BFD 原理与应用

BFD（Budurectional Forwarding Detection）双向转发检测

BFD 是一种双向转发检测机制，它是介质无关和协议无关的快速故障检测机制，可以提供毫秒级的检测，可以实现链路的快速检测，BFD 通过与上层路由协议联动，可以实现路由的快速收敛，确保业务的永续性。

BFD 主要是用来实现毫秒级的切换。从而降低业务的故障率。而 BFD 不是单独启用的，通常是和 ospf vrrp 等这些路由协议和热备份协议一起使用的。比如 ospf 默认情况下，你要等待 40 秒才能知道邻居 down 了，但是 bfd 和 OSPF 一起使用在毫秒内就能发现邻居 down 了这样的话路由切换肯定要快很多。

现有的故障检测方法主要包括以下几种：

硬件检测：

例如：通过 SDH（SynchronousDigitalHierarchy，同步数字体系）告警检测链路故障。硬件检测的优点是可以很快发现故障，但并不是所有介质都能提供硬件检测。

慢 Hello 机制：

通常采用路由协议中的 Hello 报文机制。这种机制检测到故障所需时间为秒级。对于高速数据传输，例如吉比特速率级，超过 1 秒的检测时间将导致大量数据丢失；对于时延敏感的业务，例如语音业务，超过 1 秒的延迟也是不能接受的。并且，这种机制依赖于路由协议。

其他检测机制：

不同的协议有时会提供专用的检测机制，但在系统间互联互通时，这样的专用检测机制通常难以部署。

BFD 检测方式

单跳检测：BFD 单跳检测是指对两个直连系统进行 IP 连通性检测，这里所说的“单跳”是 IP 的一跳。

多跳检测：BFD 可以检测两个系统间的任意路径，这些路径可能跨越很多跳，也可能在某些部分发生重叠。

双向检测：BFD 通过在双向链路两端同时发送检测报文，检测两个方向上的链路状态，实现毫秒级的链路故障检测。（BFD 检测 LSP 是一种特殊情况，只需在一个方向发送 BFD 控制报文，对端通过其他路径报告链路状况。）

BFD 的检测机制：

BFD 的检测机制是两个系统建立 BFD 会话，并沿它们之间的路径周期性发送 BFD 控制报文，如果一方在既定的时间内没有收到 BFD 控制报文，则认为路径上发生了故障，BFD 控制报文是 UDP 报文，端口号 3784。

BFD 提供异步检测模式。在这种模式下，系统之间相互周期性地发送 BFD 控制报文，如果某个系统连续 3 个报文都没有接收到，就认为此 BFD 会话的状态是 Down。

BFD 状态机，有 3 种 ：Down ，Init ，UP

初始状态为 Down, 收到状态为 Down 的 BFD 报文后，状态切换至 Init, 相互收到 Init 之后，变为 UP

表1 BFD参数缺省值

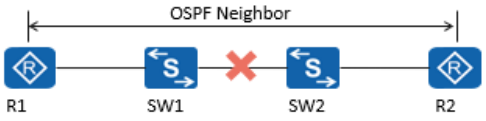
参数	缺省值
全局BFD功能	未使能
发送间隔	1000毫秒
接收间隔	1000毫秒
本地检测倍数	3
等待恢复时间	0分钟
会话延迟Up时间	0秒钟
BFD报文优先级	7

- 随着网络应用的广泛部署，网络发生故障极大可能导致业务异常。为了减小链路、设备故障对业务的影响，提高网络的可靠性，网络设备需要尽快检测到与相邻设备间的通信故障，以便及时采取措施，保证业务正常进行。
- BFD（Bidirectional Forwarding Detection，双向转发检测）提供了一个通用的、标准化的、介质无关和协议无关的快速故障检测机制，用于快速检测、监控网络中链路或者 IP 路由的转发连通状态。
- 本章节主要介绍 BFD 工作原理以及常见的应用场景。

