LDP GR 技术白皮书

Copyright © 2021 紫光恒越技术有限公司 版权所有，保留一切权利。
非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。
除紫光恒越技术有限公司的商标外，本手册中出现的其它公司的商标、产品标识及商品名称，由各自权利人拥有。本文中的内容为通用性技术信息，某些信息可能不适用于您所购买的产品。

目 录

1 概述 1
1.1 产生背景 1
1.2 技术优点 1
2 LDP GR 技术实现 1
2.1 概念介绍 1
2.2 LDP GR 工作机制 2
2.2.1 LDP 扩展 2
2.2.2 定时器 3
2.2.3 LDP GR 工作过程 3
2.3 应用限制 4
3 典型组网应用 4
4 参考文献 5

1 概述

1.1 产生背景

MPLS 节点（LSR）由控制平面和转发平面两部分组成：

- 控制平面（Control Plane）：负责利用 LDP 等信令协议分发标签、建立标签交换路径、建立标签转发表等。
- 转发平面（Forwarding Plane）：依据标签转发表对收到的报文进行转发。

在 MPLS 网络中，LSR 的信令协议或控制平面异常时，LSR 会删除转发平面上的标签转发表项，导致数据转发中断。事实上，如果转发平面能够正常工作，利用控制平面和转发平面分离的特点，能够实现信令协议或控制平面的异常不会影响数据传输，提高网络的可靠性。

LDP GR（Graceful Restart，平滑重启）利用 MPLS 转发平面与控制平面分离的特点，在信令协议或控制平面出现异常时，保留标签转发表项，LSR 依然根据该表项转发报文，从而保证数据传输不会中断。同时，信令协议或控制平面恢复（为简单起见，以下简称为协议重启）后，LSR 在邻居的协助下恢复到重启之前的状态。

导致信令协议或控制平面异常的情况主要有：

- 在指定时间内未收到 LDP 对等体的 Hello 或 Keepalive 消息
- 承载 LDP 会话的 TCP 连接中断
- 手工重启 LDP 协议
- 主控板异常导致主备倒换
- 主控板版本升级时手工执行主备倒换

1.2 技术优点

LDP GR 具有以下优点：

- 保证 LDP 协议重启或主备倒换等过程中转发业务不中断。
- 减少单点故障对网络的影响，提高整个网络的可靠性。
- 实现简单。对 LDP 协议进行简单地扩展，便可实现 LDP GR 功能。
- 具有良好的兼容性。如果某 LSR 支持 LDP GR 功能，而其 LDP 对等体不支持，则二者之间建立的 LDP 会话不具备 LDP GR 能力，即该 LSR 协议重启时，删除在 LDP 会话上通告的标签转发表项，按照普通的方式重启协议。

2 LDP GR 技术实现

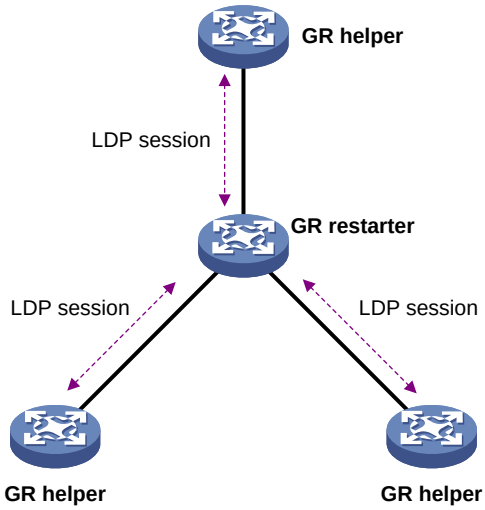
2.1 概念介绍

如图 1 所示，参与 LDP GR 过程的设备分为以下两种：

- GR Restarter：GR 重启的 LSR，指由管理员手工或设备故障触发而重启协议的设备，它必须具备 GR 能力。

- GR Helper：GR Restarter 的邻居 LSR，与重启的 GR Restarter 保持邻居关系，并协助其恢复重启前的转发状态，它也必须具备 GR 能力。

