

MPLS TE快速重路由(MPLS TE FRR) 技术白皮书



华为技术有限公司

Huawei Technologies Co., Ltd.



目 录

1	前言	1
2	技术简介	1
2.1	MPLS TE及其四个构件	1
2.2	MPLS TE快速重路由	3
3	关键技术	4
3.1	主LSP的建立	5
3.2	Bypass LSP的建立	6
3.3	绑定计算	7
3.4	失效检测	8
3.5	切换过程	8
3.6	切换后LSP的维护	9
3.7	重优化	10
3.8	转发	10
4	典型应用	11
5	结束语	12
	附录A 参考资料	13
	附录B 缩略语	13



MPLS TE 快速重路由技术白皮书

摘要： MPLS TE 快速重路由技术是一项实现网络局部保护的技术，在应用了MPLS TE的网络中，当某处出现链路或节点失效时，配置有快速重路由保护的LSP可以自动将数据切换到保护链路上去。本文档介绍了MPLS TE快速重路由的关键技术和典型应用。

关键词： FRR、MPLS TE、快速重路由、RSVP TE、LSP。

1 前言

目前传统的 IP 网络是一种“尽力而为”的服务模型，随着网络业务的进一步发展，作为多业务统一承载的 IP 网络在可靠性方面，必须要达到传统电信网络的水平，如保护切换的速度 <50ms，才能满足电信级业务的需要。MPLS 技术自 20 世纪 90 年代中出现后，由于其具备快速转发、QoS 保证、多业务支持等优势，获得了长足的发展，在下一代电信网络中扮演着越来越重要的角色。

为了保证 MPLS 网络的可靠性，MPLS 快速重路由（Fast Re-Route）技术扮演了重要角色。这种技术借助 MPLS 流量工程（Traffic Engineer）的能力，为 LSP 提供快速保护倒换能力。MPLS 快速重路由事先建立本地备份路径，保护 LSP 不会受链路/节点故障的影响，当故障发生时，检测到链路/节点故障的设备就可以快速将业务从故障链路切换到备份路径上，从而减少数据丢失。

快速响应、及时切换是 MPLS 快速重路由的特点，它可以保证业务数据的平滑过渡，不会导致业务中断；同时，LSP 的头节点会尝试寻找新的路径来重新建立 LSP，并将数据切换到新路径上，在新的 LSP 建立成功之前，业务数据会一直通过保护路径转发。

2 技术简介

2.1 MPLS TE 及其四个构件

传统的路由器选择最短的路径作为路由，不考虑带宽等因素，这样，即使某条路径发生拥塞，也不会将流量切换到其他的路径上。在网络流量比较小的情况下，这种问题不是很严重，但是随着 Internet 的应用越来越广泛，传统的最短路径优先的路由的问题暴露无遗。

MPLS TE 是一种将流量工程技术与 MPLS 这种叠加模型相结合的技术。通过 MPLS TE，可以建立指定路径的 LSP 隧道，进行资源预留，并且可以进行定时优化，在资源紧张的情况下，



可以根据优先级和抢占参数的情况，抢占低优先级的 LSP 隧道的带宽资源等等；同时，还可以通过备份路径和快速重路由技术，在链路或节点失败的情况下，提供保护。

MPLS TE 的实现需要四个部分：

- 网络信息的搜集，现在通过 OSPF TE 来实现；
- 路径的计算，现在通过 CSPF 来实现；
- 建立 LSP 的信令，现在采用 RSVP TE 协议；
- MPLS 转发。