网络故障检测遇到的问题

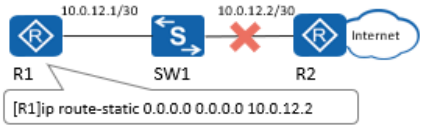
- 在无法通过硬件信号检测故障的系统中，应用通常采用上层协议本身的Hello报文机制检测网络故障。
- 常用路由协议的Hello报文机制检测时间较长，检测时间超过1秒钟。当应用在网络中传输的数据超过GB/s时，秒级的检测时间将会导致应用传输的数据大量丢失。
- 在三层网络中，静态路由本身没有故障检查机制。

动态路由故障检测问题



R1与R2通过二层交换机连接建立OSPF邻接关系，当SW1与SW2之间的链路出现故障时，R1与R2能快速感知吗?

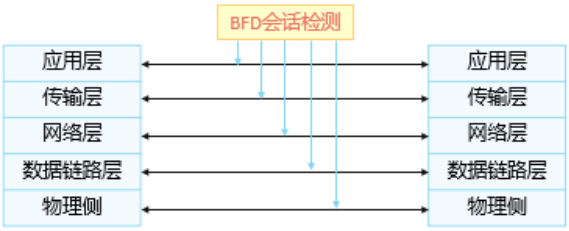
静态路由故障检测问题



在R1路由器上配置到网关R2的默认路由，当SW1与R2之间的链路出现故障时R1能快速感知吗?

BFD概述

- BFD提供了一个通用的、标准化的、介质无关的、协议无关的快速故障检测机制，有以下两大优点：
  - 对相邻转发引擎之间的通道提供轻负荷、快速故障检测。
  - 用单一的机制对任何介质、任何协议层进行实时检测。
- BFD是一个简单的“Hello”协议。两个系统之间建立BFD会话通道，并周期性发送BFD检测报文，如果某个系统在规定的时间内没有收到对端的检测报文，则认为该通道的某个部分发生了故障。



- 由于同一个数据路径上只建立一个 BFD 会话，如果不同的应用使用的 BFD 参数不一致，则应该配置一个能满足所有应用要求的 BFD 参数。

BFD报文结构

- BFD检测是通过维护在两个系统之间建立的BFD会话来实现的，系统通过发送BFD报文建立会话。
- BFD控制报文根据场景不同封装不同，报文结构由强制部分和可选的认证字段组成。

强制部分

Ver	Diag	Sta	P	F	C	A	D	M	Detect Mult	Length
My discriminator										
Your discriminator										
Desired Min TX Interval										
Required Min RX Interval										
Required Min Echo RX Interval										

