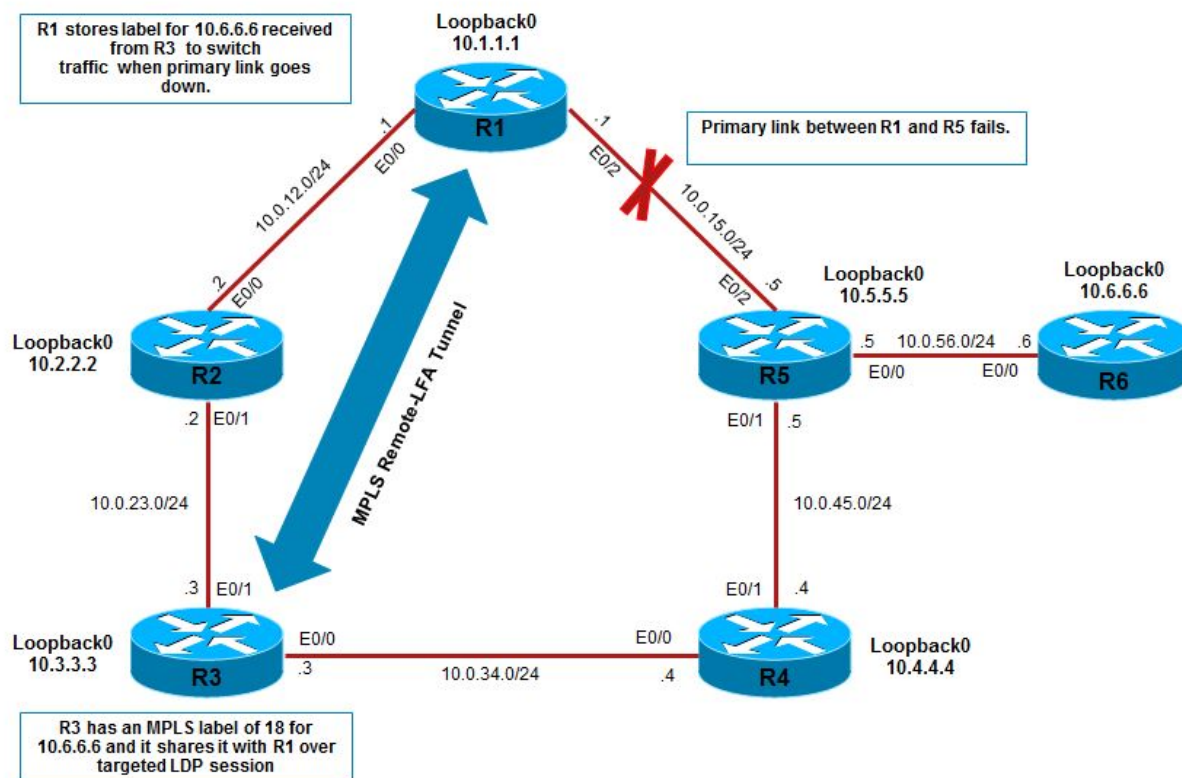
R6

```
interface Loopback0
 ip address 10.6.6.6 255.255.255.0
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.0.56.6 255.255.255.0
 mpls ip

router ospf 100
 fast-reroute per-prefix enable area 0 prefix-priority high
 fast-reroute keep-all-paths
 network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

MPLS-リモート-LFA トンネルの機能について

リモート LFA の計算は、プライマリのネクスト ホップごとに行われます。複数のプレフィックスが同じプライマリのネクスト ホップを共有する場合、そのすべてのプレフィックスが同じ LFA トンネルと PQ ノード (リリース ノード) を共有することになります。以下の図では、リモート LFA を計算した結果、R3 が PQ ノード (リリース ノード) として選択されています。



R6 のループバック 10.6.6.6 については、以下に示されているように、トラフィックフローのプライマリパスが R1->R5->R6 となります。