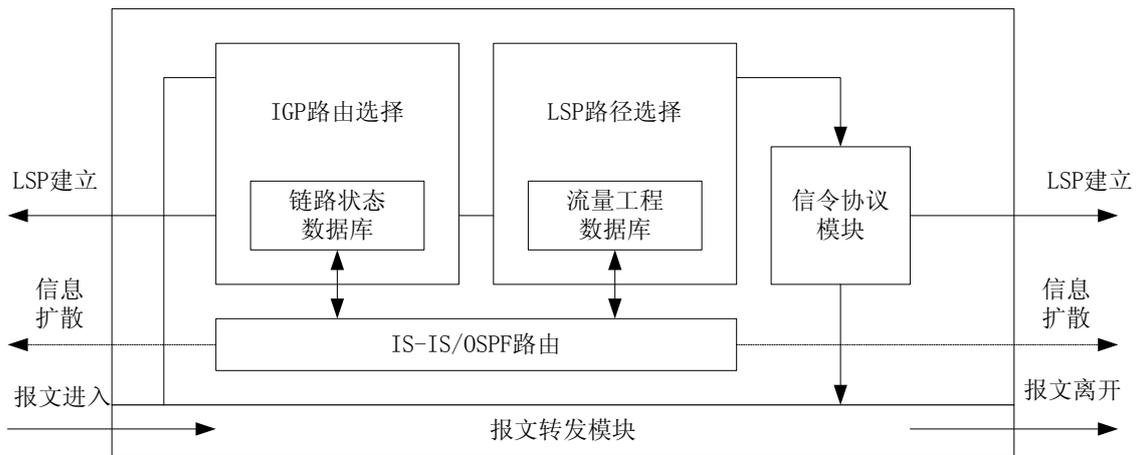


图 1 MPLS TE 的四个组件

MPLS TE 的四个构件

- **报文转发组件**

MPLS TE 报文转发组件是基于标签的，通过标签沿着某条预先建立好的 LSP 进行报文转发。

由于 LSP 隧道的路径可以指定，因而可以避免 IGP 的弊端。

- **信息发布组件**

除了网络的拓扑信息外，流量工程还需要知道网络的负载信息。为此，引入信息发布组件，通过对现有的 IGP 进行扩展，比如在 IS-IS 协议中引入新的 TLV，或者在 OSPF 中引入新的 LSA，来发布链路状态信息，包括最大链路带宽、最大可预留带宽、当前预留带宽、链路颜色等。

通过 IGP 扩展，在每个路由器上，维护网络的链路属性和拓扑属性，形成流量工程数据库 TED，利用 TED，可以计算出满足各种约束的路径。

- **路径选择组件**

MPLS TE 技术通过显式路由来指定数据转发的路径，即在每个入口路由器上指定 LSP 隧道经过的路径，这种显式路由可以是严格的，也可以是松散的。可以指定必须经过某个路由器，或者不经过某个路由器，可以逐跳指定，也可以指定部分跳。此外，还可以指定带宽等约束条件。



路径选择组件通过 CSPF 算法，利用 TED 中的数据来计算满足指定约束的路径。CSPF 算法是最短路径优先算法的变种，它首先在当前拓扑结构中删除不满足条件的节点和链路，然后再通过 SPF 算法来计算。

- **信令组件**

信令组件用来预留资源，建立 LSP。LSP 隧道的建立可以通过 CR-LDP，或 RSVP-TE 协议完成。这两种信令都可以支持 LSP 的建立、显式路由、资源信息携带等功能。

以 RSVP-TE 为例，为了能够建立 LSP 隧道，对 RSVP 协议进行扩展，在 RSVP PATH 消息中引入 Label Request 对象，支持发起标签请求；在 RSVP RESV 消息中引入 Label 对象支持标签分配，这样就可以建立 LSP 隧道了。为了支持显式路由，在 RSVP RESV 消息中引入 Explicit Route 对象。

更详细的信息请参见 RFC3209。

2.2 MPLS TE 快速重路由

MPLS TE 快速重路由是 MPLS TE 中一套用于链路保护和节点保护的机制。当 LSP 链路或者节点故障时，在发现故障的节点进行保护，这样可以允许流量继续从保护链路或者节点的隧道中通过，以使得数据传输不至于发生中断，同时头节点就可以在数据传输不受影响的同时继续发起主路径的重建。

MPLS TE 快速重路由的基本原理是用一条预先建立的 LSP 来保护一条或多条 LSP。预先建立的 LSP 称为快速重路由 LSP，被保护的 LSP 称为主 LSP。MPLS TE 快速重路由的最终目的就是利用 Bypass 隧道绕过故障的链路或者节点，从而达到保护主路径的功能。

快速重路由 LSP 和主 LSP 的建立过程需要 MPLS TE 系统的各个构件参与。

MPLS TE 快速重路由是基于 RSVP TE 的实现，遵循草案 draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-fastroute-02。

实现快速重路由有两种方式：

- **Detour 方式：One-to-one Backup**，分别为每一条被保护 LSP 提供保护，为每一条被保护 LSP 创建一条保护路径，该保护路径称为 Detour LSP。
- **Bypass 方式：Facility Backup**，用一条保护路径保护多条 LSP，该保护路径称为 Bypass LSP。