可选部分（认证字段）

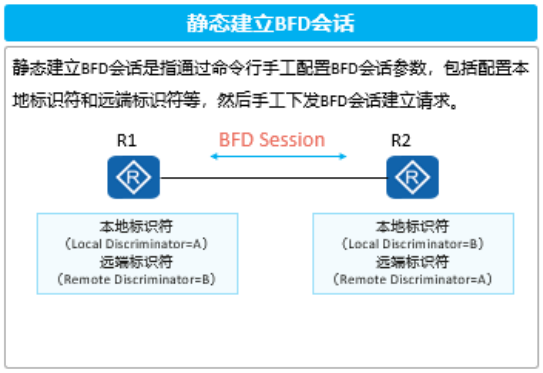
Auth-Type	Auth-Len	Authentication Data

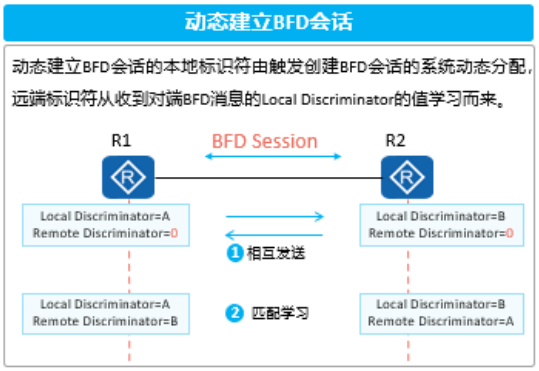
1. Sta：BFD本地状态。
2. Detect Mult：检测超时倍数，用于检测方计算检测超时时间。
3. My Discriminator：BFD会话连接本地标识符（Local Discriminator）。发送系统产生的一个唯一的、非0鉴别值，用来区分一个系统的多个BFD会话。
4. Your Discriminator：BFD会话连接远端标识符（Remote Discriminator）。从远端系统接收到的鉴别值，这个域直接返回接收到的“My Discriminator”，如果不知道这个值就返回0。
5. Desired Min TX Interval：本地支持的最小BFD报文发送间隔。
6. Required Min RX Interval：本地支持的最小BFD报文接收间隔。
7. Required Min Echo RX Interval：本地支持的最小Echo报文接收间隔，单位为微秒（如果本地不支持Echo功能，则设置0）。

- Ver：BFD 协议版本号，目前为 1。
- Diag：诊断字，标明本地 BFD 系统最近一次会话状态发生变化的原因。
- P：参数发生改变时，发送方在 BFD 报文中置该标志，接收方必须立即响应该报文。
- F：响应 P 标志置位的回应报文中必须将 F 标志置位。
- C：转发/控制分离标志，一旦置位，控制平面的变化不影响 BFD 检测。
- A：认证标识，置 1 代表会话需要进行验证。
- D：查询请求，置位代表发送方期望采用查询模式对链路进行监测。
- M：为 BFD 将来支持点对多点扩展而设的预留位。
- Length：报文长度，单位为字节。

BFD会话建立

BFD会话的建立有两种方式，即静态建立BFD会话和动态建立BFD会话。BFD通过控制报文中的本地标识符和远端标识符区分不同的会话。静态和动态创建BFD会话的主要区别在于Local Discriminator和Remote Discriminator的配置方式不同。

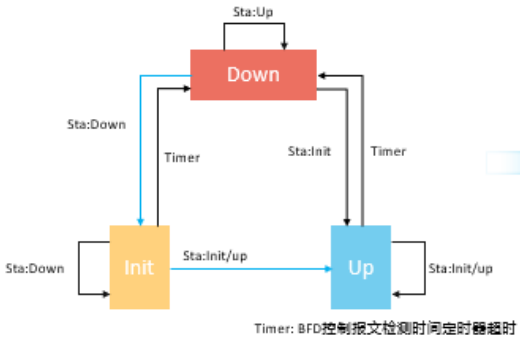




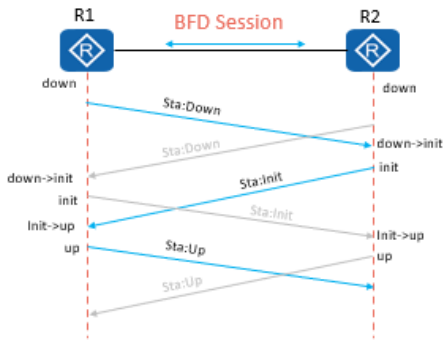
- 动态建立 BFD 会话时，系统对本地标识符和远端标识符的处理方式如下：
- 动态分配本地标识符，当应用程序触发动态创建 BFD 会话时，系统分配属于动态会话标识符区域的值作为 BFD 会话的本地标识符。然后向对端发送 Remote Discriminator 的值为 0 的 BFD 控制报文，进行会话协商。
- 自学习远端标识符，当 BFD 会话的一端收到 Remote Discriminator 的值为 0 的 BFD 控制报文时，判断该报文是否与本地 BFD 会话匹配，如果匹配，则学习接收到的 BFD 报文中 Local Discriminator 的值，获取远端标识符。

BFD会话状态

BFD会话有四种状态：Down、Init、Up和AdminDown。会话状态变化通过BFD报文的State字段传递，系统根据自己本地的会话状态和接收到的对端BFD报文驱动状态改变，如左下图所示。BFD状态机的建立和拆除都采用三次握手机制，如右下图所示，以确保两端系统都能知道状态的变化。



