

HUAWEI NetEngine 8100 X, NetEngine 8000 X,
NetEngine 8000E X 系列
V800R023C00SPC500

配置指南

文档版本	01
发布日期	2023-09-30



版权所有 © 华为技术有限公司 2023。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。

商标声明



HUAWEI和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

华为技术有限公司

地址：深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编：518129

网址：<https://www.huawei.com>

客户服务邮箱：support@huawei.com

客户服务电话：4008302118

目录

1 配置	1
1.1 路径控制	1
1.1.1 PCEP 配置	1
1.1.1.1 PCEP 特性描述	1
1.1.1.1.1 PCEP 介绍	1
1.1.1.1.2 PCEP 原理描述	2
1.1.1.1.3 PCEP 术语与缩略语	57
1.1.1.2 PCEP 配置	57
1.1.1.2.1 PCEP 概述	58
1.1.1.2.2 PCEP 特性限制	59
1.1.1.2.3 配置 PCEP 触发创建 MPLS TE 隧道	59
1.1.1.2.4 配置 PCEP 触发创建 SR-MPLS TE Policy	64
1.1.1.2.5 使能 PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的自动带宽调整能力	70
1.1.1.2.6 配置 PCEP 触发创建 SRv6 TE Policy	72
1.1.1.2.7 使能 PCE Client 支持 IETF 定义的 AO 格式	75
1.1.1.2.8 使能 PCEP 会话支持 IETF 定义的 AO 和 PPAG TLV 的编码格式	75
1.1.1.2.9 配置 PCEP 会话的安全认证	76
1.1.1.2.10 配置 PCEP 白名单 Session-CAR 功能	76
1.1.1.2.11 配置 PCEP 的微隔离协议 CAR 功能	77
1.1.1.2.12 维护 PCEP	78

插图目录

图 1-1 PCE 架构.....	2
图 1-2 PCEP 会话建立.....	3
图 1-3 PCEP 会话维护.....	4
图 1-4 PCEP 通用消息头.....	5
图 1-5 OPEN 对象.....	6
图 1-6 RP 对象.....	7
图 1-7 END-POINTS 对象.....	8
图 1-8 NO-PATH 对象.....	8
图 1-9 LSP 对象.....	9
图 1-10 SRP 对象.....	10
图 1-11 NOTIFICATION 对象.....	10
图 1-12 ERROR 对象.....	11
图 1-13 CLOSE 对象.....	12
图 1-14 域内路径计算流程图.....	13
图 1-15 Stateful PCE 举例组网.....	14
图 1-16 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV.....	16
图 1-17 SR PCE Capability sub-TLV.....	17
图 1-18 SR-ERO Subobject.....	18
图 1-19 SR-RRO Subobject.....	19
图 1-20 TE-PATH-BINDING TLV.....	20
图 1-21 IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV.....	21
图 1-22 PCE-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程.....	22
图 1-23 PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程（ Stateless Bringup 模式 ）.....	23
图 1-24 PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程（ Stateful Bringup 模式 ）.....	24
图 1-25 SRPOLICY-POL-ID TLV.....	25
图 1-26 SRPOLICY-POL-NAME TLV.....	26
图 1-27 SRPOLICY-CPATH-ID TLV.....	26
图 1-28 SRPOLICY-CPATH-NAME TLV.....	27
图 1-29 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV.....	28
图 1-30 PATH-ATTRIB 对象格式.....	28
图 1-31 MULTIPATH-WEIGHT TLV.....	29
图 1-32 METRIC 对象.....	30
图 1-33 LSPA 对象.....	31

图 1-34 IPv4 prefix 子对象.....	32
图 1-35 EXRS 子对象.....	32
图 1-36 BANDWIDTH 对象.....	33
图 1-37 BU 对象.....	33
图 1-38 AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV.....	34
图 1-39 AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV.....	35
图 1-40 Sample-Interval Sub-TLV.....	36
图 1-41 Adjustment-Interval Sub-TLV.....	36
图 1-42 Down-Adjustment-Interval Sub-TLV.....	37
图 1-43 Adjustment-Threshold Sub-TLV.....	38
图 1-44 Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV.....	38
图 1-45 Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV.....	39
图 1-46 Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV.....	40
图 1-47 Minimum-Bandwidth Sub-TLV.....	40
图 1-48 Maximum-Bandwidth Sub-TLV.....	41
图 1-49 Overflow-Threshold Sub-TLV.....	42
图 1-50 Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV.....	42
图 1-51 Underflow-Threshold Sub-TLV.....	43
图 1-52 Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV.....	44
图 1-53 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV.....	45
图 1-54 SRv6 PCE Capability sub-TLV.....	46
图 1-55 SRv6-ERO Subobject.....	47
图 1-56 SRv6-RRO Subobject.....	49
图 1-57 TE-PATH-BINDING TLV.....	50
图 1-58 Binding Type 为 3 时 TE-PATH-BINDING TLV 的格式.....	51
图 1-59 PCE-Initiated SRv6 TE Policy 的基本创建流程.....	52
图 1-60 SRPOLICY-POL-ID TLV.....	53
图 1-61 SRPOLICY-CPATH-ID TLV.....	54
图 1-62 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV.....	55
图 1-63 PATH-ATTRIB 对象格式.....	55
图 1-64 MULTIPATH-WEIGHT TLV.....	56
图 1-65 PCE 架构.....	58

表格目录

表 1-1 PCEP 消息..... 4

表 1-2 Stateful PCE 模式下 PCEP 对象..... 5

表 1-3 PCEP 通用消息头字段的解释..... 6

表 1-4 OPEN 对象字段的解释..... 6

表 1-5 RP 对象字段的解释..... 7

表 1-6 END-POINTS 对象字段的解释..... 8

表 1-7 NO-PATH 对象字段的解释..... 9

表 1-8 LSP 对象字段的解释..... 9

表 1-9 SRP 对象字段的解释..... 10

表 1-10 NOTIFICATION 对象字段的解释..... 11

表 1-11 ERROR 对象字段的解释..... 12

表 1-12 CLOSE 对象字段的解释..... 12

表 1-13 域内路径计算流程..... 13

表 1-14 PCEP 针对 SR-MPLS 的 TLV 扩展..... 16

表 1-15 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV 字段的解释..... 16

表 1-16 SR PCE Capability sub-TLV 的字段解释..... 17

表 1-17 SR-ERO Subobject 字段的解释..... 18

表 1-18 TE-PATH-BINDING TLV 字段的解释..... 20

表 1-19 IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV 字段的解释..... 21

表 1-20 SRPOLICY-POL-ID TLV 的字段解释..... 25

表 1-21 SRPOLICY-POL-NAME TLV 的字段解释..... 26

表 1-22 SRPOLICY-CPATH-ID TLV 的字段解释..... 27

表 1-23 SRPOLICY-CPATH-NAME TLV 的字段解释..... 27

表 1-24 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV 的字段解释..... 28

表 1-25 PATH-ATTRIB 对象字段解释..... 28

表 1-26 MULTIPATH-WEIGHT TLV 的字段解释..... 29

表 1-27 METRIC 对象的字段解释..... 30

表 1-28 LSPA 对象的字段解释..... 31

表 1-29 IPv4 prefix 子对象的字段解释..... 32

表 1-30 EXRS 子对象的字段解释..... 32

表 1-31 BANDWIDTH 对象的字段解释..... 33

表 1-32 BU 对象的字段解释..... 34

表 1-33 AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV 字段的解释..... 34

表 1-34 AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV 字段的解释.....	35
表 1-35 AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV 包含的子 TLV.....	35
表 1-36 Sample-Interval Sub-TLV 字段的解释.....	36
表 1-37 Adjustment-Interval Sub-TLV 字段的解释.....	37
表 1-38 Down-Adjustment-Interval Sub-TLV 字段的解释.....	37
表 1-39 Adjustment-Threshold Sub-TLV 字段的解释.....	38
表 1-40 Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释.....	38
表 1-41 Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV 字段的解释.....	39
表 1-42 Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释.....	40
表 1-43 Minimum-Bandwidth Sub-TLV 字段的解释.....	41
表 1-44 Maximum-Bandwidth Sub-TLV 字段的解释.....	41
表 1-45 Overflow-Threshold Sub-TLV 字段的解释.....	42
表 1-46 Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释.....	42
表 1-47 Underflow-Threshold Sub-TLV 字段的解释.....	43
表 1-48 Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释.....	44
表 1-49 PCEP 针对 SRv6 的 TLV 扩展.....	45
表 1-50 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV 字段的解释.....	45
表 1-51 SRv6 PCE Capability sub-TLV 的字段解释.....	47
表 1-52 SRv6-ERO Subobject 字段的解释.....	48
表 1-53 SRv6-RRO Subobject 字段的解释.....	49
表 1-54 TE-PATH-BINDING TLV 字段的解释.....	50
表 1-55 Binding Type 为 3 时 TE-PATH-BINDING TLV 字段的解释.....	51
表 1-56 SRPOLICY-POL-ID TLV 的字段解释.....	53
表 1-57 SRPOLICY-CPATH-ID TLV 的字段解释.....	54
表 1-58 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV 的字段解释.....	55
表 1-59 PATH-ATTRIB 对象字段解释.....	55
表 1-60 MULTIPATH-WEIGHT TLV 的字段解释.....	56

1 配置

1.1 路径控制

1.1.1 PCEP 配置

1.1.1.1 PCEP 特性描述

1.1.1.1.1 PCEP 介绍

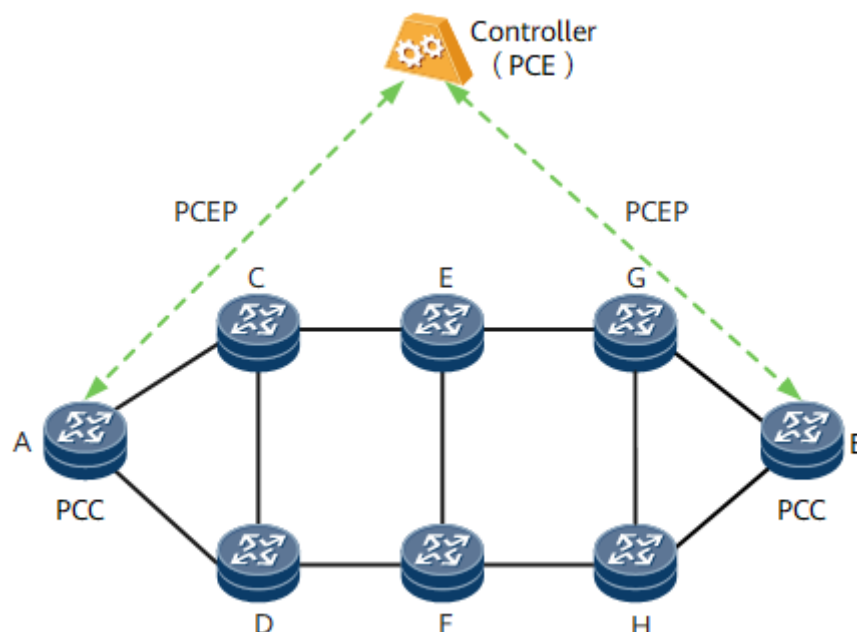
定义

PCE最早是为了解决大型的多区域网络路径计算问题被提出，通过PCE可以为TE计算跨域路径。如图1-1所示，PCE架构包含如下3个部分：

1. PCE（Path Computation Element，路径计算单元）：PCE是能够基于网络拓扑信息计算满足约束的路径的部件。PCE可以部署在路由设备中，也可以部署在一个独立的服务器中。大多数时候，将PCE和控制器集成在一起。
2. PCC（Path Computation Client，路径计算客户端）：PCC是请求路径计算单元执行路径计算的客户端应用程序。PCC向PCE发送路径请求，并接受PCE返回的路径计算结果。一般情况下，路由设备集成了PCC功能，可以认为路由设备是PCC。
3. PCEP（Path Computation Element Protocol，路径计算单元通信协议）：PCEP是PCC和PCE之间的通信协议。

