

ICS 33 030

M 21

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1702-2007

公众 IP 网络可靠性 IP 快速重路由技术框架

Reliability of Public IP Network

IP Fast Reroute Framework

2007-09-29 发布

2008-01-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 定义和缩略语	1
3 IP快速重路由概述	1
4 IP快速重路由介绍	1
5 IP快速重路由问题分析	2
6 IP快速重路由机制	3
7 管理考虑	5
8 安全考虑	6

广东省网络空间安全协会受控资料

前 言

本标准是“公众IP网络可靠性”系列标准之一，该系列标准的结构及名称预计如下：

1. 公众IP网络可靠性 总体技术要求
2. 公众IP网络可靠性 标记分发协议（LDP）平滑重启动技术要求及测试方法
3. 公众IP网络可靠性 中间系统到中间系统协议（IS-IS）平滑重启动技术要求及测试方法
4. 公众IP网络可靠性 IP快速重路由技术框架

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：华为技术有限公司

本标准主要起草人：马怀远、寇增杰、张仁海

广东省网络空间安全协会受控资料

公众IP网络可靠性

IP快速重路由技术框架

1 范围

本标准规定了IP快速重路由的技术框架，包括IP快速重路由的问题分析和实现机制。

本标准适用于IP分组交换网络域内路由IGP的链路状态协议。

在非链路状态的内部域间路由IGP和BGP上提供快速重路由留作将来研究，并且正确操作目的地址在IGP之外的流量修复机制是基于该框架的所有方案都应考虑的一个重要方面。

2 定义和缩略语

2.1 定义

下列定义适用于本标准。

微环

当路由发生变化时，不同路由器的转发表不一致导致的一个短暂的转发循环。

2.2 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

BFD	Bidirectional Forwarding Detection	双向转发探测
ECMP	Equal Cost Multi-Path	等价多路径
FIB	Forwarding Information Base	转发信息库
IPFRR	IP Fast-Reroute	IP快速重路由

3 IP快速重路由概述

本标准定义了一套IP快速重路由的技术框架，它利用由本地预先决定的修复路径对失效链路或路由器提供保护。它不同于MPLS快速重路由，IP快速重路由适用于传统的IP路由和转发网络。通常当网络出现故障路由重新收敛期间会产生环路，该机制的原理是防止由于这种环路而导致的流量丢失。

4 IP快速重路由介绍

网络上由链路或节点故障导致的流量传输中断一直持续到路由在新拓扑上重新收敛后才恢复，在此期间必须穿越发生故障部分才能到达的目的地的报文将丢失或产生环路，通常该中断往往持续几秒。

通过小心配置使用链路状态IGP的网络，已经将业务中断时间减少到1s以下，然而新的网络业务对流量中断时间提出更严格的要求，一般要求在毫秒级甚至更低。这个问题很难解决，因为网络内在的分布式特性限制了重新收敛所需时间，也就限制了最小的流量中断时间。

一个新方法是提前计算备份路由，当路由器探测到故障时不是将故障立即通告给其他路由器，而是利用备份路由替换失效路由直接在本地修复故障。这样流量中断时间将大大缩短，等于探测邻接故障的时间与采用备份路由的时间之和。这同MPLS快速重路由有点类似，但两者之间仍存在很大差别。举例说明如下：

如图1所示，正常情况下，路由器B的路由表指示目的地为E的报文应通过路由器D转发，它的路由表中同时安装了一条备份路径，即目的地为E的报文也可通过路由器C转发。当路由器B探测到路由器B和D之间的链路失效时，将目的地为E的报文转发到备份的下一跳路由器C，如图2所示。