BFD会话状态转换图

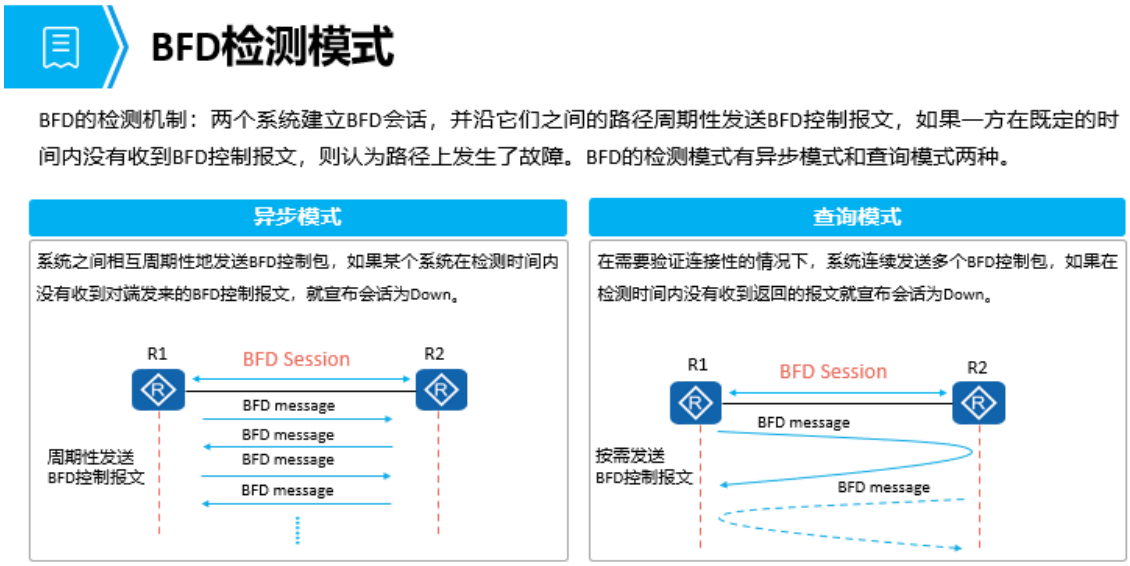


BFD会话建立状态迁移流程

- BFD 会话过程中包含有三个状态：init 和 up 两个用来建立会话，down 用来断开会话。建立和断开会话都需要三次握手确保两端系统都感知到。另外还有一个特殊状态：管理 down，使会话可以通过管理手段 down，在状态机中管理 down 也是 down 状态。每个系统通过报文中的 sta 域发送本端状态，接收报文中的 sta 域了解对端状态，综合起来决定状态机的跳转。
- Down 状态说明会话 down。一个会话会维持在 down 状态直到收到对端的报文并且该报文的 sta 字段标志着对端状态不是 up。如果收到的是 down 包，状态机将从 down 状态跳转到 init 状态，如果收到的是 init 包，状态机将从 down 状态跳转到 up 状态，如果收到的是 up 包，状态机维持 down 状态。
- Init 状态说明与远端正在通信，并且本地会话期望进入 up 状态，但是远端还没回应。一个 init 状态的会话会维持 init 状态直到收到对端的 init 包或者 up 包，就会跳转到 up 状态，否则等到检测时间超时以后，便会跳转到 down 状态，意味着与远端的通信丢失。
- Up 状态说明 BFD 会话成功建立，并且正在确认链路的联通性，会话会一直保持在 up 状态直到链路故障或者管理 do

wn 操作。如果收到远端的 down 包或者检测时间超时会话就会从 up 状态跳转到 down 状态。

- 管理 down 意味着会话是被管理操作 down 的，这会导致远端系统会话进入 down 状态，并且一直保持 down 状态直到本端退出管理 down。管理 down 并不意味着转发路径的连通性问题。