PCEP是IETF PCE工作组定义的基于TCP的协议，定义了一组消息和对象，用于管理PCEP会话，以及为多域流量工程LSP（TE LSP）请求和发送路径。它为PCE给PCC的跨域LSP执行路径计算提供了一种机制。PCEP交互包括PCC向PCE发送的LSP状态报告，以及PCE对外部LSP的更新。

图 1-1 PCE 架构



有状态PCE（Stateful PCE）是PCE的一个重要扩展。Stateful PCE不仅维护用于路径计算的拓扑信息和TE信息，而且会保留TE路径的信息，这样在路径计算的时候可以基于现有的TE路径实现全网的优化，而不仅仅是简单地计算一个满足约束条件的路径。Stateful PCE有Passive和Active两种模式：

- Passive Stateful PCE：PCE通过从PCC学习到的LSP状态信息进行路径计算优化，不主动更新LSP状态。PCC与PCE保持同步。
- Active Stateful PCE：PCE可以主动向网络下发关于路径的建议，更新路径，例如，Active Stateful PCE可以通过授权机制将PCC对LSP的控制权委托给PCE，由此PCE可以更新PCC中的LSP参数。

目的

PCEP是控制器（用作PCE）和转发器（用作PCC）之间的通信协议，配合控制器集中算路，可以实现路径全局最优，达到充分利用网络资源的目的。

受益

PCEP技术可以给用户带来如下受益：

- PCEP能够进行端到端的最优路径计算，使得承载的业务路径最优化。
- PCEP能够进一步提高网络的带宽资源利用率，有利于用户对网络资源的优化利用，且部署维护更简单。
- PCEP支持对TE网络拓扑信息和隧道约束进行的集中配置和管理，有利于简化网络的运维。

1.1.1.1.2 PCEP 原理描述

PCEP 基本原理

PCEP 实现过程

首先需要进行**PCE成员发现**。成员发现完毕后，PCC与PCE Server之间会建立**PCEP会话**，以便进行相关的信息交互。当用户触发建立TE隧道时，Ingress节点作为PCC，将向PCE Server发送路径计算请求，并等待PCE Server返回计算结果。相较于IETF PCE，NetEngine 8000支持对算路结果进行人工审核和设备自动审核。审核通过后，PCE Server会将结果返回给PCC。Client将根据结果建立LSP。

PCE 成员发现

PCC在向PCE提交路径计算请求前需要发现一个可用的PCE，而PCE只是计算过程中的被动方，并不需要主动地去发现PCC。用户需要在PCC上指定PCE的IP地址，PCC将根据此地址与PCE建立连接关系。用户可以为同一个PCC配置多个候选PCE Server，PCC会根据优先级和源IP优选一个作为最终的算路Server，首选优先级高的，如果优先级相同，则选择源IP地址小的。同时，其他的候选Server会成为备份，如果算路Server发生了故障，PCC会自动进行Server的切换。

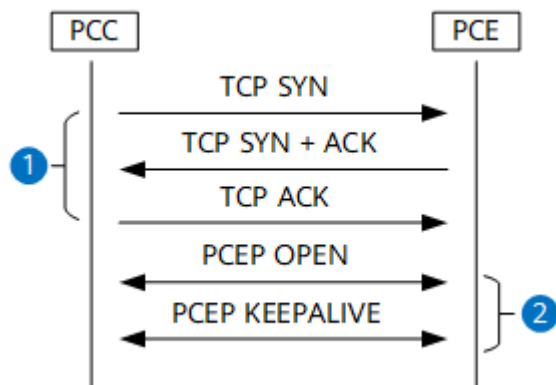
PCEP 会话

PCC与PCE之间以及不同域的PCE之间将建立PCEP会话。会话建立完成后，PCC与PCE之间以及不同域的PCE之间将在此会话基础上，进行路径计算请求及结果的交互。

PCEP会话的建立流程如**图1-2**所示。

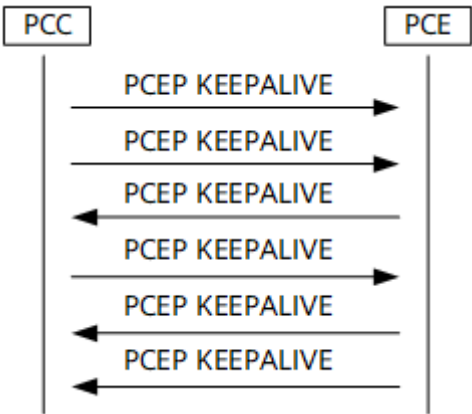
1. PCC会主动向PCE Server发起TCP请求，通过三次握手，建立TCP链接。
2. PCC与PCE Server之间会互相发送PCEP Open消息进行会话的初始化协商。协商成功后，双方会互发PCEP Keepalive消息表示接受对方会话参数，至此会话建立完毕。

图 1-2 PCEP 会话建立



PCEP会话的维护流程如**图1-3**所示。PCC和PCE Server之间会周期性的发送Keepalive消息来维护PCEP会话，直至会话关闭为止，两者的发送是独立。任一方只要在固定周期内没有接收到对方的Keepalive消息，则认为会话中断。

图 1-3 PCEP 会话维护



PCEP通过Close消息来终止PCEP的会话，PCC或PCE Server都可以作为终止会话的发起方。

PCEP 消息

总体上，PCEP消息类型及其作用如表1-1所示。

表 1-1 PCEP 消息

消息名称	作用
Open	用于建立PCEP会话，描述PCEP能力信息
Keepalive	用于描述PCEP会话保活信息，用于维持PCEP会话保持活动状态
PCReq	由PCC发向PCE，用于请求算路
PCRep	用于PCE回复PCC的算路请求
PCRpt	由PCC发给PCE，用于报告LSP状态
PCUpd	由PCE发给PCC，用于更新LSP属性
PCInitiate	由PCE主动发给PCC，用于主动初始化路径
PCErr	用于通知PCEP对端请求不符合PCEP规范或条件错误
PCNtf	由PCE发给PCC，用于通告PCE状态
Close	用于关闭PCEP会话

每一个消息中可能会包含一个或多个Object（对象），用于描述特定的功能，比如OPEN和LSP。Stateful PCE模式下详细的Object种类如表1-2所示。

表 1-2 Stateful PCE 模式下 PCEP 对象

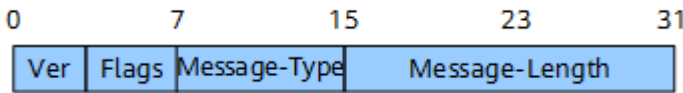
Object (对象)	作用	携带位置
OPEN	用于建立PCEP会话，协商各种业务能力	Open消息、PCErr消息
SRP (Stateful PCE Request Parameters, 有状态PCE请求参数)	用于关联PCE发送的更新请求和PCC发送的错误报告和状态报告	PCInitiate/PCRpt/PCUpd/PCErr消息
LSP (LSP Attributes, LSP属性)	用于携带LSP标识信息	PCInitiate/PCRpt/PCReq/PCRep/PCUpd消息
IRO (Include Route Object, 包含路由对象)	用于指定计算的路径必须经过一组指定的网元	PCReq/PCRep
ERO (Explicit Route Object, 显式路由对象)	用于携带PCE计算的路径信息。ERO对象里包含一些子对象，例如SR-ERO和SRv6-ERO等	PCInitiate/PCRpt/PCRep/PCUpd消息
RRO (Record Route Object, 记录路由对象)	用于携带PCC的实际路径信息。RRO对象里包含一些子对象，例如SR-ERO和SRv6-ERO等	PCRpt消息
ERROR	用于携带错误信息	PCErr消息
NOTIFICATION	用于通告PCE状态	PCNtf消息
CLOSE	用于关闭PCEP会话	Close消息
RP (Request Parameters, 请求参数)	用于关联PCC发送的算路请求和PCE返回的算路结果	PCReq/PCRep消息
NO-PATH	用于PCE返回无算路结果	PCRep消息

PCEP 消息格式

PCEP通用消息头

PCEP通用消息头格式如图1-4所示。

图 1-4 PCEP 通用消息头



PCEP通用消息头字段的解释如表1-3所示。

表 1-3 PCEP 通用消息头字段的解释

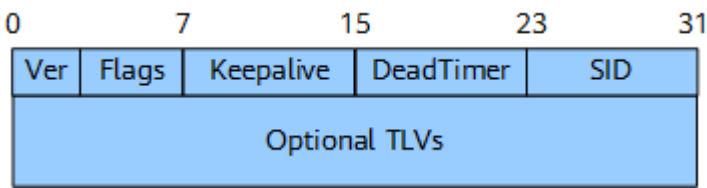
字段名	长度	含义
Ver	3比特	PCEP版本，当前是版本1
Flags	5比特	当前未定义
Message-Type	8比特	PCEP消息类型： <ul style="list-style-type: none">• 1: Open• 2: Keepalive• 3: PCReq• 4: PCRep• 5: PCNtf• 6: PCErr• 7: Close• 10: PCRpt• 11: PCUpd• 12: PCInitiate
Message-Length	16比特	包括PCEP通用消息头在内的PCEP消息的总长度，以字节为单位

Open消息

Open消息的格式是：PCEP通用消息头 + OPEN对象。

OPEN对象的格式如图1-5所示。

图 1-5 OPEN 对象



OPEN对象字段的解释如表1-4所示。

表 1-4 OPEN 对象字段的解释

字段名	长度	含义
Ver	3比特	PCEP版本，当前是版本1
Flags	5比特	当前未定义
Keepalive	8比特	保活时间间隔

字段名	长度	含义
DeadTimer	8比特	保持定时器，在此时间内如果没有收到PCEP消息，PCEP对等体可以宣布关闭与Open消息发送者的会话。 例如：A向B发送Open消息，其中Keepalive=10秒，DeadTimer=40秒。这意味着A每10秒向B发送一次保活消息（或任何其他PCEP消息），如果在任何40秒内没有从A收到PCEP消息，B可以声明与A关闭的PCEP会话。
SID	8比特	PCEP会话ID
Optional TLVs	长度可变	支持的TLV

Keepalive消息

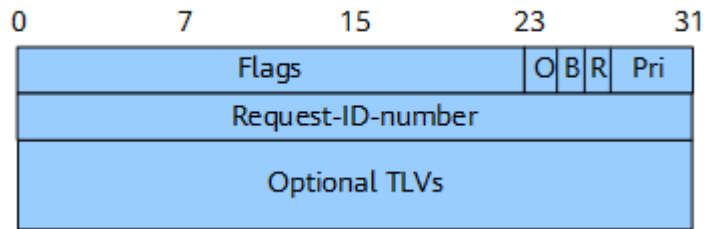
Keepalive消息只有PCEP通用消息头，不含任何对象。Keepalive消息按照协商好的保活时间间隔发送。

PCReq消息

PCRep消息的格式是：PCEP通用消息头 + 对象列表。PCRep消息里必须携带RP对象和END-POINTS对象，还有其他一些可选对象，例如LSPA对象、RRO对象、IRO对象等。

RP对象的格式如图1-6所示。

图 1-6 RP 对象



RP对象字段的解释如表1-5所示。

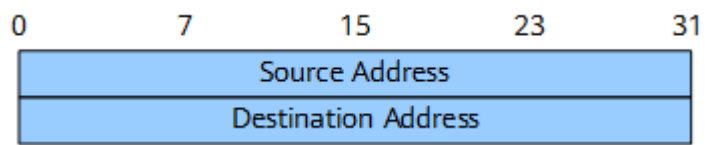
表 1-5 RP 对象字段的解释

字段名	长度	含义
Flags	32比特	标志位： O：严格或松散跳（strict/loose） B：双向（Bi-directional） R：重优化（Reoptimization） Pri：由PCC向PCE指定请求的优先级（Priority）
Request-ID-number	32比特	请求的ID值