Detour 方式实现了每条 LSP 的保护，相对需要更大的开销。在实际使用中，Bypass 方式被更广泛使用，以下重点介绍 Bypass 方式。

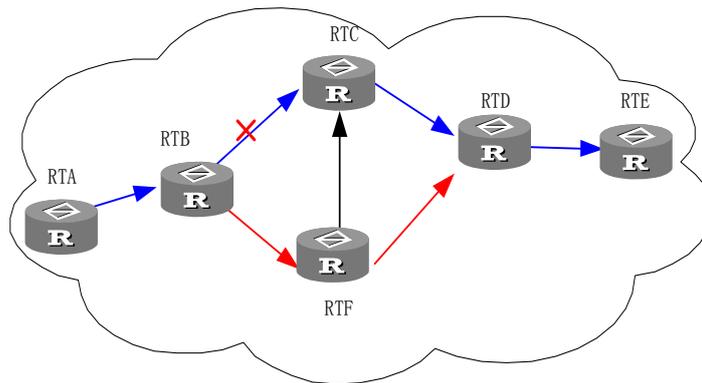


图 2 快速重路由

Bypass 方式如上图所示，蓝色为主 LSP，红色为 Bypass LSP，当链路 RTB-RTC 失效或节点 RTC 失效时，主 LSP 上的数据会切换到 Bypass LSP 上。从 RTB 出去的报文头的顶层使用 RTF 为 RTB 分配的标签，同时 RTC 的出标签也被压入标签栈中作为下一层。

在 RTB-RTF-RTD 这条路径上，LSP 使用两层标签。RTD 收到的报文，弹出 RTD 为 RTF 分配的标签以后，继续用 RTD 为 RTC 分配的标签进行转发。

下面介绍几个主要概念：

- 主 LSP：相对于 Detour LSP 或 Bypass LSP 而言，是被保护的 LSP。
- PLR：Point of Local Repair，Detour LSP 或 Bypass LSP 的头节点，它必须在主 LSP 的路径上，且不能是尾节点。
- MP：Merge Point。Detour LSP 或 Bypass LSP 的尾节点，必须在主 LSP 的路径上，且不能是头节点。
- 链路保护：PLR 和 MP 之间有直接链路连接，主 LSP 经过这条链路。当这条链路失效的时候，可以切换到 Detour LSP 或 Bypass LSP 上。
- 节点保护：PLR 和 MP 之间通过一个路由器连接，主 LSP 经过这个路由器。当这个路由器失效时，可以切换到 Detour LSP 或 Bypass LSP 上。