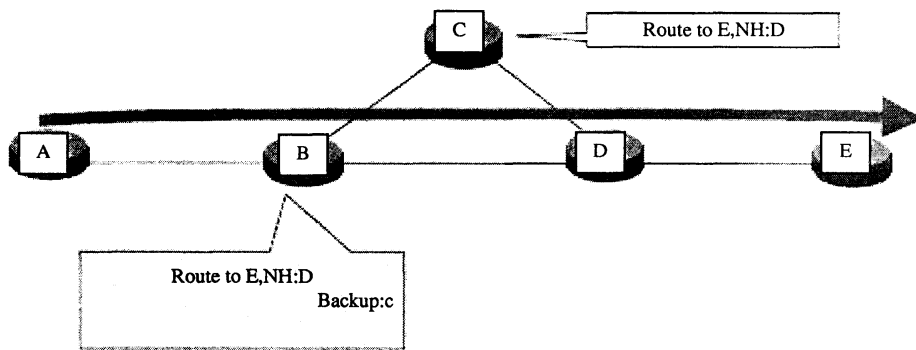


图1 正常情况下报文的转发

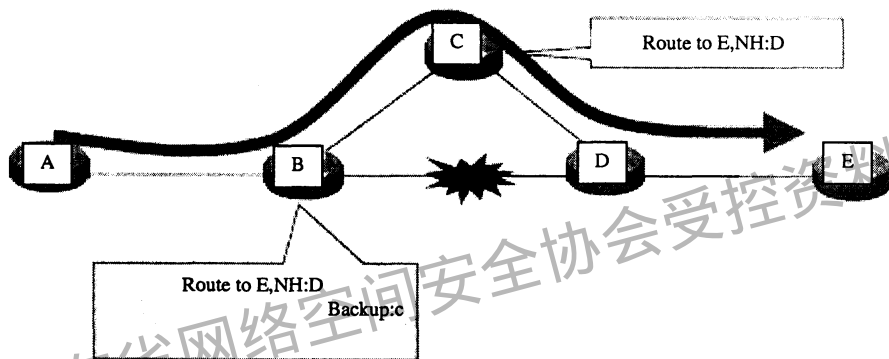


图2 链路失效情况下报文的转发

本标准提供一种部署该方法（即IP快速重路由）的框架结构。

5 IP 快速重路由问题分析

IP路由变化导致的流量中断时间主要由以下因素决定。

- (1) 故障检测时间：故障探测可由物理层完成，或采用路由协议hello机制，这段时间流量必然发生丢失。
- (2) 本地路由器对故障作出反应所需时间：这包括生成和泛洪新的路由更新，也可能包括延迟时间和重新计算转发信息库的时间。
- (3) 将该故障传递到其他路由器所需的时间：受路由协议报文是否丢失的影响。
- (4) 重新计算路由转发表的时间：依赖于采用的路由协议，RIP还是OSPF。
- (5) 导入新的转发表到硬件所需的时间：这个时间不仅依赖于具体的实现也依赖于受该故障影响的前缀数量。

流量中断将一直持续到同该故障邻接的路由器完成上述的第1，2步，并且受该故障影响的路径上的所有路由器完成余下的步骤后才停止。

由于同该故障邻接的路由器在探测到故障前仍试图通过故障链路或节点传送报文，所以一些流量会丢失，这是无法避免的。

另外，路由器之间路由转发表的暂时不一致造成的“微环”，也会造成流量的丢失。这是由于更新新的转发表时不同步造成的。这种不同步是由上面的步骤3、4和5导致的，并且在许多路由器上，步骤5是最主要的并且是波动最大的因素。波动大的根源在于具体实现不同及故障对不同路由器的影响也不同，例如受故障影响的前缀数量在不同的路由器上不一样。

为了使得丢包时间和故障探测时间相当，必须执行下面两个不同的任务：

(1) 向毗邻故障的路由器提供一种机制，通过该机制能够快速地采用修复路径，并且该修复路径不被随后发生的重收敛所影响。

(2) 提供一种在进行重收敛期间消除“微环”影响的机制。

如果仅单独执行任务1，修复路径可能面临没有太多的流量需要转发的情形而蜕变成冗余路径。单独执行任务2将导致与故障邻接的路由器丢失流量。为了解决这个问题这两个任务都是必须的。