字段名	长度	含义
Optional TLVs	长度可变	支持的TLV

END-POINTS对象指定了需要计算的路径的源地址和目的地址（Endpoint）。END-POINTS对象的格式如图1-7所示。

图 1-7 END-POINTS 对象



END-POINTS对象字段的解释如表1-6所示。

表 1-6 END-POINTS 对象字段的解释

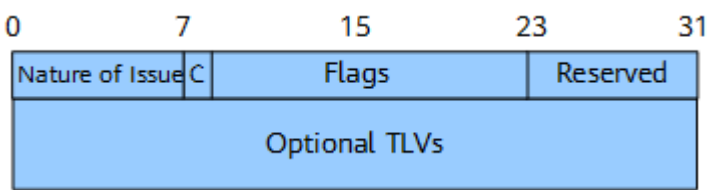
字段名	长度	含义
Source Address	32比特/128比特	源地址： <ul style="list-style-type: none">IPv4格式：32比特IPv6格式：128比特
Destination Address	32比特/128比特	目的地址： <ul style="list-style-type: none">IPv4格式：32比特IPv6格式：128比特

PCRep消息

PCRep消息的格式是：PCEP通用消息头 + 对象列表。PCRep消息里必须携带RP对象，如果路径计算成功，可以携带ERO对象；如果路径计算失败，携带NO-PATH对象。PCRep消息还有其他一些可选对象，例如LSPA对象、IRO对象等。

RP对象在PCReq消息里已经介绍。NO-PATH对象的格式如图1-8所示。

图 1-8 NO-PATH 对象



NO-PATH对象字段的解释如表1-7所示。

表 1-7 NO-PATH 对象字段的解释

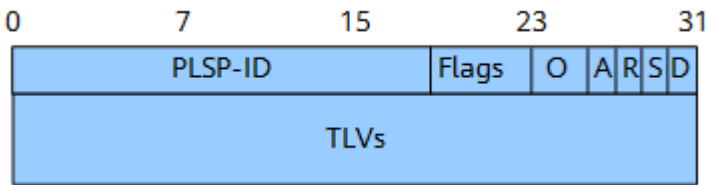
字段名	长度	含义
Nature of Issue	8比特	用于报告No-Path原因
Flags	16比特	标志位。C标志置位时，PCRep消息包括相关的PCEP对象，用来说明找不到路径的原因
Reserved	8比特	预留字段
Optional TLVs	长度可变	支持的TLV

PCRpt消息

PCRpt消息的格式是：PCEP通用消息头 + LSP对象 + ERO对象 + 其他对象。PCRpt消息里SRP对象是可选的。

LSP对象的格式如图1-9所示。

图 1-9 LSP 对象



LSP对象字段的解释如表1-8所示。

表 1-8 LSP 对象字段的解释

字段名	长度	含义
PLSP-ID	20比特	LSP的PCEP特定标识符
Flags	12比特	标志位： O：可操作（Operational）标记 A：管理（Administrative）标记 R：清除（Remove）标记 S：状态同步（Synchronization）标记 D：托管（Delegate）标记
TLVs	长度可变	支持的TLV，例如LSP-IDENTIFIERS TLV等

PCUpd消息

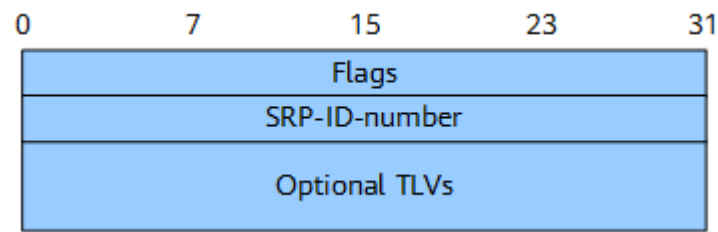
PCUpd消息的格式是：PCEP通用消息头 + SRP对象 + LSP对象 + ERO对象 + 其他补充信息。

PCInitiate消息

PCInitiate消息的格式是：PCEP通用消息头 + SRP对象 + LSP对象 + 其他补充信息。

SRP对象的格式如图1-10所示。

图 1-10 SRP 对象



SRP对象字段的解释如表1-9所示。

表 1-9 SRP 对象字段的解释

字段名	长度	含义
Flags	32比特	标志位
SRP-ID-number	32比特	标识PCE请求PCC对给定LSP执行的操作。每次向PCC发送新请求时，SRP-ID-number都会递增
TLVs	长度可变	支持的TLV 例如LSP-IDENTIFIERS TLV等，其中IPv4类型的LSP-IDENTIFIERS TLV请参考图1-21

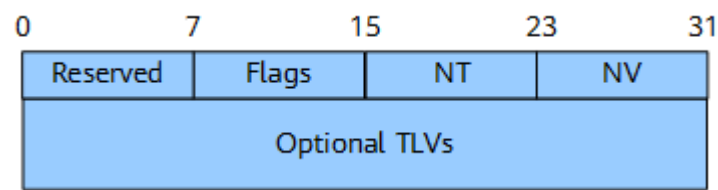
PCNtf消息

PCNtf消息的格式是：PCEP通用消息头 + NOTIFICATION对象 +其他补充信息。

PCEP NOTIFICATION对象可以由PCE发送到PCC，也可以由PCC发送到PCE，以通知特定事件。PCC支持PCE拥塞状态通知和Stateful PCE资源超限。

NOTIFICATION对象的格式如图1-11所示。

图 1-11 NOTIFICATION 对象



NOTIFICATION对象字段的解释如表1-10所示。

表 1-10 NOTIFICATION 对象字段的解释

字段名	长度	含义
Reserved	8比特	预留字段
Flags	8比特	当前未定义
NT	8比特	Server端通知的类型 <ul style="list-style-type: none">• 1: 取消算路请求• 2: PCE拥塞• 4: Stateful PCE资源超限• 5: 自动带宽拥塞
NV	8比特	用于4字节对齐
Optional TLVs	长度可变	支持的TLV: 例如OVERLOADED-DURATION TLV <ul style="list-style-type: none">• Type: 2• Length: 4字节• Value: PCE拥塞的时间, 单位: 秒

PCC收到PCE的NT=2, 表示当前PCE进入拥塞状态, 会根据NV值进行处理:

- NV=1: PCE进入拥塞状态, 如果携带OVERLOADED-DURATION TLV, 则表示PCE进入拥塞状态的时间。PCC收到此通知后, 新增的托管业务, 不会向PCE请求托管, 原来上报过状态的表项不受影响, 可以继续上报状态给PCE。
- NV=2: PCE退出拥塞状态。PCC收到此通知或者拥塞定时器超时后, 原来阻塞的托管请求会继续向PCE发送。

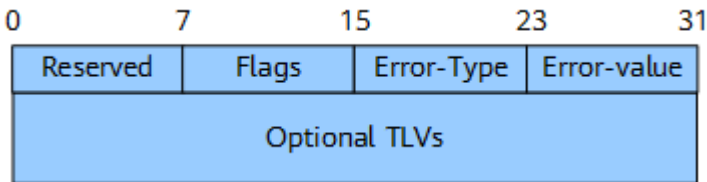
PCC收到PCE的NT=4, 表示当前PCE进入资源超限状态, 此时PCE会中断会话, PCC收到会话关闭时, 会记录会话Down的原因是: Stateful PCE resource limit exceeded。

PCErr消息

PCErr消息的格式是: PCEP通用消息头 + ERROR对象 + 其他补充信息。

ERROR对象的格式如[图1-12](#)所示。

图 1-12 ERROR 对象



ERROR对象字段的解释如[表1-11](#)所示。

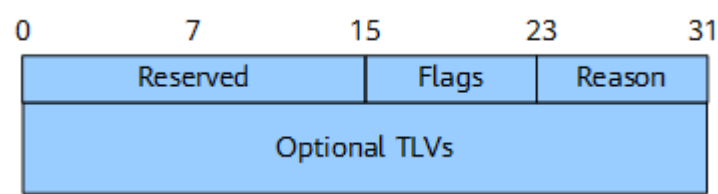
表 1-11 ERROR 对象字段的解释

字段名	长度	含义
Reserved	8比特	预留字段
Flags	8比特	当前未定义
Error-Type	8比特	错误类型
Error-value	8比特	错误的详细信息
Optional TLVs	长度可变	支持的TLV

Close消息

Close消息的格式是：PCEP通用消息头 + CLOSE对象。
CLOSE对象的格式如图1-13所示。

图 1-13 CLOSE 对象



CLOSE对象字段的解释如表1-12所示。

表 1-12 CLOSE 对象字段的解释

字段名	长度	含义
Reserved	16比特	预留字段
Flags	8比特	当前未定义
Reason	8比特	关闭PCEP会话的原因
Optional TLVs	长度可变	支持的TLV

PCEP for MPLS TE

当前MPLS TE隧道的路径计算是由隧道的Ingress节点采用CSPF算法根据TEDB计算得到的。对于一个MPLS TE网络来说，会有多条隧道，通常不同隧道的Ingress节点也不相同，各个Ingress节点的算路都是独立的，这导致每一个节点算路时并不能考虑到全网的资源利用情况，引起全网的资源利用不能最优化。

PCEP for MPLS TE可以解决上述问题。PCEP for MPLS TE包含Server和Client两种角色。Server是路径计算的完成方，存储了整网的路径信息。Client为算路请求的发起

方，即隧道的Ingress节点。Server会根据整网的资源情况进行路径计算，最终达到整网资源的最优化。

相关概念

PCE Server: PCE Server由相关标准规定，是一个能够根据网络拓扑信息计算网络路径或约束路由的实体。PCE实体可以是一个应用程序，一个网络节点或者是一台服务器。MPLS TE中的PCE能够响应网络中隧道入节点的计算请求，根据网络的TEDB计算出TE LSP的最优约束路径。

域: PCE中提到的域（domain），可以是IGP的区域（area）也可以是BGP中的AS。当前NetEngine 8000只支持IGP的域。

LSP DB: LSP DB（LSP State Database），包含整网LSP的属性信息的数据库，这些数据信息是PCC向PCE Server通告的。

域内路径计算

PCE域内路径计算仅仅涉及PCC和PCE之间的信息交互。假定整网已经形成了一致的TEDB并且PCEP会话已经建立完毕，则PCE域内路径计算的简要流程如图1-14所示。详细流程描述请参见表1-13中的描述。

图 1-14 域内路径计算流程图

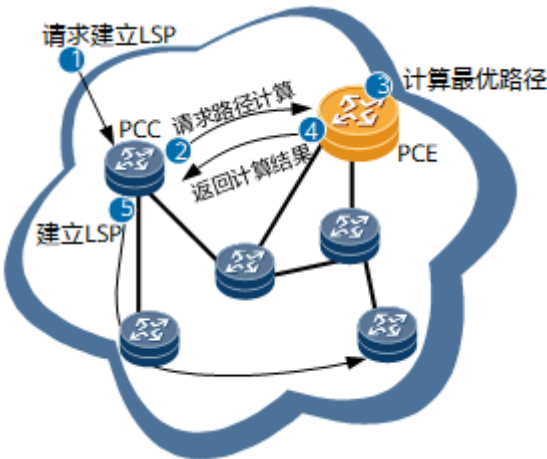


表 1-13 域内路径计算流程

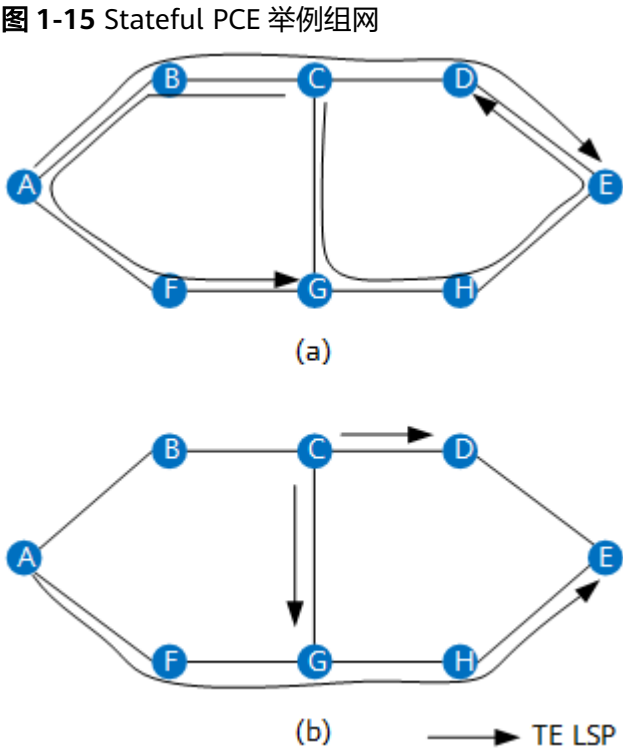
流程序号	说明
1	如图1-14所示，用户通过配置触发Ingress（即为PCC）请求建立LSP。
2	Ingress向PCE Server发送PCEP Report消息，请求PCE进行LSP托管及路径计算。
3	PCE Server收到Report消息后，保存LSP信息到LSP DB。根据TEDB和本地策略触发路径计算或全局优化算路
4	PCE Server计算完毕后，如果计算结果审核通过，则PCE Server通过Update消息将计算结果返回给Ingress。