3 关键技术

Bypass 方式快速重路由如下图所示：

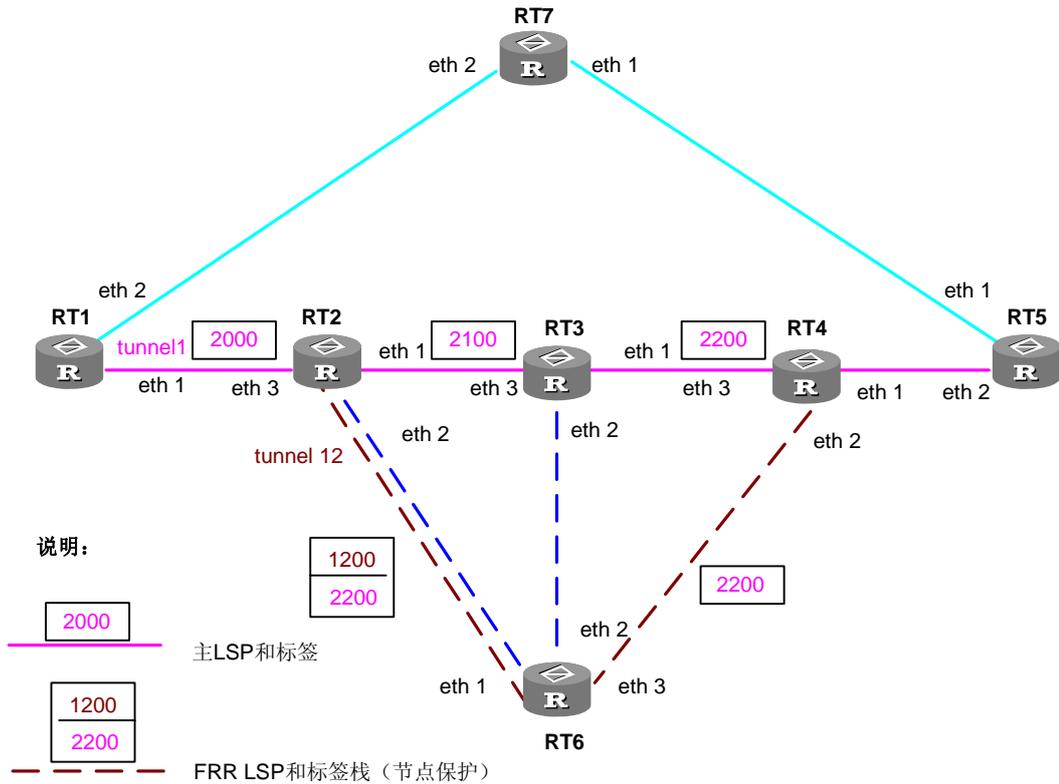


图 3 Bypass 快速重路由

本章描述的Bypass方式快速重路由按照draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-fastreroute-02（以下称协议草案）实现，通过扩展SESSION_ATTRIBUTE和RECORD_ROUTE对象来实现Bypass方式快速重路由。本章举例都按照 0的节点保护来说明。

3.1 主 LSP 的建立

主LSP的建立过程与普通LSP相同，RSVP从头节点（0中的RT1）逐跳向下游发送PATH消息（经过RT1-RT2-RT3-RT4-RT5），从尾节点（0中的RT5）逐跳向上游发送RESV消息。在处理RESV消息时分配标签，预留资源，建立LSP。

在协议草案中，为 FRR 扩展了 SESSION_ATTRIBUTE 和 RECORD_ROUTE 对象中的几个标志位，被保护 LSP 的建立与普通 LSP 的建立的的区别也在于这几个标志位的处理。

PATH 消息的 SESSION_ATTRIBUTE 对象中，增加的标志位指明了该 LSP 是否需要局部保护、是否记录标签、是否 SE 风格、是否有要保护带宽。

RESV 消息的 RECORD_ROUTE 对象中，增加的标志位指明了该 LSP 是否已经被保护、是否已经切换、是否被保护了带宽、是否是节点保护。



主 LSP 的建立是通过在头节点 (RT1) 手工配置隧道来触发的。在建立主 LSP 前, 如果通过命令指定该 LSP 具有快速重路由属性, RSVP 就会在 PATH 消息的 SESSION_ATTRIBUTE 对象中增加局部保护标记、记录标签标记、SE 风格标记的标记。如果还为该 LSP 指定了带宽, 就还会有带宽保护的标记。下游节点在收到 PATH 消息以后, 通过局部保护标记, 就能分辨出该 LSP 是一条需要快速重路由保护的 LSP。

对需要快速重路由保护的 LSP (根据先前的 PATH 消息中的标记判断), 各个节点向上游发送 RESV 消息时, 会在 RRO 中记录 RESV 消息的出接口、LSR ID 和标签。这些信息被逐跳累计传递到各个上游节点。

各节点第一次收到 RESV 消息时, 根据 RRO 中记录的这些信息, 为该 LSP 选择合适的 Bypass LSP。为主 LSP 选择合适的 Bypass LSP 的过程称为绑定, 绑定的具体算法在后面有详细描述。

在为主 LSP 进行了快速重路由绑定计算之后, 向上游发送 RESV 消息的 RECORD_ROUTE 对象中会指明该 LSP 是否已经被保护。如果有保护, 会记录下这个被保护的出接口地址 (RT2 的 eth1) 和 RESV 消息的出接口 (RT2 的 eth3)。如果没有保护, RRO 中相应的标志会被清除, 并且只记录 RESV 消息的出接口 (RT2 的 eth3)。在 Egress 上不进行绑定计算, 它向上游发送的 RRO 中的各标志清零。

有快速重路由保护的主 LSP 建立过程与普通 LSP 基本一致, 只是增加了前面描述过的绑定计算, 以及在 PATH 和 RESV 消息中增加了几个相关标记和子对象。

3.2 Bypass LSP 的建立

当一个没有快速重路由属性的隧道被指定保护一个物理接口以后, 它所对应的 LSP 就成为 Bypass LSP。

Bypass LSP (RT2 上的 tunnel12) 的建立是通过在 PLR (RT2) 手工配置触发的。它的配置与普通 LSP 基本没有分别, 只是不能配置快速重路由属性。也就是说, Bypass LSP 不能同时是主 LSP, LSP 不能被嵌套保护。

Bypass LSP 可以被指定保护多个物理接口, 但不能保护它自己的出接口。

快速重路由只能进行链路保护或节点保护。在配置建立一条 Bypass LSP 时就应该规划好它所保护的链路或节点, 并且要仔细确保该 Bypass LSP 不会经过它所保护的链路或节点。否则, 即使 Bypass LSP 建立成功, 主 LSP 与它绑定计算成功, 也不能真正起到保护作用。