然而，如果故障是短暂的，可仅仅使用修复链路。修复链路一直工作到故障修复后，并且不需要通告该故障到其他路由器。

类似的，也可单独使用微环避免机制以防止管理活动而导致的环路。因为将停止工作的链路或节点通告给网络的其他部分后，它们仍将工作一段时间，因此它们可以提供自我保护。

注意：当链路或节点恢复时将发生微环，在链路的up和down时都需要微环避免机制。

6 IP 快速重路由机制

该机制的解决方案被分解为以下子问题。

6.1 快速故障检测机制

使探测链路故障所需时间最小的方法正在讨论，目前有如下机制：

- (1) 物理层探测，例如光丢失等；
- (2) 路由协议无关的故障探测协议，如BFD；
- (3) 路由协议探测，例如快速hello。

6.2 路径修复机制

修复路径有三种基本类型：

(1) 等价多路径（ECMP），在这种路径存在的地方，如果存在至少一条不经过故障部分的替换路径，它们可以作为修复路径。

(2) 无环替换路径，当与故障邻接的路由器有直接邻居，并且该邻居有不通过故障部分而到达特定目的地的路径。

(3) 多跳修复路径，当不存在合适的无环替换路径时，仍有可能找到这样一个路由器，该路由器距离同故障邻接的路由器超过一跳，可以通过该路由器将流量转发到目的地而不经故障点。

路由器应当在每一个预计发生本地故障处提前计算备份路径并且能在最小的延迟内调用它们。一旦快速故障检测机制探测到一个故障，路由器应立即更新转发信息库中维护的实时端口状态，即相应线卡状态和接口状态，转发报文时，只要有一个状态无效，则查找下一跳，直到找到两状态同时有效的一个下一跳将报文转发出去，这样便可将通过故障部分传送的流量切换到一条或多条修复路径上。

当路由重新收敛后，刷新FIB，IP快速重路由机制失效，流量切换到重收敛后的最佳路径上。

ECMP和无环替换路径提供最简单的修复链路并且如果它们存在，应优先使用它们。

计算多跳修复路径是否存在以及启用它们都非常复杂。可以被它们分为以下类型：

(1) 所有的路由器预先计算出一个或多个备份FIB，并且报文利用修复FIB进行转发，可以使用每报文信令或通过给报文打标记的方法。

(2) 一种功能上等价于松散源路由的机制，包括隧道、最短备份路径和基于标签等，该机制使用正常的FIB。

(3) 预先计算可以绕过某些网络组件的路由，并且在FIB中用专门的地址或标签来标识。

在许多情况下，修复路径离探测到故障发生的路由器2跳即可，然而，有些情况下如果要彻底修复故障有时需要更远的多跳修复。

6.2.1 路径修复范围

一条具体的修复路径可能对所有需要修复的目的地址有效或只对目的地的一个子集有效。如果一条修复路径对于故障的立即下游节点有效，则它对之前经过该故障部分可达的所有目的地仍有效。然而，如果很难找到这样的修复路径，因为有时需要高阶的多跳修复链路，但仍然可能找到低阶修复路径（可能甚至是无环替代路径），从而修复大部分目的地址。当IP快速重路由不能提供完全的路径修复，仍期望可通过网管来决定或报告修复范围。

在尽可能少的计算修复路径和使高阶修复路径造成的负担最小之间，必须进行折衷。并且，为单个目的地计算修复路径的代价太高。

基本修复机制可修复绝大部分目的地址，只有很小的一部分需要用更复杂的多跳修复，这样一种混合的方法解决了路径修复的完整性和复杂性之间的冲突。

修复路径的影响可能导致过多的流量经过某一个链路，从而造成拥塞导致流量丢失。这降低了IP快速重路由的有效性。该问题需要解决。

6.2.2 修复范围分析

在许多情况下，修复策略允许针对所有可能的目的地修复失效的单条链路或单个节点，这被定义为100%的覆盖。然而，如果覆盖范围小于100%，为了更好的比较，需要根据不同的恢复策略定义百分比，有四种可能：

(1) 对于所有目的地，可被完全保护的链路（或节点）的百分比，该指标在要求保护所有的流量时是合适的，但可能仍有一定百分比的故障无法得到保护。

(2) 对于所有链路（或节点）故障，可被完全保护的目的地地址百分比，这在保护所有可能的失效时是合适的，但可能有一定百分比的目的地仍无法得到保护。

(3) 对于所有的目的地址（d）和所有的故障（f），可被保护的所有潜在故障的百分比，这在最优交付需求时是合适的。

(4) 通过网络可正常到达目的地的报文的百分比，这需要一个流量矩阵作为网络分析的一部分。

覆盖范围是依赖于修复策略的，并且高度依赖于拓扑细节和度量。

6.2.3 链路或节点恢复

一条修复路径可以保护一条邻接链路故障或邻接节点故障。通常情况下，链路保护很容易实现；对有些目的地，该毗邻节点（失效节点）对它们而言是单故障点，无法对这些目的地提供保护的其余的目的地，保护节点失效同时亦保护链路失效。