流程序号	说明
5	Ingress按照计算结果发起RSVP信令，进行路径建立。

为了进一步提高网络的带宽资源利用率和简化网络的运维，NetEngine 8000还实现了**Stateful PCE及LSP重优化**以及**TE网络信息的集中配置和管理**。

Stateful PCE 及 LSP 重优化

MPLS TE的目标是合理分配网络资源，提高网络的带宽利用率。但是现有的TE LSP的建立机制并不能完美的达到这个目的。以图1-15为例，假设各链路的带宽都为10G，A-E的LSP所需带宽为6G，C-D的8G，C-G的为4G，且A-E的LSP的建立优先级高于其他两条LSP。在没有Stateful PCE情况下，由于C-D之间的链路小于12G且C-D的LSP优先级低于A-E的LSP，因此三条LSP的建立情况会是（a）中的情况。很明显，仅有三条LSP就占用了整网所有的链路。



针对以上问题，NetEngine 8000实现了Stateful PCE技术，以便在现有技术基础上进一步提高网络的带宽利用率。Stateful PCE通过构建LSP DB来监控网络中LSP的状态（带宽分配情况，LSP建立情况等），并结合LSP DB和TEDB来一起从网络的全局进行LSP路径的最优计算。

如图1-15中，采用了Stateful PCE后，三条LSP的建立情况是(b)中的情况。其中A-B、B-C以及D-E之间链路全部空闲了出来，从全局来看，优化了整网的带宽利用。

Stateful PCE通过构建LSP DB来监控网络中LSP的状态（带宽分配情况，LSP建立情况等）。在使能Stateful PCE后，PCC和PCE间会进行LSP DB的同步，最终会形成全网一

致的LSP DB。PCE在计算路径时会根据TEDB和LSP DB所提供的信息来共同计算每条LSP所要经过的路径，从全局上来进行带宽资源的分配。Stateful PCE包含以下两种模式：

- Active Stateful PCE：此模式下，PCE在为LSP做路径计算的同时，还会主动更新其名下所托管的LSP的状态和参数。
- Passive Stateful PCE：此模式下，PCE仅仅会为LSP做路径计算，PCE不会主动更新其名下所托管的LSP的状态和参数。

TE 网络信息的集中配置和管理

Stateful PCE支持在Server端集中的配置和管理TE网络的拓扑信息及隧道属性，这样做更有利于对网络的管理和运维。配置后，PCE Server算路时会采用本地配置的拓扑信息以及隧道属性进行算路。

PCEP for SR-MPLS TE Policy

随着SDN的发展和Segment Routing技术的兴起，PCEP又出现了针对Segment Routing的相关扩展，可以很好地支持集中式SR-MPLS TE Policy。Segment Routing能提供与RSVP-TE相同的显式指定路径的能力，并且由于不需要在中间节点维护基于流的状态，具有比RSVP-TE更好的扩展性。另一方面，正是因为中间节点不维护状态，导致Segment Routing缺乏在头节点根据带宽使用情况进行算路的能力。

基于PCE的Segment Routing能够解决这一问题，因为PCE存储了整网的拓扑信息、TE信息以及路径信息，所以能够根据整网的资源情况进行路径计算，达到优化整网资源的目的。

根据路径计算请求发出对象不同，可将PCEP for SR-MPLS TE Policy分为两种：

- PCE-Initiated SR-MPLS TE Policy：PCE向PCC头节点发送PCInitiate消息，创建SR-MPLS TE Policy路径。
- PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy：PCC向PCE发起SR-MPLS TE Policy算路请求，PCE返回算路结果到PCC头节点。PCC分配Symbolic Path Name作为SR-MPLS TE Policy Candidate Path的标识。PCC头节点发送PCRpt消息给PCE，托管SR-MPLS TE Policy，托管后，如果网络拓扑等发生变化，PCE可以下发SR-MPLS TE Policy路径更新。PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy目前支持Stateful PCE，Stateful PCE区分为Stateless Bringup和Stateful Bringup两种模式，前者由PCC直接向PCE发起算路请求，获得SR-MPLS TE Policy算路结果后，再托管给控制器；后者是PCC将SR-MPLS TE Policy直接托管给PCE，PCE计算路径，再发送给PCC更新SR-MPLS TE Policy路径。

PCEP 针对 SR-MPLS 的扩展

PCEP针对SR-MPLS的扩展主要分为3部分：支持SR-MPLS的PATH-SETUP-TYPE新类型，用于通告支持SR-MPLS能力的SR PCE Capabilities sub-TLV和用于携带SR-MPLS SID的SR-MPLS ERO和SR-MPLS RRO Subobject，具体如表1-14所示。

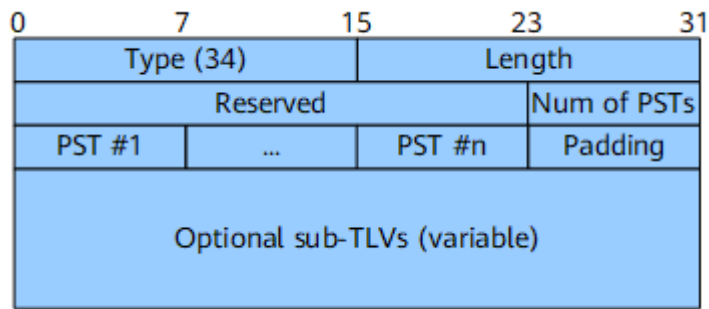
表 1-14 PCEP 针对 SR-MPLS 的 TLV 扩展

类型	名称	作用	携带位置
Type	SR Path Setup Type (PST)	用于表示通过SR-MPLS创建的TE路径	PATH-SETUP-TYPE TLV和PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV
Sub-TLV	SR PCE Capabilities sub-TLV	用于通告SR-MPLS能力	PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV中
Subobject	SR-ERO subobject	用于携带PCE计算的路径信息	ERO对象中
	SR-RRO subobject	用于携带PCC的实际路径信息	RRO对象中

PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV

建立PCEP连接时，PCC和PCE之间需要通过OPEN消息通告各自支持的能力，比如支持创建的路径类型。支持创建路径的能力由PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV描述，其格式如图1-53所示。

图 1-16 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV



PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV各字段的解释如表1-50所示。

表 1-15 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Reserved	24比特	预留字段
Num of PSTs	8比特	TLV中总共携带的PST的数目

字段名	长度	含义
PST #n	8比特	表示支持的路径创建类型（ Path Setup Type， PST ）： <ul style="list-style-type: none">• 0： RSVP-TE• 1： Segment Routing• 3： SRv6
Padding	长度可变	用于4字节对齐
Optional sub-TLVs	长度可变	可选的sub-TLV

为支持SR-MPLS，PCEP引入了新的路径创建类型用于标识SR-MPLS路径，其类型值为1。此外，PCEP还定义了SR-MPLS PCE Capability sub-TLV，用于详细描述支持SR-MPLS的能力。

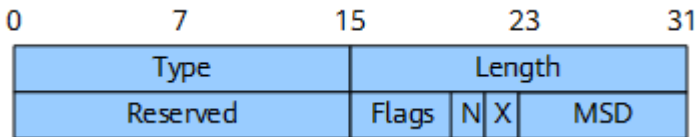
在能力通告时，如果PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV携带类型值为1的PST，则表示支持SR-MPLS路径的建立，此时PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV必须携带一个SR-MPLS PCE Capability sub-TLV，用于详细描述支持的SR-MPLS能力。

此外，在请求路径计算时，Stateful PCE Request Parameters (SRP) object需携带Path-SETUP-TYPE TLV，描述路径的类型。为支持SR-MPLS的算路请求，同样也扩展了新的PST支持SR-MPLS，类型值同样为1。

SR PCE Capability sub-TLV

SR PCE Capability sub-TLV详细描述了支持的SR-MPLS能力，格式如图1-17所示。

图 1-17 SR PCE Capability sub-TLV



SR PCE Capability sub-TLV各字段的解释如表1-16所示。

表 1-16 SR PCE Capability sub-TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Reserved	16比特	预留字段

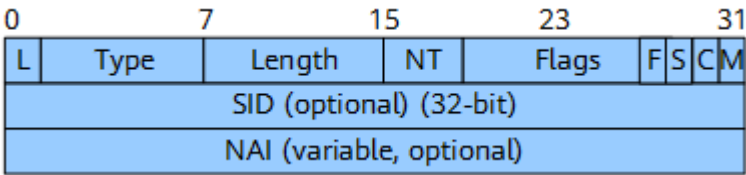
字段名	长度	含义
Flags	8比特	标志位。其中： <ul style="list-style-type: none">N：如果取值为1，标识该PCC节点具备解析节点或邻接ID（NAI）到SR-MPLS SID的能力；X：如果取值为1，标识该PCC节点没有任何MSD限制。
MSD	8比特	最大SID栈的深度。

SR-ERO Subobject

在PCEP中，ERO由一系列的Subobject组成，用于描述路径。为了携带SR-MPLS SID和NAI（邻接标识符，Node or Adjacency Identifier），抑或是其中之一，PCEP定义了一个新的子对象，称为“SR-ERO Subobject（SR-ERO子对象）”。NAI与SR-MPLS SID关联，可与通过NAI解析到对应的SR-MPLS SID。

SR-ERO subobject可以由PCInitiate/PCUpd/PCRpT消息携带，其格式如图1-18所示。

图 1-18 SR-ERO Subobject



SR-ERO Subobject各字段的解释如表1-17所示。

表 1-17 SR-ERO Subobject 字段的解释

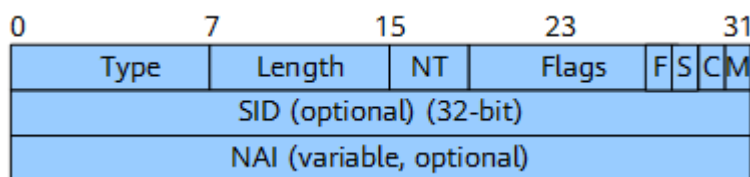
字段名	长度	含义
L	1比特	Loose Hop标记
Type	7比特	类型
Length	8比特	长度
NT	4比特	NT表示NAI类型（NAI Type）： <ul style="list-style-type: none">NT = 0：NAI为空；NT = 1：NAI是IPv4 Node ID；NT = 3：NAI是IPv4 Adjacency ID；NT = 5：NAI是携带IPv4 Node ID的无编号Adjacency。