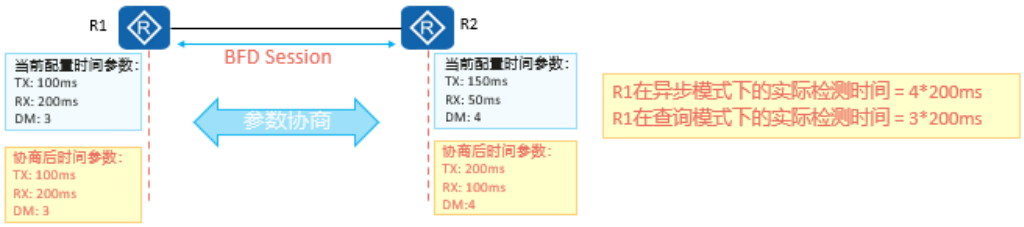


- 异步模式和查询模式的本质区别：检测的位置不同，异步模式下本端按一定的发送周期发送 BFD 控制报文，检测位置为远端，远端检测本端是否周期性发送 BFD 控制报文；查询模式下本端检测自身发送的 BFD 控制报文是否得到了回应。

BFD检测时间

BFD会话检测时长由TX（Desired Min TX Interval），RX（Required Min RX Interval），DM（Detect Multi）三个参数决定。BFD报文的实际发送时间间隔，实际接受时间间隔由BFD会话协商决定。

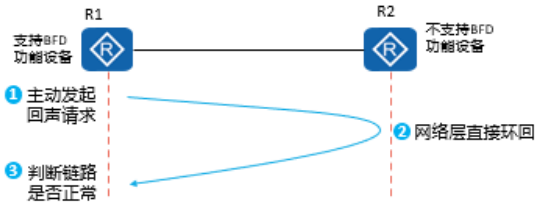
- 本地BFD报文实际发送时间间隔 = MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }
- 本地BFD报文实际接收时间间隔 = MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }
- 本地BFD报文实际检测时间：
  - 异步模式：本地BFD报文实际检测时间 = 本地BFD报文实际接收时间间隔×对端配置的BFD检测倍数
  - 查询模式：本地BFD报文实际检测时间 = 本地BFD报文实际接收时间间隔×本端配置的BFD检测倍数



- BFD 缺省时间参数
- BFD 报文发送间隔默认 1000 毫秒，接受间隔默认 1000 毫秒，本地检测倍数 3 次。
- BFD 会话等待恢复时间 0 秒，会话延迟 Up 时间 0 秒。
- 检测超时倍数，用于检测方计算检测超时时间。
- 查询模式：采用本地检测倍数。
- 异步模式：采用对端检测倍数。

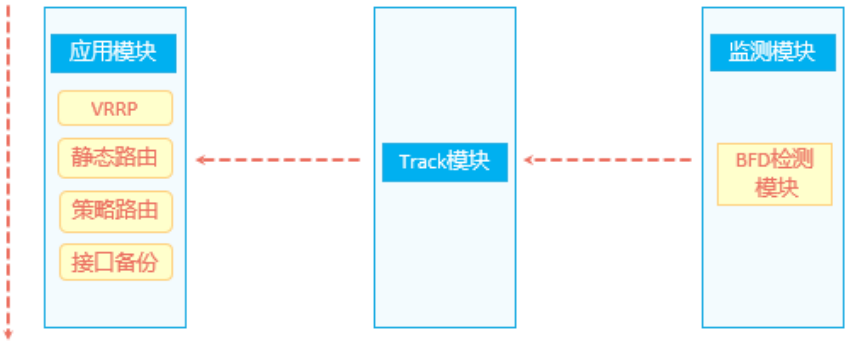
BFD Echo功能

- BFD Echo功能也称为BFD回声功能，是由本地发送BFD Echo报文，远端系统将报文环回的一种检测机制。
- 在两台直接相连的设备中，其中一台设备支持BFD功能（R1）；另一台设备不支持BFD功能（R2），只支持基本的网络层转发。为了能够快速的检测这两台设备之间的故障，可以在支持BFD功能的设备上创建单臂回声功能的BFD会话。支持BFD功能的设备主动发起回声请求功能，不支持BFD功能的设备接收到该报文后直接将其环回，从而实现转发链路的连通性检测功能。