Bypass 隧道的带宽一般是用于保护主 LSP 的, 隧道上所有资源仅为切换后使用。用户在配置时需要保证配带宽大于等于被保护的所有 LSP 所需的带宽和, 否则会有主 LSP 不能绑定到 Bypass LSP 上。



Bypass LSP 一般处于空闲状态，不承担数据业务。如果需要 Bypass 隧道在保护主 LSP 的同时承担普通的数据转发任务，就需要配置足够的带宽。

3.3 绑定计算

“绑定”可以指为一个物理接口指定保护它的 Bypass 隧道，我们把这叫做把 Bypass 隧道与物理接口绑定。一个 Bypass 隧道可以绑定到多个物理接口，一个物理接口也可以绑定多个 Bypass 隧道。

“绑定”也可以指为一条主 LSP 选择一条合适的 Bypass LSP 来保护它，叫做把主 LSP 与 Bypass LSP 绑定。绑定计算是为一条主 LSP 绑定 Bypass LSP 的过程。绑定计算的结果是得到切换时转发所需要的必要数据，如 Bypass 隧道接口、Bypass LSP 的出接口和 NHLFE、MP 分配的标签等。如果绑定计算成功，RESV 会向上游节点通告该主 LSP 已经被保护。

绑定计算必须在切换之前完成，下列情况下会触发绑定计算：

- 在建立主 LSP 时会触发该 LSP 的绑定计算。
- 新增或减少一条 Bypass LSP 时会触发以 Bypass LSP 所保护的物理接口为出接口的所有主 LSP 进行绑定计算，比如建成 Bypass LSP、或者把普通 LSP 配置成 Bypass LSP、或者删除一条 Bypass LSP。
- 系统定期计算所有以被保护的物理接口为出接口的 LSP 的绑定关系。

绑定计算总是用一条主 LSP 的已知信息去逐条遍历保护它的出接口的 Bypass LSP，寻找最合适 Bypass LSP。

在主 LSP 建立时记录了各个节点的接口地址，CSPF 可以根据接口地址获得对应的 LSR ID，这样主 LSP 的下一跳（NHOP）或下下一跳（NNHOP）的 LSR ID 就是已知的。

如果路由器支持协议草案 draft-ietf-mpls-nodeid-subobject-01.txt，主 LSP 建立时，RRO 就会记录各跳的 LSR ID。如果 Bypass LSP 的 Egress LSR ID 与 NHOP LSR ID 相等，就可能形成链路保护；如果 Bypass LSP 的 Egress LSR ID 与 NNHOP LSR ID 相等，就可能形成节点保护。

如果主 LSP 带宽为 0，它只能被带宽为 0 的 Bypass LSP 保护。带宽为 0 的 Bypass LSP 保护一条主 LSP 以后，它的保护计数会加 1。如果主 LSP 带宽不为 0，它只能被有足够剩余带宽的 Bypass LSP 保护。带宽不为 0 的 Bypass LSP 最初的剩余带宽是它的配置值。它每保护一条主 LSP，剩余带宽就会被减去这条主 LSP 的带宽大小。

当有多条 Bypass LSP 可以保护一条主 LSP 时，按下面的顺序进行优选：

- 节点保护优于链路保护。



- 如果主 LSP 带宽为 0，选择一条带宽为 0 且保护主 LSP 条数最少的 Bypass LSP。
- 如果主 LSP 带宽不为 0，选择剩余带宽大等于主 LSP 带宽且剩余带宽最小的 Bypass LSP。

绑定计算的结果包含下面几项，主要用于切换以后数据和信令消息从 Bypass 隧道的发送：

- 保护的类型，链路保护或节点保护，MP 的 LSR ID。
- MP 为上一跳分配的标签。这个值就是主 LSP 的 RRO 中 MP LSR ID 对应的标签。
- Bypass 隧道接口，bypass LSP 的 NHLFE 信息。

绑定计算结果会保存下来，当发生局部失效的时候可以立即使用，这也是 MPLS TE 快速重路由可以迅速响应失效的原因。

3.4 失效检测

失效检测的目标是尽快发现链路（RT2-RT3）和节点（RT3）失效，触发切换，减少数据包丢失。

检测失效并不判断具体是链路还是节点失效，最终都归结为“接口失效”（RT2 的 eth1）。

“接口失效”触发所有以该接口为出接口的 LSP 进行快速重路由切换。如果 LSP 之前已经被绑定计算为链路保护，就会切换到链路保护，如果实际发生的是节点失效，这种情况下保护是不会成功的，该 LSP 最终会被删掉。如果 LSP 之前已经被绑定计算为节点保护，就会切换到节点保护，如果实际发生的是链路失效，即使下一跳节点可用，也会被 Bypass 隧道越过。