图1 LDP GR



设备的角色由该设备在 LDP GR 过程中的作用决定。在某些情况下，GR Restarter 与 GR Helper 的角色可以互换。

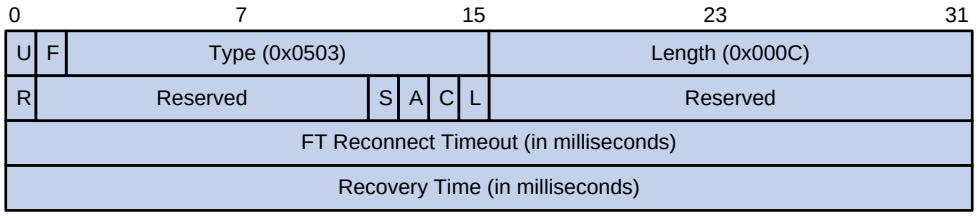
2.2 LDP GR工作机制

LDP GR 机制的核心在于：当某 LSR（GR Restarter）进行协议重启时，该 LSR 和它的 LDP 对等体（GR Helper）在一定时间内保持从对端获取的标签转发表项。在协议重启完毕后，LDP 对等体协助其在尽量短的时间内恢复重启前的标签映射信息。在协议重启过程中报文转发路径没有任何改变，整个系统可以不间断地转发数据。

2.2.1 LDP 扩展

LSR 通过在发送的 LDP 初始化消息（Initialization）中携带 FT 会话 TLV，并将网络学习标记位（L）置为 1，标识其是否具有 LDP GR 能力。

图2 FT 会话 TLV 格式



FT 会话 TLV 的格式如图 2 所示，其类型值为 0x0503。与 LDP GR 相关的主要字段含义为：

- L：网络学习标记位。取值为 1，表示 LSR 协议重启后，从 LDP 对等体重新学习标签转发状态。

- FT Reconnect Timeout：FT 重连时间。FT 会话 TLV 的发送者期望接收者在检测到 LDP 对等体失效后等待 LDP 会话重建的时间。
- Recovery Time：LDP 恢复时间。LDP 会话重建后，FT 会话 TLV 的发送者期待接收者在 LDP 恢复时间内协助其完成标签转发表项的更新。

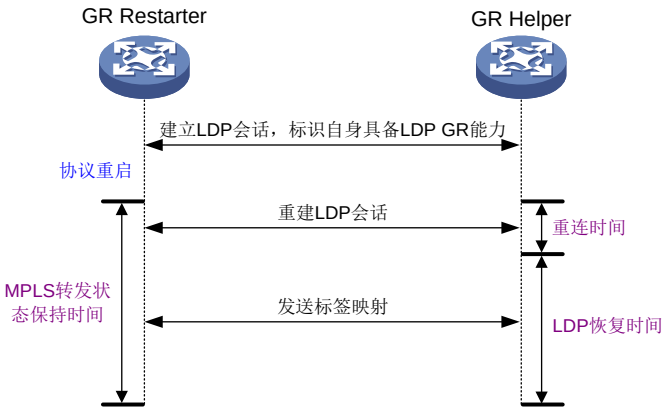
2.2.2 定时器

LDP GR 定义了如下几个定时器：

- MPLS 转发状态保持定时器：GR Restarter 协议重启时，保留转发表项的时间。GR Restarter 协议重启时，将转发表项置为 Stale 状态，并启动该定时器。该定时器超时后，删除状态仍旧为 Stale 的转发表项。
- 重连定时器：GR Helper 等待 LDP 会话重建的时间。GR Helper 发现与 GR Restarter 之间的 LDP 会话 down 后，保留 LDP 会话上建立的 FEC－标签映射，将其置为 Stale 状态，并启动 LDP 重连定时器。如果该定时器超时时仍没有重新建立 LDP 会话，则删除状态为 Stale 的 FEC－标签映射及对应的标签转发表项。GR Restarter 在 LDP 会话协商时，将本地配置的 GR 重连超时时间发送给 GR Helper，GR Helper 将其作为重连定时器的值。
- LDP 恢复定时器：LDP 会话重建后，GR Helper 协助 GR Restarter 更新标签转发表项的时间。LDP 会话重建后，在 GR Helper 上启动该定时器。该定时器超时后，GR Helper 删除状态仍旧为 Stale 的 FEC－标签映射及对应的标签转发表项。GR Restarter 在 LDP 会话协商时，将本地 MPLS 转发状态保持定时器的剩余时间发送给 GR Helper，GR Helper 将其作为 LDP 恢复定时器的值。

2.2.3 LDP GR 工作过程

图3 LDP GR 工作过程示意图



如图 3 所示，LDP GR 的工作过程为：

(1) GR Restarter 和 GR Helper 之间建立 LDP 会话。LDP 会话建立过程中，GR Restarter 和 GR Helper 在发送的 Initialization 消息中携带 FT 会话 TLV，且 L 标记位置为 1，标识它们支持 LDP GR。

(2) GR Restarter 进行协议重启时，启动 MPLS 转发状态定时器，并将标签转发表项置为 Stale 状态。GR Helper 发现与 GR Restarter 之间的 LDP 会话 down 后，将通过该 LDP 会话接收的 FEC－标签映射置为 Stale 状态，并启动重连定时器。