联动功能简介

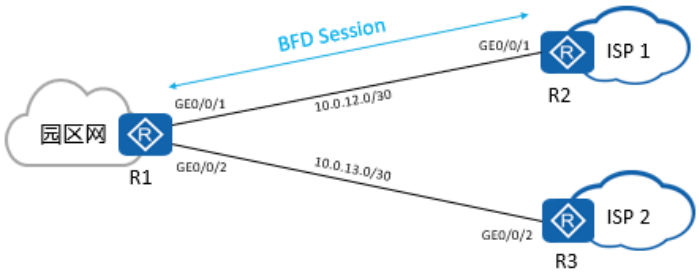
联动功能由检测模块、Track和应用模块三部分组成。



- 监测模块负责对链路状态、网络性能等进行监测，并将探测结果通知给 Track 模块 。
- Track 模块收到监测模块的探测结果后，及时改变 Track 项的状态，并通知应用模块。
- 应用模块根据 Track 项的状态，进行相应的处理，从而实现联动。

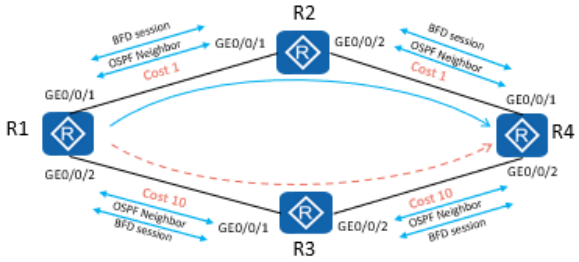
静态路由与BFD联动

- 静态路由自身没有检测机制，如果静态路由存在冗余路径，通过静态路由与BFD联动，当主用路径故障时，实现静态路由的快速切换 。
- 静态路由与BFD联动应用广泛，如下图中R1是园区网的出口路由器，R1通过两条链路分别连接ISP1和ISP2，正常情况下默认路由经过的链路为指向ISP1的链路，当通往ISP1的链路出现故障的时候，BFD会话能够快速感知，并通知路由器将流量切换到指向ISP2的链路。



OSPF与BFD联动 (1)

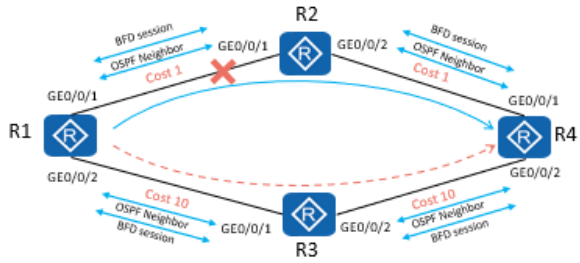
- OSPF在未绑定BFD的情况下，链路故障检测时间由协议Hello机制决定，通常是秒级。通过绑定BFD，可以实现毫秒级故障检测。
- BFD与OSPF联动就是将BFD和OSPF协议关联起来， BFD将链路故障的快速检测结果告知OSPF协议。



1. OSPF通过自己的Hello机制发现邻居并建立连接。
2. OSPF在建立了新的邻居关系后，将邻居信息（包括目的地址和源地址等）通告给BFD。
3. BFD根据收到的邻居信息建立会话，会话建立以后，BFD开始检测链路故障。
4. 正常情况下，R1根据OSPF路径开销大小选择经过R2到达R4。

OSPF与BFD联动 (2)

BFD会话建立后会周期性地快速发送BFD报文，如果在检测时间内没有收到BFD报文则认为该双向转发路径发生了故障，通知被服务的上层应用进行相应的处理。



1. 当R1和R2之间链路出现故障，BFD首先快速检测到链路故障，BFD会话状态变为Down并通知R1。
2. R1处理邻居Down事件，通知本地OSPF进程邻居不可达，重新进行路由计算，选择通过R3到达R4。

BFD配置命令介绍 (1)

1. 创建BFD会话绑定信息，并进入BFD会话视图。

   [Huawei] **bfd** *session-name* **bind peer-ip** *ip-address* [**vpn-instance** *vpn-name*] **interface** *interface-type interface-number* [**source-ip** *ip-address*]