部分的链路或节点失效可以通过链路层协议检测到，链路层发现失效的速度跟接口类型直接相关。其他的失效是通过 RESV 的 hello 机制来发现的，hello 检测失效的速度相对比较慢。

可以为每个需要保护的物理接口使能 hello，当对端接口也使能了 hello，就会在两个路由器之间定时发送 hello 消息和回应。当链路或节点失效的时候，hello 消息或回应消息会丢失，如果连续三次丢失消息，认为有失效发生。

3.5 切换过程

切换是指启用 Bypass LSP，主 LSP 的数据和 RSVP 消息都不再从原有路径上发送。

用命令关闭接口（RT2 的 eth1）或者失效检测发现“接口失效”（RT2 的 eth1）都会触发切换。失效接口上有保护的 LSP 的转发和信令都会切换到 Bypass LSP 上，并向上游节点通告切换已经发生。

首先发生切换的转发组件。在进行绑定计算时，转发所需要的内层标签 2200 已经存放在 NHLFE 中，这时只要标记该 LSP 已经切换，数据就可以通过 Bypass 隧道进行转发了。



RESV 随后会对切换事件进行响应。对已经绑定 Bypass LSP 的 LSP，RESV 会向上游发送有切换标记的 PathError 消息。Bypass 隧道主要用于临时性保护，头节点会对这些切换了的 LSP 进行适当的处理。如果 LSP 没有绑定，RSVP 直接发送 ResvTear 消息通知上游节点删除该 LSP。

3.6 切换后 LSP 的维护

切换以后，原有链路不再可用。为使 LSP 不被超时删掉，RSVP 需要在 PLR (RT2) 和 MP (RT4) 之间维持消息刷新。

PATH 消息经过修改以后通过 Bypass 隧道 (RT2 的 Tunnel12) 发给 MP。MP 收到 PATH 消息，确认自己是 MP 节点，RESV 消息也经过修改以后经过多跳 IP 转发(经过 RT4-RT6-RT2)，发送给 PLR 节点。

切换以后，PLR 向 MP 发的 PATH 消息会经过下列修改：

- PHOP 字段填写 Bypass LSP 在 PLR 处的出接口 (RT2 的 eth2) 地址。
- SENDERTEMPLATE 中的 Ingress lsr id 改成 bypass LSP 在 PLR 处的出接口 (RT2 的 eth2) 地址。
- RRO 记录的 PLR 的地址改成 Bypass LSP 在 PLR 处的出接口 (RT2 的 eth2) 地址。
- 删除 ERO 中 MP 之前的所有节点，并把第一属于 MP 的地址换成 MP 的 LSR ID。

MP 收到经过 Bypass 隧道发来的 PATH 消息。由于 SESSION 没有改变，而 SENDERTEMPLATE 中的 Ingress lsr id (本来应该是 RT1 的 LSR ID) 被改成了 Bypass LSP 在 PLR 处的出接口 (RT2 的 eth2) 地址，MP 会判断出这一个快速重路由切换以后的 PATH 消息，并且本节点是 MP。

MP 向下游发送的 PATH 消息不会因为切换而变化。

MP 向上游发送的 RESV 消息会做如下修改：

- 消息中的 Filter Spec 源地址改为 Path 消息的 PHOP 地址 (RT2 的 eth2 的地址)。
- 消息中的 NHOP 改为 Bypass tunnel 的在 MP 上的入接口 (RT4 的 eth2) 地址。
- Resv 消息中 RRO 对象记录 Bypass tunnel 的在 MP 上的入接口 (RT4 的 eth2) 地址。
- 消息的 IP 头中的目的地址是 Bypass 在 PLR 上的出接口 (RT2 的 eth2) 地址。
- 消息中的 TTL 值设置为 255，协议消息包头 TTL 值设置为 1。

切换以后，PLR 向上游发的 RESV 消息也会有所变化，RRO 中会加入 Bypass LSP 的出接口 (RT2 的 eth2) 地址。

切换以后，主 LSP 的 PTEAR、RERR、RTEAR 和 PERR 消息的发送路径也相应变化。

在节点保护切换以后，被保护的节点 (RT3) 可能会因为 PATH 消息超时而向下游发送 PATHTEAR 消息，MP (RT4) 节点会忽略这个消息。另外，MP 切换的时候会在原来的 LSP