```
R1#show ip route 10.6.6.6
Routing entry for 10.6.6.6/32
  Known via "ospf 100", distance 110, metric 21, type intra area
  Last update from 10.0.15.5 on Ethernet0/2, 00:08:56 ago
  Routing Descriptor Blocks:
  * 10.0.15.5, from 10.6.6.6, 00:08:56 ago, via Ethernet0/2 // Primary path
    Route metric is 21, traffic share count is 1
    Repair Path: 10.3.3.3, via MPLS-Remote-Lfa3 // Also a backup MPLS remote tunnel has been
  established
```

上記のバックアップトンネルは、R1 と (アルゴリズムによって計算された) PQ (リリース) ノード R3 の間で確立されます。これにより、R1 と R3 の間でラベルを交換するための LDAP セッションが確立されます。

```
R1#show mpls ldp neighbor 10.3.3.3
Peer LDP Ident: 10.3.3.3:0; Local LDP Ident 10.1.1.1:0
```

```
TCP connection: 10.3.3.3.22164 - 10.1.1.1.646
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 28/29; Downstream
Up time: 00:12:08
LDP discovery sources:
  Targeted Hello 10.1.1.1 -> 10.3.3.3, active, passive
  Addresses bound to peer LDP Ident:
    10.0.34.3      10.3.3.3      10.0.23.3
```

PQ/リリース (R3) ノードは、R1 と R3 の間に確立されたターゲット LDP セッションを使用して保護対象プレフィックス (この例では 10.6.6.6) の MPLS ラベルを R1 と共有します。以下の出力には、R3 が R6 のループバックへ向かうトラフィックのラベル スイッチングを行うために、MPLS ラベル 18 を使用することが示されています。このラベル 18 は、R3 が LDP を使用して R1 と共有するものであり、バックアップラベルとして R1 に保管されます。

```
R1#show ip cef 10.6.6.6
10.6.6.6/32 // 23 is primary label
  nexthop 10.0.15.5 Ethernet0/2 label [23|

18

]
  // 18 is backup label shared by R3
  repair: attached-nexthop 10.3.3.3 MPLS-Remote-Lfa3
```

```
R1#show mpls forwarding-table
```

```
10.3.3.3
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
21						
21						
	10.3.3.3/32	0		Et0/0	10.0.12.2	

```
R3#show mpls forwarding-table 10.6.6.6
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or Tunnel Id	Bytes Switched	Label	Outgoing interface	Next Hop
	10.6.6.6/32	0		Et0/0	10.0.34.4	

```
18
```

	18	10.6.6.6/32	0	Et0/0	10.0.34.4	
--	----	-------------	---	-------	-----------	--

R1-R5 リンクが有効な状態 (プライマリ パス) である限り、トラフィックは MPLS LSP 経路でラベル 23 (プライマリ パスで 10.6.6.6 に到達するためのラベル) を使用して転送されます。ただし、R1-R5 リンクがダウンすると、トラフィックは MPLS - リモート - LFA3 上の修復パス経路でスイッチングされます。この障害中は、R1 で IP パケットに外部ラベルが付加されます。内部ラベルは、ターゲット LDP セッションから学習したもので、外部ラベルは PQ ノード (この例では R3) に到達するために使用されます。

- **内部ラベル** : R3 が LDP を介して R1 に提供した 10.6.6.6 のラベル。
- **外部ラベル** : R1 が R3 のループバックに対して使用するラベル。

MPLS Label 21

MPLS label 18

IP Packet

外部ラベル

内部ラベル

内部 IP パケッ

ト

したがって、トラフィックは外部ラベル 21 によってスイッチングされて、PQ ノード R3 に到達することになります。トラフィックが R3 に到達すると、外部ラベルは削除されます (または、最後から 2 番目のホップでのポッピングによって削除される場合もあります)。R3 は内部ラベルの値が 18 であることを検出すると、その MPLS 転送テーブルを調べ、それに応じて転送します。

1	R2 is unable to provide direct alternate to 10.6.6.6
2	Remote LFA is computed and R3 is selected as release/PQ node
3	Targeted LDP session is built between R1 and R3
4	MPLS label for protected (10.6.6.6) prefix is advertised by R3 to R1
5	R1 installs this label as a backup in CEF.

確認

機能の検証

前述したように、この例で保護されるプレフィクスは 10.6.6.6/32、つまり R6 の loopback0 です。以下の出力に示されているように、R6 のループバックに到達するための R1 のプライマリパスは R1->R5->R6 です。以下の出力には、プライマリ転送パスに加え、R1 と R5 間のプライマリリンクがダウンした場合に使用される別の修復パスもリストされています。