   缺省情况下，未创建BFD会话。在第一次创建单跳BFD会话时，必须绑定对端IP地址和本端相应接口，且创建后不可修改。如果需要修改，则只能删除后重新创建。

2. 创建使用组播地址作为对端地址的BFD会话，并进入BFD会话视图。

   [Huawei] **bfd** *session-name* **bind peer-ip default-ip interface** *interface-type interface-number* [**source-ip** *ip-address*]

3. 创建BFD for IPv6的绑定信息，并进入BFD会话视图。

   [Huawei] **bfd** *session-name* **bind peer-ipv6** *ip-address* [**vpn-instance** *vpn-name*] **interface** *interface-type interface-number* [**source-ipv6** *ip-address*]

   在第一次创建单跳BFD6会话时，必须绑定对端IPv6地址和本端相应接口，且创建后不可修改。

BFD配置命令介绍 (2)

4. 创建静态标识符自协商BFD会话

   [Huawei] **bfd** *session-name* **bind peer-ip** *ip-address* [**vpn-instance** *vpn-name*] **interface** *interface-type interface-number* [**source-ip** *ip-address*] **auto**

5. 创建单臂Echo功能的BFD会话

   [Huawei] **bfd** *session-name* **bind peer-ip** *ip-address* [**vpn-instance** *vpn-name*] **interface** *interface-type interface-number* [**source-ip** *ip-address*] **one-arm-echo**

6. 配置BFD会话的本地标识符

   [Huawei-bfd-session-test] **discriminator local** *discr-value*

   此处假设BFD Session名称是test。

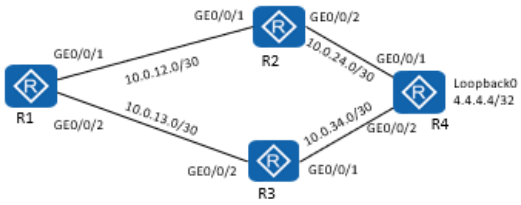
7. 配置BFD会话的远端标识符

   [Huawei-bfd-session-test] **discriminator remote** *discr-value*

   配置标识符时，本端的本地标识符与对端的远端标识符必需相同，否则BFD会话无法正确建立。并且，本地标识符和远端标识符配置成功后不可修改。

- 配置编辑完成后，用户可以执行 commit 提交配置，使新的配置数据在当前的系统运行配置中生效。

静态路由与BFD联动配置



实验要求：

- 如上图组网所示，在R1上配置到达R4的Loopback0： 4.4.4.4/32网段的浮动静态路由，正常情况下通过R2访问R4，当R2故障时，自动选路通过R3访问R4的Loopback0;
- 在R1与R2之间建立BFD会话，并与静态路由绑定，实现故障快速检测和路径快速收敛。

在R1与R2之间建立静态BFD会话：

```
[R1]bfd
[R1]bfd 12 bind peer 10.0.12.2 interface GigabitEthernet 0/0/1
[R1-bfd-session-12]discriminator local 10
[R1-bfd-session-12]discriminator remote 20
[R1-bfd-session-12]commit
[R2]bfd
[R2]bfd 21 bind peer 10.0.12.1 interface GigabitEthernet 0/0/1
[R2-bfd-session-21]discriminator local 20
[R2-bfd-session-21]discriminator remote 10
[R2-bfd-session-21]commit
```

在R1上配置静态路由并绑定BFD会话：

```
[R1] ip route-static 4.4.4.4 32 10.0.12.2 track bfd-session 12
[R1] ip route-static 4.4.4.4 32 10.0.13.2 preference 100
```