字段名	长度	含义
Flags	12比特	标志位，其中： <ul style="list-style-type: none"> • M标记：如果取值为1，标识SID标签绝对值，否则表示SID索引； • C标记：如果M位和C位都设置为1，则MPLS标签栈表项中的TC、S、TTL字段由PCE决定。但是，PCC可以选择根据其本地策略和MPLS转发规则覆盖这些值。如果M位设置为1，但C位设置为零，则PCC必须忽略TC、S和TTL字段。PCC必须根据其本地策略和MPLS转发规则设置这些字段。如果M位设置为零，则C位必须设置为零。 • S标记：当该位设置为1时，子对象中不存在SID值。在这种情况下，PCC负责选择SID值，子对象中必须有NAI，PCC通过NAI在SR-DB（SR数据库）中查找SID值。如果S位设置为1，则M和C位必须设置为零。 • F标记：如果取值为1，子对象中不存在NAI。如果NT=0,F位必须设置为1；否则，必须将其设置为零。S和F位不得都设置为1。
SID	32比特	表示SR-MPLS的SID，取值取决于M位。 可能包含以下内容之一： <ul style="list-style-type: none"> • 一个4字节的本地MPLS标签，最左边的20位用于标记标签值。 • SID/Label范围内的4字节的MPLS标签偏移值。
NAI	长度可变	SR-MPLS SID相应的NAI，和NT相对应，携带NT指示的详细信息。 <ul style="list-style-type: none"> • NT = 1：NAI是IPv4地址； • NT = 3：NAI包含本地IPv4地址和对端IPv4地址； • NT = 5：NAI包含本地Node ID、本地接口ID、对端Node ID和对端接口ID。

SR-RRO Subobject

RRO表示PCC应用的SID列表，即LSP所采取的实际路径。PCC上报LSP状态时使用此对象报告LSP的实际路径。为了携带SR-MPLS SID信息，PCEP定义了“SR-RRO subobject”。SR-RRO Subobject格式如图1-19所示，除了没有L字段以外，其他字段与SR-ERO Subobject一致。

图 1-19 SR-RRO Subobject

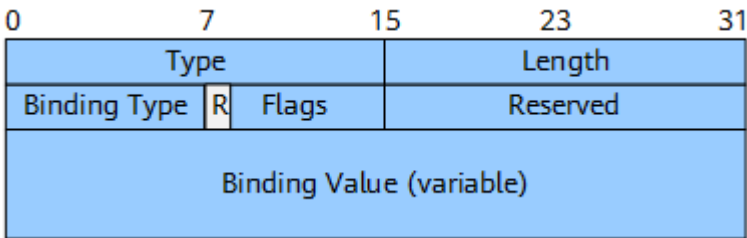


TE-PATH-BINDING TLV

TE-PATH-BINDING TLV用于携带SR-MPLS TE Policy路径的Binding SID（BSID）。这个TLV可以携带在LSP和ERROR object里。

TE-PATH-BINDING TLV格式如图1-20所示。

图 1-20 TE-PATH-BINDING TLV



TE-PATH-BINDING TLV格式介绍如表1-18所示。

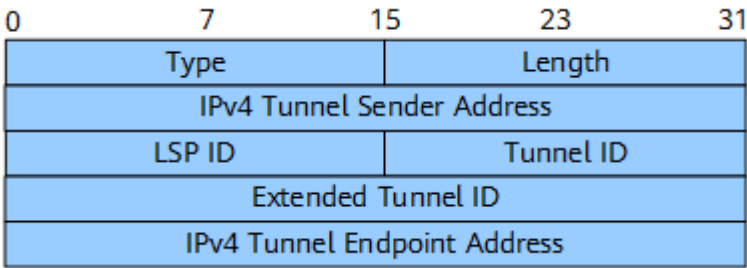
表 1-18 TE-PATH-BINDING TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Binding Type (BT)	8比特	Binding SID的类型： <ul style="list-style-type: none">BT = 0，表示Binding Value为一个20比特的MPLS标签，Length设置为7，并且用前20比特编码。BT = 1，表示Binding Value为一个32比特的MPLS标签，Length设置为8。BT = 2，表示Binding Value为一个SRv6 SID，Length设置为20。BT = 3，表示Binding Value为一个24字节，包括SRv6 SID、Behavior、Structure等，Length设置为28。
Flags	8比特	标志位。当前只有R标记： <ul style="list-style-type: none">当置位时，表示请求删除LSP的Binding Value。当不置位时，表示请求增加LSP的Binding Value。此标志用于PCRpt和PCUpd消息，其它消息忽略。
Reserved	16比特	预留字段
Binding Value	长度可变	Binding SID的取值，也即MPLS标签

IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV

IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV用来标识SR-MPLS TE Policy的Candidate-Path。IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV出现在PCRpt消息的LSP对象中。IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV的格式如图1-21所示。

图 1-21 IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV



IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV格式介绍如表1-19所示。

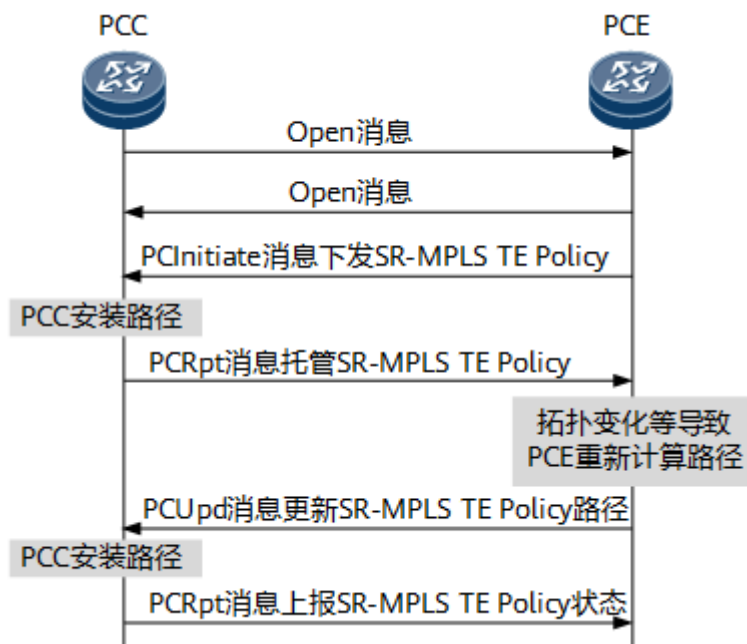
表 1-19 IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型。
Length	16比特	长度。
IPv4 Tunnel Sender Address	32比特	默认情况下填写LSR-ID。
LSP ID	16比特	SR-MPLS TE Policy不支持，固定填写为0
Tunnel ID	16比特	SR-MPLS TE Policy需要为每一个Candidate-Path申请一个Tunnel ID。
Extended Tunnel ID	32比特	同“IPv4 Tunnel Sender Address”，默认情况下填写LSR-ID。
IPv4 Tunnel Endpoint Address	32比特	SR-MPLS TE Policy的Endpoint地址。

PCE-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程

PCE-Initiated SR-MPLS TE Policy的基本创建流程如图1-22所示。

图 1-22 PCE-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程



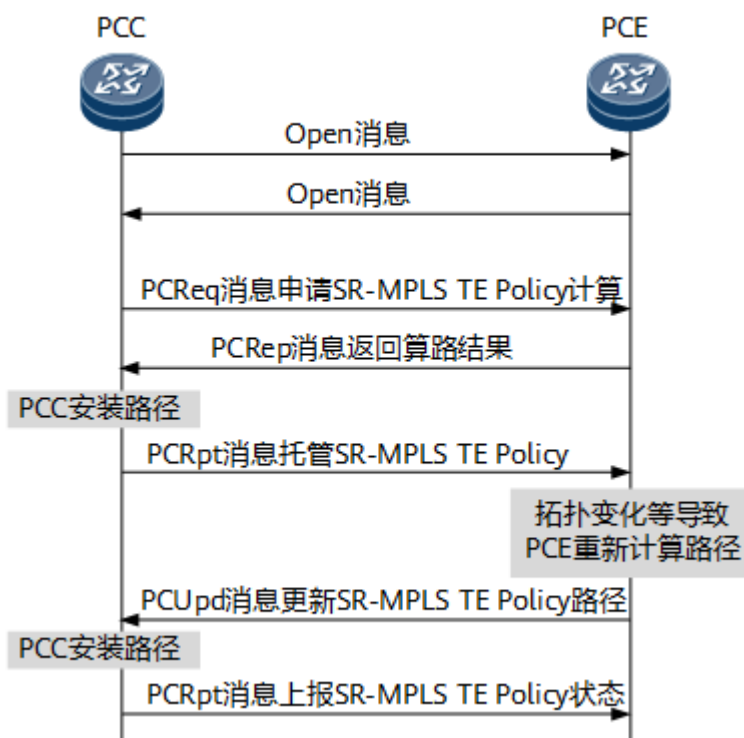
详细过程描述如下：

1. PCC和PCE通过互相发送Open消息，建立PCEP会话，同时协商支持的能力。SR-MPLS TE Policy使用SR PCE Capability sub-TLV，协商SR-MPLS能力。
2. PCE向PCC头节点发送PCInitiate消息，创建SR-MPLS TE Policy。
 - a. PCE分配Symbolic Path Name作为SR-MPLS TE Policy的Candidate Path（候选路径）在PCEP中的标识。
 - b. LSP对象中的PLSP-ID设置为0，表示该PLSP-ID不存在，需要PCC分配一个。
 - c. SR-MPLS TE Policy标识、候选路径标识和候选路径优先级等属性信息通过Association对象携带，SR-MPLS TE Policy下的所有Candidate Path属于相同的**SR Policy Association Group**。
 - d. 在ERO（Explicit Route Object，显式路由对象）中携带路径信息，SR-MPLS TE Policy使用SR-ERO子对象携带路径信息。
3. PCC头节点接收到PCE下发的路径信息后进行路径安装。并为Candidate Path申请PLSP-ID作为其标识。
4. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SR-MPLS TE Policy状态。PCRpt消息中，LSP对象的托管标记设置为1，标识将SR-MPLS TE Policy控制权托管给PCE；LSP对象中的Create标记设置为1，标识PCC创建了PCE触发的SR-MPLS TE Policy；PLSP-ID设置为PCC本地申请的唯一值。SR-RRO（Record Route Object，记录路由对象）子对象携带SR-MPLS TE Policy实际路径信息。
5. PCC已经将控制权托管给了PCE，网络中拓扑等信息变化会导致PCE重新计算路径。
6. PCE会将重新计算的路径信息通过PCUpd消息下发给PCC，使用PCC上报的PLSP-ID作为标识。
7. PCC头节点接收PCE下发的PCUpd消息后更新路径。
8. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SR-MPLS TE Policy状态。

PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程（Stateless Bringup 模式）

PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy的基本创建流程如图1-23所示。

图 1-23 PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程（Stateless Bringup 模式）