(3) GR Restarter 协议重启后，重新建立与 GR Helper 的 LDP 会话。如果在重连定时器超时前，没有建立 LDP 会话，则 GR Helper 删除标记为 Stale 的 FEC－标签映射及对应的标签转发表项。

(4) GR Restarter 和 GR Helper 之间重新建立 LDP 会话后，GR Helper 启动 LDP 恢复定时器。

(5) GR Restarter 和 GR Helper 在新建立的 LDP 会话上交互标签映射，更新标签转发表。GR Restarter 接收到标签映射后，与标签转发表进行比较，如果标签转发表中存在与标签映射一致的 Stale 表项，则删除该表项的 Stale 标记；否则，按照正常的 LDP 处理流程，添加新的标签转发表项。GR Helper 接收到标签映射后，与本地保存的 FEC－标签映射进行比较，如果存在一致的标签映射，则删除该 FEC－标签映射的 Stale 标记；否则，按照正常的 LDP 处理流程，添加新的 FEC－标签映射及对应的标签转发表项。

(6) MPLS 转发状态保持定时器超时后，GR Restarter 删除标记为 Stale 的标签转发表项。

(7) LDP 恢复定时器超时后，GR Helper 删除标记为 Stale 的 FEC－标签映射。

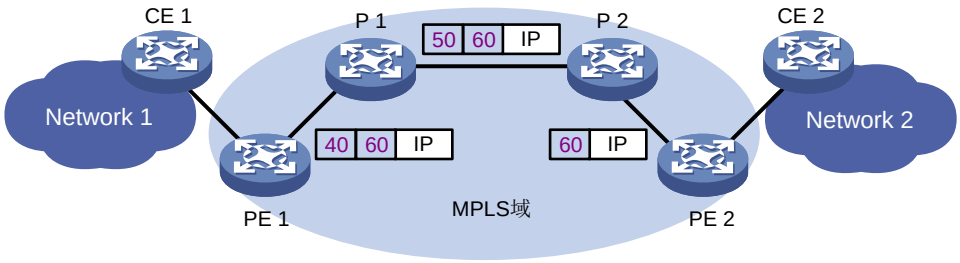
2.3 应用限制

- LDP 对等体必须同时支持 LDP GR 功能，其中一台 LSR 协议重启时才能实现平滑重启。
- LDP GR 通常与 IGP 路由协议的 GR 功能（如 OSPF GR）配合使用，保证主备倒换时路由及标签转发路径不受影响。

3 典型组网应用

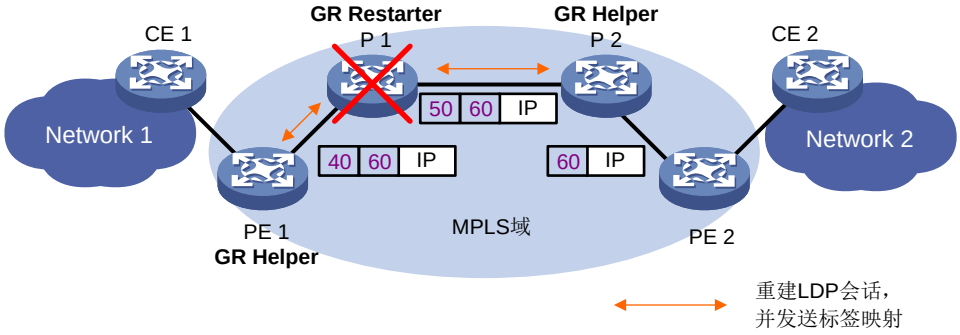
如图 4 所示，在 MPLS 域内，私网报文沿着 PE 1—P 1—P 2—PE 2 的路径转发。该路径上的任意一台 P 设备进行主备倒换时，都会导致该设备及其相邻设备删除标签转发表项，导致数据转发中断。

图4 LDP GR 典型组网应用（主备倒换前）



利用 LDP GR 功能，可以保证设备进行主备倒换时，仍然保留标签转发表项，即控制平面的协议重启，不会影响转发平面的数据转发。如图 5 所示，P 1 进行主备倒换时，私网报文依然可以沿着 PE 1—P 1—P 2—PE 2 的路径正常转发。主备倒换后，P 1 与相邻的路由器（PE 1 和 P 2）重新建立 LDP 会话，并在该会话上交互标签映射，以便及时恢复标签转发表。

图5 LDP GR 典型组网应用（主备倒换时）



4 参考文献

- RFC 3478：Graceful Restart Mechanism for Label Distribution Protocol
- RFC 3479：Fault Tolerance for the Label Distribution Protocol (LDP)
- RFC 5036：LDP Specification