```
R1#show ip int brief | in up
Ethernet0/0      10.0.12.1      YES NVRAM  up
Ethernet0/2      10.0.15.1      YES NVRAM  up
Loopback0       10.1.1.1       YES NVRAM  up
```

```
MPLS-Remote-Lfa3
```

```
10.0.12.1      YES unset  up
```

```
MPLS-Remote-Lfa4
```

```
10.0.15.1      YES unset  up
```

```
R1#show ip route 10.6.6.6
```

```
Routing entry for 10.6.6.6/32
```

```
Known via "ospf 100", distance 110, metric 21, type intra area
```

```
Last update from 10.0.15.5 on Ethernet0/2, 01:45:54 ago
```

```
Routing Descriptor Blocks:
```

```
* 10.0.15.5, from 10.6.6.6, 01:45:54 ago, via Ethernet0/2
```

```
Route metric is 21, traffic share count is 1
```

```
Repair Path: 10.3.3.3, via MPLS-Remote-Lfa3
```

```
R1#show ip ospf rib 10.6.6.6
```

```
OSPF Router with ID (10.1.1.1) (Process ID 100)
```

```
Base Topology (MTID 0)
```

```
OSPF local RIB
```

```
Codes: * - Best, > - Installed in global RIB
```

```
LSA: type/LSID/originator
```

```
*> 10.6.6.6/32, Intra, cost 21, area 0
```

```
SPF Instance 10, age 01:48:22
```

```
Flags: RIB, HiPrio
```

```
via 10.0.15.5, Ethernet0/2
```

```
Flags: RIB
```

```
LSA: 1/10.6.6.6/10.6.6.6
```

```
repair path via 10.3.3.3
```

```
,
```

```
MPLS-Remote-Lfa3, cost 40 //
```

```
MPLS LFA tunnel chosen as
```

```
Flags: RIB, Repair, IntfDj, BcastDj, CostWon backup
```

```
LSA: 1/10.6.6.6/10.6.6.6
```

したがって、プライマリリンク (R1-R5) の障害発生後に OSPF が収束する間、トラフィックは MPLS 修復トンネルを使用してスイッチングされます。出力を見ると、このトンネルは R1 から始まって R3 (PQ ノード) 10.3.3.3 で終端することがわかります。また、R1 から 10.6.6.6 へのトラフィックのプライマリパスであるリンク 10.0.15.5 のイーサネット 0/2 も保護されることが示されています。

```
R1#show ip ospf fast-reroute remote-lfa tunnels
```

```
OSPF Router with ID (10.1.1.1) (Process ID 100)
```

```
Area with ID (0)
```

```
Base Topology (MTID 0)
```

```
Interface MPLS-Remote-Lfa3 // Remote lfa tunnel
```

```
Tunnel type: MPLS-LDP
```

```
Tailend router ID: 10.3.3.3
```

```
Termination IP address: 10.3.3.3
```

```
Outgoing interface: Ethernet0/0
```

```
First hop gateway: 10.0.12.2
```

```
Tunnel metric: 20
```

```
Protects:
```

```
10.0.15.5 Ethernet0/2, total metric 40
```