详细过程描述如下：

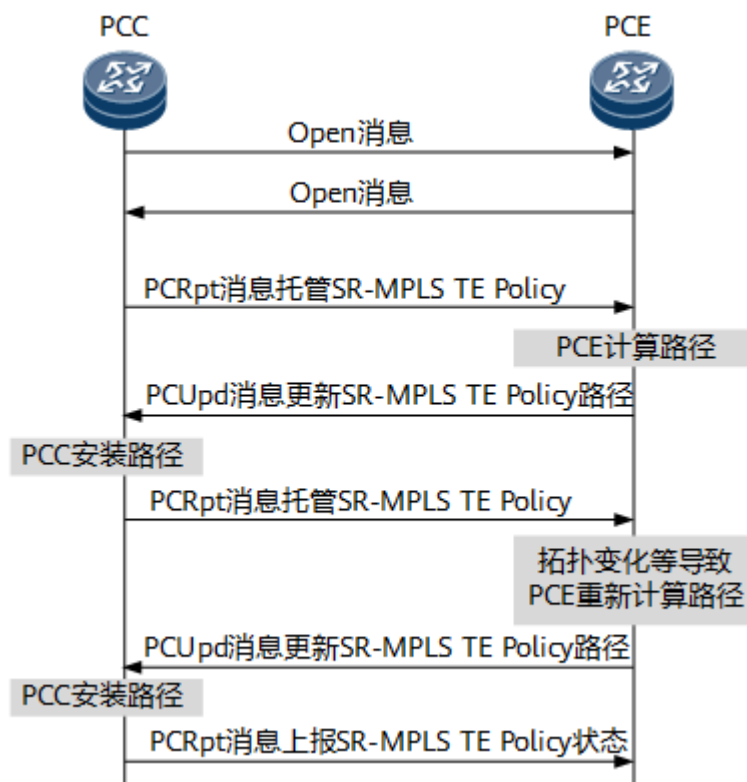
1. PCC和PCE通过互相发送Open消息，建立PCEP会话，同时协商支持的能力。SR-MPLS TE Policy使用SR PCE Capability sub-TLV，协商SR-MPLS能力。
2. PCC向PCE发送PCReq消息，申请SR-MPLS TE Policy路径计算。
3. PCE向PCC头节点发送PCRep消息，创建SR-MPLS TE Policy。
 - a. PCE分配Symbolic Path Name作为SR-MPLS TE Policy的Candidate Path（候选路径）在PCEP中的标识。
 - b. LSP对象中的PLSP-ID设置为0，表示该PLSP-ID不存在，需要PCC分配一个。
 - c. SR-MPLS TE Policy标识、候选路径标识和候选路径优先级等属性信息通过Association对象携带，SR-MPLS TE Policy下的所有Candidate Path属于相同的**SR Policy Association Group**。
 - d. 在ERO（Explicit Route Object，显式路由对象）中携带路径信息，SR-MPLS TE Policy使用SR-ERO子对象携带路径信息。
4. PCC头节点接收到PCE下发的路径信息后进行路径安装。并为Candidate Path申请PLSP-ID作为其标识。
5. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SR-MPLS TE Policy状态。PCRpt消息中，LSP对象的托管标记设置为1，标识将SR-MPLS TE Policy控制权托管给PCE；LSP对象中的Create标记设置为1，标识PCC创建了PCE触发的SR-MPLS TE Policy；PLSP-ID设置为PCC本地申请的唯一值。SR-RRO（Record Route Object，记录路由对象）子对象携带SR-MPLS TE Policy实际路径信息。

6. PCC已经将控制权托管给了PCE，网络中拓扑等信息变化会导致PCE重新计算路径。
7. PCE会将重新计算的路径信息通过PCUpd消息下发给PCC，使用PCC上报的PLSP-ID作为标识。
8. PCC头节点接收PCE下发的PCUpd消息后更新路径。
9. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SR-MPLS TE Policy状态。

PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程（Stateful Bringup 模式）

PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy的基本创建流程如图1-24所示。

图 1-24 PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的基本创建流程（Stateful Bringup 模式）



详细过程描述如下：

1. PCC和PCE通过互相发送Open消息，建立PCEP会话，同时协商支持的能力。SR-MPLS TE Policy使用SR PCE Capability sub-TLV，协商SR-MPLS能力。
2. PCC头节点向PCE发送PCRpt消息，托管SR-MPLS TE Policy。
 - a. PCC分配Symbolic Path Name作为SR-MPLS TE Policy的Candidate Path（候选路径）在PCEP中的标识。
 - b. PCC分配LSP对象中的PLSP-ID作为SR-MPLS TE Policy的Candidate Path（候选路径）在PCEP中的标识。LSP对象的托管标记设置为1，标识将SR-MPLS TE Policy控制权托管给PCE；
 - c. SR-MPLS TE Policy标识、候选路径标识和候选路径优先级等属性信息通过Association对象携带，SR-MPLS TE Policy下的所有Candidate Path属于相同的SR Policy Association Group。

- d. 在ERO（Explicit Route Object，显式路由对象）中携带路径信息，SR-MPLS TE Policy使用SR-ERO子对象携带路径信息。当第一次托管到PCE时会携带空的ERO对象。
3. PCE接收到PCC头节点的托管消息后进行路径计算，并通过PCUpd消息下发给PCC头节点，使用PCC上报的PLSP-ID作为标识。
4. PCC头节点接收到PCE下发的路径信息后进行路径安装。
5. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SR-MPLS TE Policy状态。PCRpt消息中，LSP对象的托管标记设置为1，标识将SR-MPLS TE Policy控制权托管给PCE；PLSP-ID设置为PCC本地申请的唯一值。SR-RRO（Record Route Object，记录路由对象）子对象携带SR-MPLS TE Policy实际路径信息。
6. PCC已经将控制权托管给了PCE，网络中拓扑等信息变化会导致PCE重新计算路径。
7. PCE会将重新计算的路径信息通过PCUpd消息下发给PCC，使用PCC上报的PLSP-ID作为标识。
8. PCC头节点接收PCE下发的PCUpd消息后更新路径。
9. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SR-MPLS TE Policy状态。

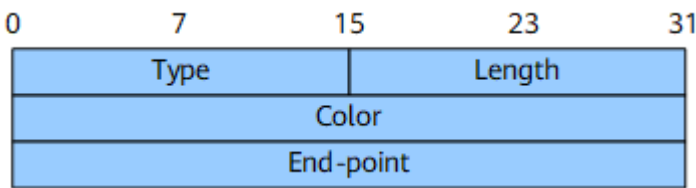
SR Policy Association Group

PCEP新增SR Policy Association Group对象用于携带SR-MPLS TE Policy信息。SR Policy Association Group对象又可以携带5种TLV：SRPOLICY-POL-ID TLV、SRPOLICY-POL-NAME TLV、SRPOLICY-CPATH-ID TLV、SRPOLICY-CPATH-NAME TLV和SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV。

SRPOLICY-POL-ID TLV

SRPOLICY-POL-ID TLV用于描述SR-MPLS TE Policy标识，是SR Policy Association Group的必选TLV，只能携带一个。SRPOLICY-POL-ID TLV的格式如图1-25所示。

图 1-25 SRPOLICY-POL-ID TLV



SRPOLICY-POL-ID TLV各字段的解释如表1-20所示。

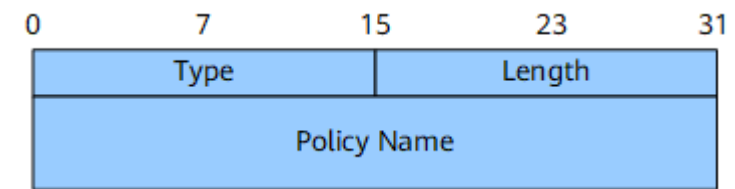
表 1-20 SRPOLICY-POL-ID TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Color	32比特	SR-MPLS TE Policy的颜色
End-point	32比特	SR-MPLS TE Policy的Endpoint，IPv4地址形式

SRPOLICY-POL-NAME TLV

SRPOLICY-POL-NAME TLV用于描述SR-MPLS TE Policy名称，是SR Policy Association Group的可选TLV，只能携带一个。SRPOLICY-POL-NAME TLV的格式如图1-26所示。

图 1-26 SRPOLICY-POL-NAME TLV



SRPOLICY-POL-NAME TLV各字段的解释如表1-21所示。

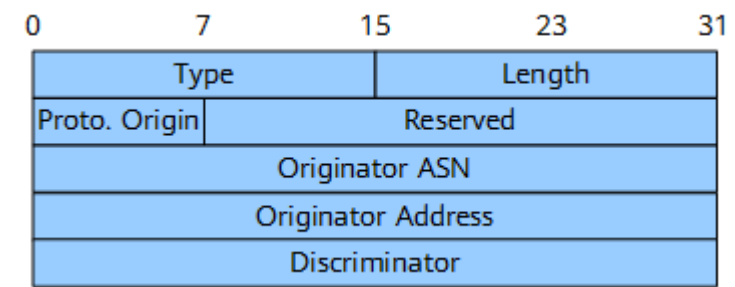
表 1-21 SRPOLICY-POL-NAME TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Policy Name	可变长度	SR-MPLS TE Policy的名称，当前长度不超过255个字符

SRPOLICY-CPATH-ID TLV

SRPOLICY-CPATH-ID TLV用于描述SR-MPLS TE Policy候选路径标识，是SR Policy Association Group的必选TLV，只能携带一个。SRPOLICY-CPATH-ID TLV的格式如图1-27所示。

图 1-27 SRPOLICY-CPATH-ID TLV



SRPOLICY-CPATH-ID TLV各字段的解释如表1-22所示。

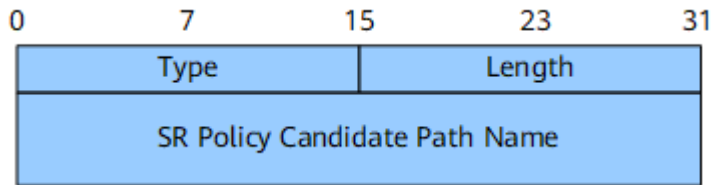
表 1-22 SRPOLICY-CPATH-ID TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Proto. Origin	8比特	SR-MPLS TE Policy候选路径配置的来源协议： <ul style="list-style-type: none">• 10: PCEP• 20: BGP• 30: Configuration
Reserved	24比特	预留字段
Originator ASN	32比特	SR-MPLS TE Policy候选路径的生成者所在的AS号
Originator Address	32比特	SR-MPLS TE Policy候选路径的生成者的地址，IPv4地址形式
Discriminator	32比特	SR-MPLS TE Policy候选路径的标识

SRPOLICY-CPATH-NAME TLV

SRPOLICY-CPATH-NAME TLV用于描述SR-MPLS TE Policy候选路径名称，是SR Policy Association Group的可选TLV，只能携带一个。SRPOLICY-CPATH-NAME TLV的格式如图1-28所示。

图 1-28 SRPOLICY-CPATH-NAME TLV



SRPOLICY-CPATH-NAME TLV各字段的解释如表1-23所示。

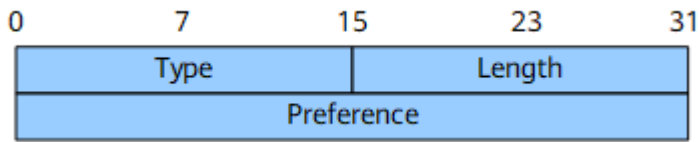
表 1-23 SRPOLICY-CPATH-NAME TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
SR Policy Candidate Path Name	可变长度	SR-MPLS TE Policy候选路径的名称，当前长度不超过255个字符

SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV

SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV用于描述SR-MPLS TE Policy候选路径优先级，是SR Policy Association Group的可选TLV，只能携带一个。如果没有携带SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV，则SR-MPLS TE Policy候选路径的优先级取缺省值100。SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV的格式如图1-29所示。

图 1-29 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV



SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV各字段的解释如表1-24所示。

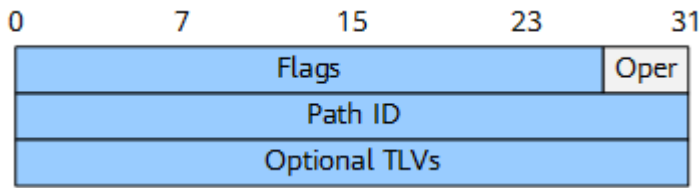
表 1-24 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Preference	32比特	SR-MPLS TE Policy候选路径的优先级

PATH-ATTRIB 对象

PATH-ATTRIB对象用于携带路径信息，并充当<intended-path>/<actual-path>RBNF元素中几个ERO/RRO对象之间的分隔符。PATH-ATTRIB对象始终位于它应用的ERO/RRO之前。如果存在多个ERO/RRO对象，则每个ERO/RRO对象之前必须有一个描述它的PATH-ATTRIB对象。PATH-ATTRIB对象的格式如图1-30所示。

图 1-30 PATH-ATTRIB 对象格式



PATH-ATTRIB对象字段解释如表1-25所示。

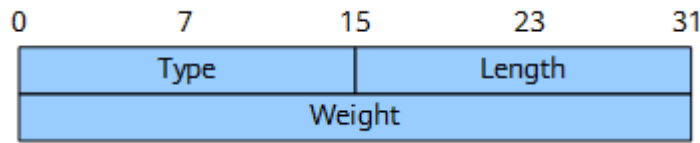
表 1-25 PATH-ATTRIB 对象字段解释

字段名	长度	含义
Flags	32比特	标志位。其中Oper标志长度是3比特，标识Path操作状态，与LSP对象中同名字段的值相同

字段名	长度	含义
Path ID	32比特	4字节标识符，标识多路径集合中的一条路径
Optional TLVs	变长	可选TLV。包含MULTIPATH-WEIGHT TLV等