入接口（RT4 的 eth3）上发 ResvTear 消息，这样可以使被保护的节点（RT3）尽快释放相应的资源。

3.7 重优化

重优化是指按照配置的时间间隔定时对已经建成的 LSP 进行路径计算，路由器按照计算出来的路径发起新的 LSP 建立过程。新的 LSP 建立成功以后会删除原来的 LSP，LSP 隧道的转发切换到新的 LSP 上来。

每条 LSP 隧道都可以配置重优化，当 LSP 建成以后，重优化就会启动。

对快速重路由来说，重优化的另一个作用是让被 Bypass 保护的隧道（RT1 的 Tunnel1）恢复到正常状态。因为快速重路由保护主要用于临时性保护，所以一般需要为有快速重路由属性的隧道配置重优化。当主 LSP 还没有切换时，如果当重优化计算出来的路径与原有路径不同时才会建立新的 LSP；当主 LSP 发生了切换，即使重优化计算出来的路径与原有路径相同也会建立新的 LSP。

已经绑定到物理接口的 Bypass LSP 也可以进行重优化。但如果已经有主 LSP 切换到这条 Bypass LSP 上来就不会进行重优化了。Bypass LSP 被重优化以后，它与主 LSP 的绑定关系会全部被刷新。

3.8 转发

在主 LSP 切换之前，数据转发与普通 LSP 相同；当主 LSP 切换到 Bypass 隧道上以后，数据会从 Bypass 隧道转发到 MP。

当主 LSP 与 Bypass LSP 绑定成功，主 LSP 的 NHLFE 表项中记录 Bypass LSP 的 NHLFE 表项索引以及 MP 为上一个节点分配的标签 2200，即内层标签。在切换的时候，主 LSP 的 NHLFE 表项会被转发组件置上切换标志。

报文到达 PLR 时，转发组件查找到主 LSP 的 NHLFE，如果尚未切换，进行正常的标签交换和数据转发；如果 NHLFE 表项中有切换标志，则继续查找到对应的 Bypass LSP 的 NHLFE 表项，把内层标签 2200 压栈以后，按照 Bypass LSP 的 NHLFE 表项的信息进行转发。

在 Bypass 隧道出口（或倒数第二跳），标签出栈，MP 就可以继续用原有标签 2200 进行转发了。因为内层标签可能会在 MP 的不同接口上使用，所以要求 MP 的标签分配必须是每平台的。

前面提到，部分失效检测是在链路层进行的，在链路层检测到失效以后，如果在上层相应失效之前失效恢复，转发组件可以清除主 LSP 的 NHLFE 表项上的切换标志，这样，主 LSP 的数据转发又会按照原路进行，RESV 也不会进行切换处理。



需要说明一下的是，切换以后，从 PLR 到 MP 的 RSVP 消息从 Bypass 隧道发送，这只是一般的 IP 报文从 MPLS 隧道转发。从 MP 到 PLR 的 RSVP 消息是普通的 IP 转发。