为了采用优化的故障修复策略，在很多情况下需要区分链路故障还是节点故障。决定链路故障还是节点故障的方法有很多，例如BFD。在使用修复机制之前必须先确定故障类型，但这将增加丢包时间，

除非该失效判定作为故障探测机制的一部分来执行。或者随后使用失效判定对已经调用的缺省策略进行优化。

6.2.4 修复路径的维护

为了快速作出反应，修复链路以及与它们关联的FIB实体将被预先计算和安装，一旦探测到故障即可调用。修复路径一旦使用一直保持有效直到不再需要，一旦路由协议在新的拓扑上重新收敛成功则，则不再需要修复链路。

故障会导致网络拓扑改变，采用的修复链路应不受拓扑改变的影响，因此在重新收敛期间不需要对它们重新计算。它们可能同时受不相关的拓扑改变所影响，这已超出本文的范围。

一旦路由协议重新收敛成功，所有的修复路径应考虑新拓扑，根据新拓扑重新计算。多种优化方案可以帮助识别不受拓扑变化影响的修复链路，因此不需要完全的重新计算。因为新的修复链路在新故障出现之后才使用，重新计算可以作为一个后台任务并适当地抑制它们，但过分的抑制将导致出现故障时没有备份路径可用。

6.2.5 多点故障和共享风险链路组

完全保护多个不相关的失效超出了本文的范围，但是，如果正在修复一个故障，另一个新故障对业务造成的损害不应该比没有任何修复机制时更大。

共享风险链路组是多个相关故障的一个例子，它们的保护留待将来研究。

在目前考虑范围之内的关于共享风险链路组的一个比较明显的例子是节点故障，这导致多个链路同时故障，它们相近的拓扑关联使问题更容易解决。

6.3 多点对多点链路保护

多点对多点链路的局部保护和完全保护比点到点链路要复杂，通常在简单修复与提供完全和优化的修复之间进行折衷。

6.4 微环保护机制

控制微环是重要的，这不仅因为微环会导致受故障影响的流量丢包，还因为报文在一条本来不受该故障影响的链路上循环最终导致拥塞而丢包。

目前有大量的方法建议用于解决微环问题，下面是比较典型的一些：

- (1) 部分和完全的微环保护；
- (2) 延迟收敛；
- (3) 多故障容忍（通常是节点故障）；
- (4) 计算复杂度（预计算和适时计算）；
- (5) 采用调度事件；
- (6) 采用链路/节点复原。

7 管理考虑

针对IP快速重路由方案有多个管理需求，通常有如下管理需求。

- (1) 配置：
 - a) 使能/禁用IP快速重路由；
 - b) 使能/禁用对每链路/节点的保护；
 - c) 指定修复路径上的特殊链路或节点；

- d) 配置故障探测机制;
- e) 配置环路避免策略。

(2) 监视:

- a) 不能被保护的链路、节点和目的地址的通知机制;
- b) 通知预计算修复路径以及期望的流量模式;
- c) 故障探测数量, 保护次数和在修复链路上的转发报文数量。

8 安全考虑

该框架本身并不提供新的安全机制, 但在实际的方案中必须要考虑相关的安全问题。

广东省网络空间安全协会受控资料

广东省网络空间安全协会受控资料

中华人民共和国
通信行业标准
公众 IP 网络可靠性
IP 快速重路由技术框架
YD/T 1702-2007

*

人民邮电出版社出版发行
北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座
邮政编码：100061
北京新瑞铭印刷有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16 2007 年 12 月第 1 版
印张：0.75 2007 年 12 月北京第 1 次印刷
字数：16 千字

ISBN 978 - 7 - 115 - 1575/08 - 19

定价：10 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)67114922