MULTIPATH-WEIGHT TLV用于描述指定的Segment List在参与负载分担时的Weight。
MULTIPATH-WEIGHT TLV的格式如图1-31所示。

图 1-31 MULTIPATH-WEIGHT TLV



MULTIPATH-WEIGHT TLV的字段解释如表1-26所示。

表 1-26 MULTIPATH-WEIGHT TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Weight	32比特	Segment List权重

METRIC 对象

METRIC对象携带路径度量信息。在PCRpt报文中携带，可以指定路径计算的优化目标，也可以表示路径计算metric值的上限。在PCInitiate/PCUpd报文中携带，表示路径计算的actual metric值。如果METRIC对象是标识Segment List的actual metric值，则每个METRIC对象之前必须有一个描述它的PATH-ATTRIB对象，且Path ID需和描述ERO/RRO对象的PATH-ATTRIB对象中的Path ID一致，如下所示：

即：SID-List1携带了一个T=1的metric。SID-List2携带了一个T=2的metric。

```
<PATH-ATTRIB Path_ID=1 >  
<ERO SID-List1>  
<PATH-ATTRIB Path_ID=2>  
<ERO SID-List2>  
<PATH-ATTRIB Path_ID=1 >  
<METRIC T=1>  
<PATH-ATTRIB Path_ID=2>  
<METRIC T=2>
```

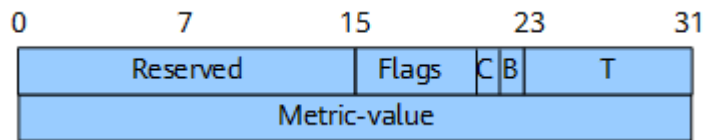
或SID-List1携带了一个T=1的metric。SID-List2携带了三个metric，类型分别为T=2、T=1和T=12。

```
<PATH-ATTRIB Path_ID=1 >  
<ERO SID-List1>  
<PATH-ATTRIB Path_ID=2>  
<ERO SID-List2>
```

```
<PATH-ATTRIB Path_ID=1 >  
<METRIC T=1>  
<PATH-ATTRIB Path_ID=2>  
<METRIC T=2>  
<METRIC T=1>  
<METRIC T=12>
```

METRIC对象的格式如图1-32所示。

图 1-32 METRIC 对象



METRIC对象的字段解释如表1-27所示。

表 1-27 METRIC 对象的字段解释

字段名	长度	含义
Reserved	16比特	预留字段
Flags	8比特	标志位： <ul style="list-style-type: none">• B标记：边界标志位，B=1表示上限，B=0表示优化目标• C标记：计算的Metric标记位，PCC设置此标志位为1表示算路结果需要携带实际的metric值
T	8比特	Metric类型： <ul style="list-style-type: none">• T=1: IGP metric• T=2: TE metric• T=3: Hop Counts• T=12: Path Delay metric
Metric-value	32比特	Metric值，使用浮点数表示

LSPA 对象

LSPA对象可以携带亲和属性，在PCRpt报文中携带，它指定PCE在路径计算时要考虑的各种属性，建立和保持优先级等信息。PCRpt报文中未携带LSPA对象时，表示建立和保持优先级为0，且没有亲和性约束。

LSPA对象的格式如图1-33所示。

图 1-33 LSPA 对象



LSPA对象的字段解释如表1-28所示。

表 1-28 LSPA 对象的字段解释

字段名	长度	含义
Exclude-any	32比特	排除任何一个。表示与隧道关联的一组属性过滤器，其中任何一个都使链路不可接受
Include-any	32比特	包含任何一个。表示与隧道关联的一组属性过滤器，其中任何一个都使链路可接受。空集（所有位设置为零）自动通过
Include-all	32比特	包含所有。表示与隧道关联的一组属性过滤器，所有这些过滤器都必须存在，链路才能被接受。空集（所有位设置为零）自动通过
Setup Prio	8比特	建立优先级。表示是否可以抢占其他会话。范围为[0, 7]，0表示最高优先级
Holding Prio	8比特	保持优先级。表示是否可以被其他会话抢占。范围为[0, 7]，0表示最高优先级
Flags	8比特	标志位： <ul style="list-style-type: none">L标记：本地保护标志位，L=1表示必须包含本地保护
Optional TLVs	变长	可选TLV

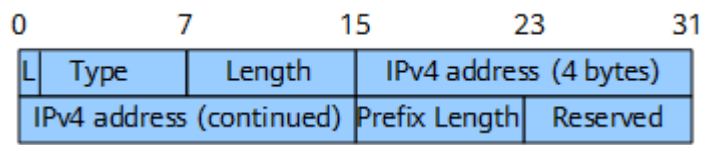
IRO 对象

IRO（Include Route Object，包含路由对象）指定计算路径必须穿过一组指定的网络元素。IRO下包括IPv4 prefix子对象和EXRS子对象等。

此对象中的约束条件对SR-MPLS TE Policy的Candidate Path生效，不能只对单个Segment List生效，Candidate Path内的所有Segment Lists都需要满足IRO的约束条件。

IPv4 prefix子对象的格式如图1-34所示。

图 1-34 IPv4 prefix 子对象



IPv4 prefix子对象的字段解释如表1-29所示。

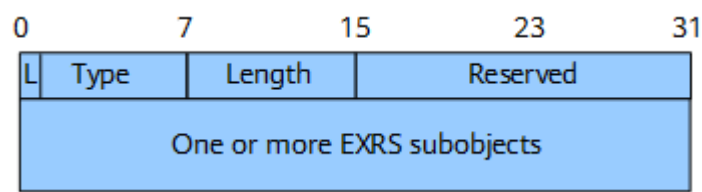
表 1-29 IPv4 prefix 子对象的字段解释

字段名	长度	含义
L	1比特	设置此比特位为1，表示显式路由中的松散跳；设置此比特位为0，表示显式路由中的严格跳
Type	7比特	IRO子对象的内容类型： <ul style="list-style-type: none">Type=1：IPv4 prefix
Length	8比特	子对象长度
IPv4 address	32比特	IPv4地址
Prefix Length	8比特	IPv4前缀长度（以比特为单位）
Reserved	8比特	预留字段

显式排除路由子对象（EXRS）是一个IRO子对象。EXRS本身包含一个或多个子对象。EXRS不得在没有子对象的情况下发送，如果在没有子对象的情况下接收，则必须忽略。

EXRS的格式如图1-35所示。

图 1-35 EXRS 子对象



EXRS子对象的字段解释如表1-30所示。

表 1-30 EXRS 子对象的字段解释

字段名	长度	含义
L	1比特	必须设置为0。接收端忽略此比特的值

字段名	长度	含义
Type	7比特	IRO子对象的内容类型： <ul style="list-style-type: none">Type=33: EXRS
Length	8比特	EXRS子对象长度
Reserved	16比特	预留字段
One or more EXRS subobjects	变长	EXRS子对象

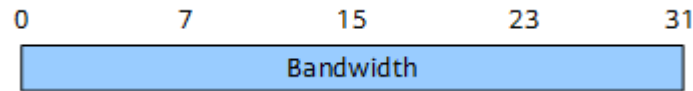
BANDWIDTH 对象

BANDWIDTH对象可以携带带宽信息，表示请求预留的带宽，在PCRpt报文中携带。

- Object-Type=1：算路请求时携带的预留带宽；
- Object-Type=2：重优化请求时携带的预留带宽。

BANDWIDTH对象的格式如图1-36所示。

图 1-36 BANDWIDTH 对象



BANDWIDTH对象的字段解释如表1-31所示。

表 1-31 BANDWIDTH 对象的字段解释

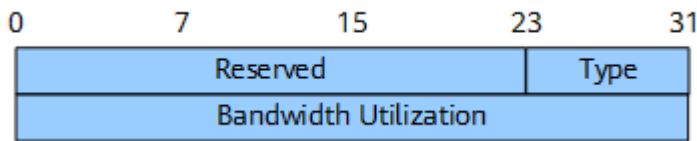
字段名	长度	含义
Bandwidth	32比特	带宽值，使用浮点数表示，单位为Byte/s

BU 对象

BU对象携带带宽利用率的算路约束信息，表示可接受的链路带宽利用率百分比的上限。

BU对象的格式如图1-37所示。

图 1-37 BU 对象



BU对象的字段解释如表1-32所示。

表 1-32 BU 对象的字段解释

字段名	长度	含义
Reserved	24比特	预留字段
Type	8比特	带宽利用率类型： <ul style="list-style-type: none">Type=1：LBU (Link Bandwidth Utilization)
Bandwidth Utilization	32比特	带宽利用率的上限值，按照乘以100后的数值，使用浮点数表示

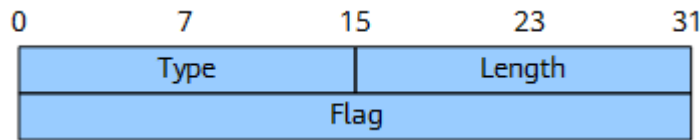
2.1. SR-MPLS TE Policy 自动带宽调整

通过自动带宽调整功能，可使SR-MPLS TE Policy根据实际流量大小自动调整带宽。其具体实现过程是：通过固定时间间隔A的采样（比如每隔5分钟采样一次），可以获得该隧道流量在一个自动带宽调整周期B（比如24小时）内的最大带宽。然后PCC根据此采样值向PCE（控制器）发送请求带宽，PCE根据此带宽重新计算SR-MPLS TE Policy路径，并下发更新。

AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV

建立PCEP连接时，PCC和PCE之间需要通过OPEN消息通告自动带宽能力。自动带宽能力由AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV描述，其格式如图1-38所示。

图 1-38 AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV



AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV各字段的解释如表1-33所示。

表 1-33 AUTO-BANDWIDTH-CAPABILITY TLV 字段的解释

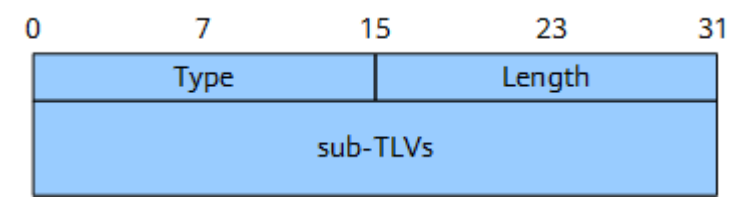
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Flag	32比特	标志位，暂无定义

AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV

自动带宽属性由AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV描述，包含了用于自动带宽调整的参数信息。通过PCRpt/PCInitiate/PCUpd消息中的LSPA对象携带。

AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV的格式如图1-39所示。

图 1-39 AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV



AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV各字段的解释如表1-34所示。

表 1-34 AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
sub-TLVs	变长	子TLV。见表1-35所示

AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV包含的子TLV如表1-35所示。

表 1-35 AUTO-BANDWIDTH-ATTRIBUTES TLV 包含的子 TLV

类型	TLV名称	含义
1	Sample-Interval	采样间隔
2	Adjustment-Interval	调整间隔
3	Down-Adjustment-Interval	向下调整间隔
4	Adjustment-Threshold	调整阈值
5	Adjustment-Threshold-Percentage	调整阈值百分比
6	Down-Adjustment-Threshold	向下调整阈值
7	Down-Adjustment-Threshold-Percentage	向下调整阈值百分比
8	Minimum-Bandwidth	最小带宽
9	Maximum-Bandwidth	最大带宽
10	Overflow-Threshold	上溢阈值
11	Overflow-Threshold-Percentage	上溢阈值百分比
12	Underflow-Threshold	下溢阈值
13	Underflow-Threshold-Percentage	下溢阈值百分比