4 典型应用

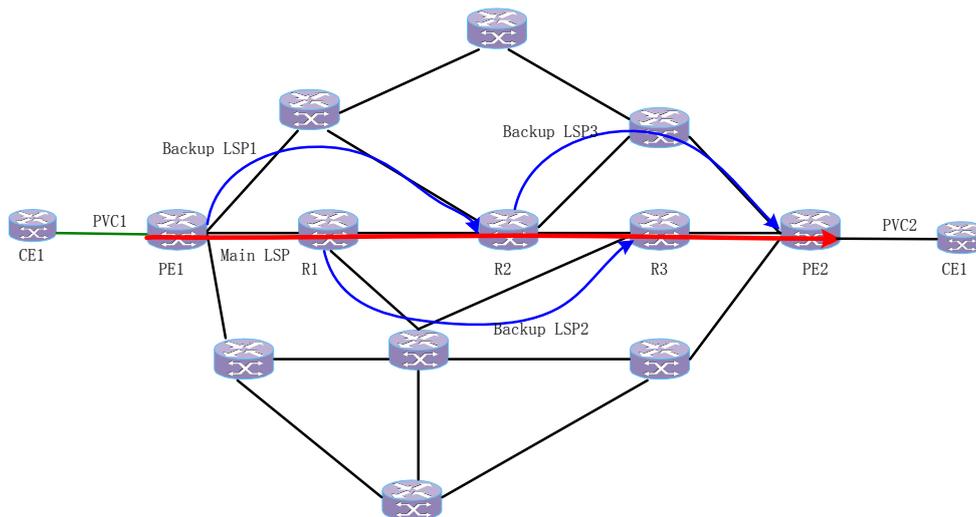


图 4 MPLS TE 隧道承载 ATM 业务

如上图所示，运营商对用户提供了带宽批发业务，使用 MPLS TE 隧道接入用户的 ATM PVC，使异地的用户 ATM 网络通过运营商网络连接。因为承载业务为重要的 ATM 业务，因此需要对主 LSP 经过的路径上配置 BACKUP TUNNEL，使能 MPLS FRR，BACKUP LSP1、BACKUP LSP2、BACKUP LSP3 分别保护主 LSP 路径上的 R1、R2、R3。用户 CE1、CE2 也可以为 ATM 交换机。

综上所述，MPLS TE 快速重路由是 MPLS TE 的一个特性，它特点是快速的局部保护。它一般布署在对可靠性要求比较高的网络中，当网络中出现局部的失效的时候，快速重路由可以很快的切换到 Bypass 隧道，数据业务受到影响较小。

骨干网不仅容量大，对可靠性也有较高的要求。在出现网络局部失效的情况，需要有自动保护和恢复机制，MPLS TE 快速重路由就是实现网络局部保护的技术之一。通过适当配置网络，当出现链路和节点失效的时候，如果接口配置有 FRR 快速重路由的保护，数据可以自动切换到保护链路上去，当失效恢复时，正常的转发路径会自动重建。

实际上，MPLS TE 的网络中一般都需要实施快速重路由保护，这主要是 MPLS TE 自身的特点决定的。



对于纯 IP 网络，当局部失效出现的时候，如果到同一个目的地的还有其他路由可以使用，报文会按照这些路由进行转发。在失效引起的路由变化扩散到全网之前，仅靠这种机制就可以比较快速地在局部实现失效保护。

在没有布署 TE 的 MPLS 网络，现在应用比较多的是 LDP 按照 DU 方式建立 LSP。当局部失效出现时，如果还有其他路由可用，LDP 会向上游节点发起 LSP 的建立。由于没有考虑到带宽、优先级和链路属性等 TE 有关的需求，这个 LSP 建立成功的机会相对较大，因此从失效到恢复的过程也相对较短。

MPLS TE LSP 的建立一般是通过 RSVP 协议按照 DOD 的方式完成的。

在头节点，CSPF 利用路由信息计算出域内的所有路由，RSVP 按照这个路径建立 LSP。当网络中有局部失效时，需要重建整条 LSP。而在失效引起的路由改变扩散到头节点之前，CSPF 无法算出有效的路径。另外，局部失效可能会引起网络中多条 LSP 的重建。这样一来，利用新计算出来的路径建立 LSP 的过程中，出现带宽不够等问题的机会比较大。因此，与纯 IP 网络和没有布署 TE 的 MPLS 网络比较而言，MPLS TE 网络从局部失效中恢复的时间可能会更长，更需要一种能快速响应失效的机制。

由于需要预先建立一条 Bypass 隧道，MPLS TE 快速重路由会占用额外的带宽。在网络带宽余量不多的情况下，只能对关键的接口进行快速重路由保护，这一点是部署 MPLS TE 快速重路由时需要注意的。

5 结束语

MPLS TE FRR 的 Bypass 方式可以有针对性地设置备份隧道，消耗较少备份资源，并且可以共享备份隧道；相对而言，Detour 方式提供了对所有 LSP 的备份，代价是耗用更多的备份资源，以及不能共享备份 LSP。



附录A 参考资料

List of reference 参考资料清单:

Internet Draft, “draft-ietf-mpls-rsvp-lsp-fastreroute-02,”

Internet Draft, “draft-ietf-mpls-nodeid-subobject-01”

RFC3209

附录B 缩略语

MPLS	Multiprotocol Label Switching	多协议标记交换
MPLS TE	Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering	多协议标记交换流量工程
RSVP	Resource ReSerVation Protocol	资源预留协议
LSP	Label Swithing Path	标记交换路径
RRO	Record Route Object	记录路由对象
PLR	Point of Local Repair	本地修复节点
MP	Merge Point	合入节点
FRR	FastReRoute	快速重路由
NHOP	Next-Hop	下一跳
NNHOP	Next-Next-Hop	下下一跳
CSPF	Constraint-based Shortest Path First	基于约束的最短路径优先