此实验其它配置此处省略

BFD会话配置验证

```
[R1]display bfd session all  verbose
Session MIndex : 256      (One Hop) State : Up       Name : 12
Local Discriminator   : 1            Remote Discriminator   : 2
Session Detect Mode  : Asynchronous Mode Without Echo Function
 BFD Bind Type        : Interface(Vlanif10)
 Bind Session Type    : Static
 Bind Peer IP Address  : 10.0.12.2
 NextHop Ip Address    : 10.0.12.2
 Bind Interface        : GigabitEthernet0/0/1
 FSM Board Id          : 0            TOS-EXP            : 7
 Min Tx Interval (ms)  : 1000         Min Rx Interval (ms)  : 1000
 Actual Tx Interval (ms): 1000        Actual Rx Interval (ms): 1000
 Local Detect Multi    : 3            Detect Interval (ms)  : 3000
Echo Passive          : Disable      Acl Number          : -
Destination Port      : 3784         TTL                 : 255
----more----
```

BFD会话状态为UP

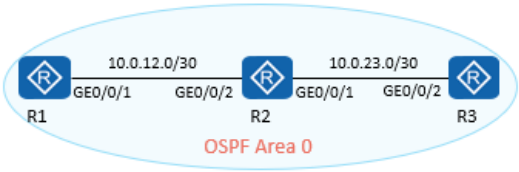
BFD会话类型为静态BFD

系统配置BFD控制报文最小接受间隔和最小发送间隔

系统协商后的BFD控制报文实际最小接受间隔和最小发送间隔

系统检测次数以及故障检测间隔

OSPF与BFD联动配置



实验要求：

- R1、R2、R3运行OSPF协议，且都属于Area 0；
- 配置OSPF与BFD联动，通过设置所有OSPF接口的BFD会话参数进一步提高链路状态变化时OSPF的收敛速度；
- 将BFD会话的最大发送间隔和最大接受间隔都设置为100ms,检测次数默认不变。

R1配置如下：

```
[R1]bfd
[R1]interface GigabitEthernet 0/0/1
[R1-GigabitEthernet0/0/1]ip address 10.0.12.1 30
[R1]ospf 1
[R1-ospf-1]area 0
[R1-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.12.0 0.0.0.3
[R1-ospf-1-area-0.0.0.0]quit
[R1-ospf-1]bfd all-interfaces enable
[R1-ospf-1]bfd all-interfaces min-tx-interval 100 min-rx-interval 100 detect-multiplier 3
```

R2和R3的配置与R1类似，此处省略。

BFD检测配置验证

```
[R1]display bfd session all verbose
Session Mince : 256    (One Hop) State : Up      Name : dyn_8192
Local Discriminator  : 8192          Remote Discriminator  : 8192
Session Detect Mode : Asynchronous Mode Without Echo Function
 BFD Bind Type       : Interface(GigabitEthernet0/0/0)
 Bind Session Type   : Dynamic
 Bind Peer IP Address  : 10.0.12.2
 NextHop Ip Address    : 10.0.12.2
 Bind Interface        : GigabitEthernet0/0/0
 FSM Board Id          : 0          TOS-EXP          : 7
 Min Tx Interval (ms)  : 100        Min Rx Interval (ms)  : 100
 Actual Tx Interval (ms): 100       Actual Rx Interval (ms): 100
 Local Detect Multi    : 3          Detect Interval (ms)  : 300
 Echo Passive          : Disable    Acl Number            : -
```

```
[R1]display ospf 1 bfd session all

                OSPF Process 1 with Router ID 10.0.12.1
 Area 0.0.0.0 interface 10.0.12.1(GigabitEthernet0/0/0)'s BFD Sessions

NeighborId:10.0.12.2
AreaId:0.0.0.0
Interface:GigabitEthernet0/0/0
 BFDState:up          rx  :100        tx    :100
 Multiplier:3
BFD Local Dis:8192
LocalIpAdd: 10.0.12.1
RemoteIpAdd:10.0.12.2
Diagnostic Info:No  diagnostic information
```

思考题：

- （多选题）BFD 会话建立过程中有以下哪几种状态？
- Down
- Init
- Up
- Establish
- （多选题）BFD 检测模式有哪些？
- 异步模式

- 同步模式
- 查询模式
- 回声模式

答案：

- ABC
- ACD