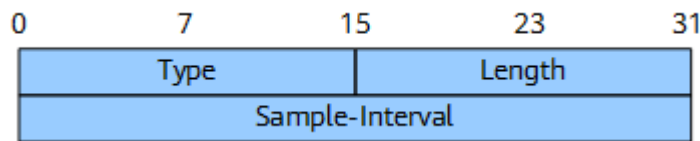
采样间隔

Sample-Interval Sub-TLV

Sample-Interval Sub-TLV指定PCC收集流量样本的时间间隔（以秒为单位）。在采样间隔非常低时需要注意对传输协议的影响。采样时间间隔不能大于（向下）调整时间间隔，如果当前值无效，则应该忽略，维持原来的值。

Sample-Interval Sub-TLV的格式如图1-40所示。

图 1-40 Sample-Interval Sub-TLV



Sample-Interval Sub-TLV各字段的解释如表1-36所示。

表 1-36 Sample-Interval Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Sample-Interval	32比特	采样时间间隔。有效范围：1-604800秒（7天）。默认值为300秒

调整时间间隔

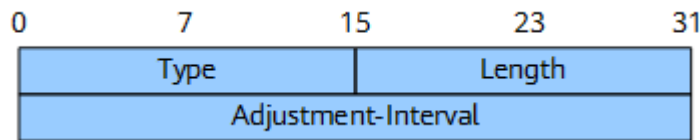
调整的时间间隔包括向上趋势和向下趋势。

Adjustment-Interval Sub-TLV

Adjustment-Interval Sub-TLV（调整间隔子TLV）指定了一个以秒为单位的时间间隔，在该时间间隔内，应在向上或向下方向进行带宽调整。调整时间间隔不能小于采样时间间隔，否则TLV必须要忽略，维持原来的值。

Adjustment-Interval Sub-TLV的格式如图1-41所示。

图 1-41 Adjustment-Interval Sub-TLV



Adjustment-Interval Sub-TLV各字段的解释如表1-37所示。

表 1-37 Adjustment-Interval Sub-TLV 字段的解释

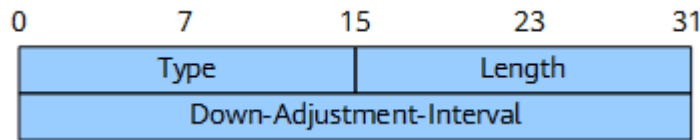
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Adjustment-Interval	32比特	调整时间间隔。有效范围：1-604800秒（7天）。默认值为86400秒（1天）

Down-Adjustment-Interval Sub-TLV

当最大平均带宽小于当前带宽预留时，应进行带宽调整的时间间隔（以秒为单位）。此参数覆盖下降趋势的调整间隔。仅当向上和向下方向需要不同的调整间隔时，才使用此子TLV。向下调整间隔参数不得小于采样间隔；否则，必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Down-Adjustment-Interval Sub-TLV的格式如图1-42所示。

图 1-42 Down-Adjustment-Interval Sub-TLV



Down-Adjustment-Interval Sub-TLV各字段的解释如表1-38所示。

表 1-38 Down-Adjustment-Interval Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Down-Adjustment-Interval	32比特	有效范围为1-604800秒（7天）。默认值等于调整间隔

调整阈值

调整阈值参数。包括绝对值和百分比的子TLV，当满足调整阈值条件中的任何一个时，带宽将被调整。

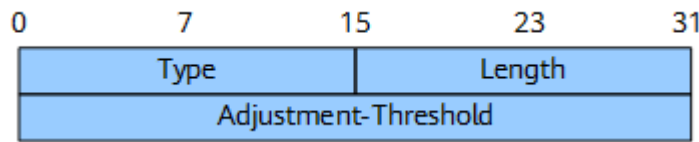
Adjustment-Threshold Sub-TLV

Adjustment-Threshold Sub-TLV（调整阈值子TLV）用于决定何时向上或向下调整带宽。当上行调整阈值和下行调整阈值相同且不包括下行调整阈值子TLV时，此子TLV指定了它们的绝对值。如果当前最大平均带宽与当前带宽预留之间的差模大于或等于阈

值，带宽调整为当前当前最大平均带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Adjustment-Threshold Sub-TLV的格式如图1-43所示。

图 1-43 Adjustment-Threshold Sub-TLV



Adjustment-Threshold Sub-TLV各字段的解释如表1-39所示。

表 1-39 Adjustment-Threshold Sub-TLV 字段的解释

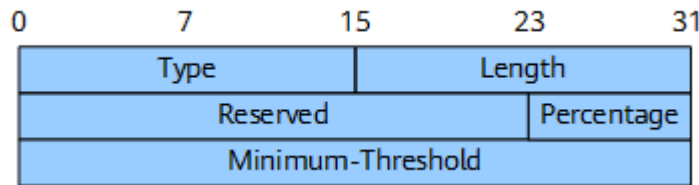
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Adjustment-Threshold	32比特	绝对调整阈值带宽差值，以浮点格式编码，单位为Byte/s

Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV

Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV（调整阈值百分比子TLV）用于决定何时向上或向下调整LSP带宽。此子TLV指定上调整阈值和下调整阈值相同且不包括下调整阈值百分比子TLV时的百分比值。如果当前最大平均带宽与当前带宽预留之间的百分比绝对差值大于或等于阈值百分比，且带宽差值大于或等于最小阈值，带宽调整为当前最大平均带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV的格式如图1-44所示。

图 1-44 Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV



Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV各字段的解释如表1-40所示。

表 1-40 Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型

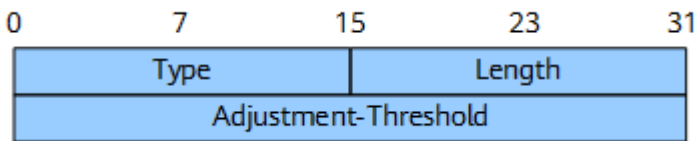
字段名	长度	含义
Length	16比特	长度
Reserved	24比特	预留字段
Percentage	8比特	调整阈值，以百分比（1到100的整数）编码。0是无效值。默认值为5%
Minimum-Threshold	32比特	绝对最小阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。在进行带宽调整之前，带宽的增减必须达到或超过最小阈值。默认值为0

Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV

Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV（向下调整阈值子TLV）用于决定当最大平均带宽小于当前带宽预留时，何时调整带宽。此参数覆盖下降趋势的调整阈值。仅当向上和向下方向需要不同阈值时，才使用此子TLV。如果当前带宽预留与当前最大平均带宽的差值大于或等于阈值，则带宽将被调整为当前最大平均带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV的格式如图1-45所示。

图 1-45 Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV



Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV各字段的解释如表1-41所示。

表 1-41 Down-Adjustment-Threshold Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Down-Adjustment-Threshold	32比特	绝对向下调整阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。默认值等于调整阈值

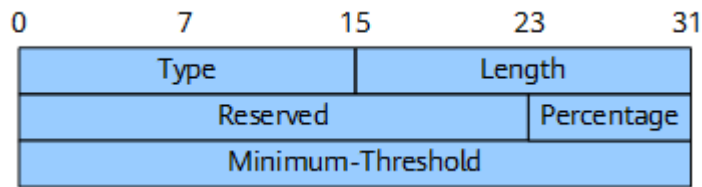
Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV

Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV（向下调整阈值百分比子TLV）用于决定当最大平均带宽小于当前带宽预留时，何时调整带宽。此参数覆盖下降趋势的调整阈值百分比。仅当向上和向下方向需要不同的阈值百分比时，才使用此子TLV。如果当前带宽预留与当前最大平均带宽之间的百分比差大于或等于阈值百分比，并且带

宽差等于或大于最小阈值，带宽调整为当前最大平均带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV的格式如图1-46所示。

图 1-46 Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV



Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV各字段的解释如表1-42所示。

表 1-42 Down-Adjustment-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Reserved	25比特	预留字段
Percentage	7比特	向下调整阈值，以百分比（1到100的整数）编码。0是无效值。默认值等于调整阈值百分比
Minimum-Threshold	32比特	绝对最小阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。在进行带宽调整之前，带宽的减少必须达到或超过最小阈值。默认值等于调整阈值百分比的最小阈值

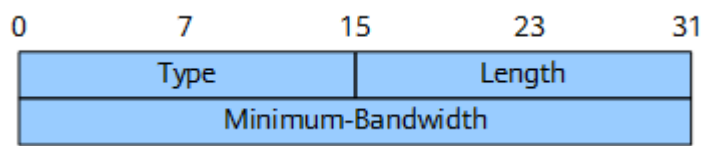
最小和最大带宽

Minimum-Bandwidth Sub-TLV

Minimum-Bandwidth Sub-TLV（最小带宽子TLV）指定了允许的最小带宽。带宽不能调整到最小带宽值以下。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Minimum-Bandwidth Sub-TLV的格式如图1-47所示。

图 1-47 Minimum-Bandwidth Sub-TLV



Minimum-Bandwidth Sub-TLV各字段的解释如表1-43所示。

表 1-43 Minimum-Bandwidth Sub-TLV 字段的解释

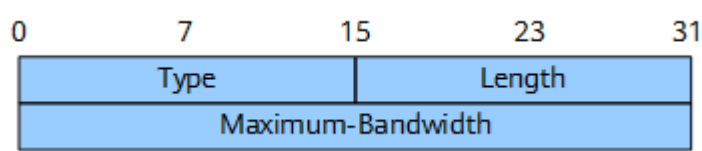
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Minimum-Bandwidth	32比特	带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。默认的最小带宽值设置为0

Maximum-Bandwidth Sub-TLV

Maximum-Bandwidth Sub-TLV（最大带宽子TLV）指定了允许的最大带宽。带宽不能调整到最大带宽值以上。

Maximum-Bandwidth Sub-TLV的格式如图1-48所示。

图 1-48 Maximum-Bandwidth Sub-TLV



Maximum-Bandwidth Sub-TLV各字段的解释如表1-44所示。

表 1-44 Maximum-Bandwidth Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Maximum-Bandwidth	32比特	带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s

上溢和下溢条件

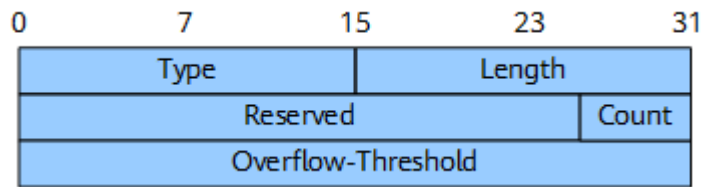
PCEP对等体溢出和下溢阈值参数。当给定计数的阈值条件中的任何一个连续满足时，带宽立即调整（只要带宽的差值大于或等于最小阈值）。默认情况下，未设置溢出和下溢条件的阈值。

Overflow-Threshold Sub-TLV

Overflow-Threshold Sub-TLV（上溢阈值子TLV）用于决定是否应立即调整带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Overflow-Threshold Sub-TLV的格式如图1-49所示。

图 1-49 Overflow-Threshold Sub-TLV



Overflow-Threshold Sub-TLV各字段的解释如表1-45所示。

表 1-45 Overflow-Threshold Sub-TLV 字段的解释

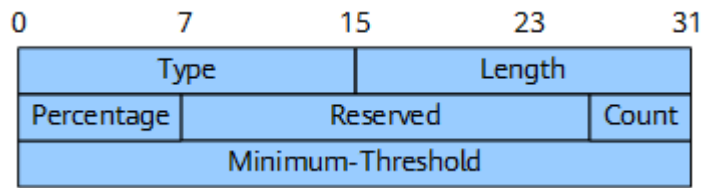
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Reserved	27比特	预留字段
Count	5比特	溢出计数值，以整数编码。0是无效值
Overflow-Threshold	32比特	绝对溢出阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。如果当前最大平均带宽与当前带宽预留的差值大于或等于阈值，则满足溢出条件

Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV

Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV（上溢阈值百分比子TLV）用于决定是否应立即调整带宽。

Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV的格式如图1-50所示。

图 1-50 Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV



Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV各字段的解释如表1-46所示。

表 1-46 Overflow-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Percentage	7比特	溢出阈值，以百分比（1到100的整数）编码。0是无效值

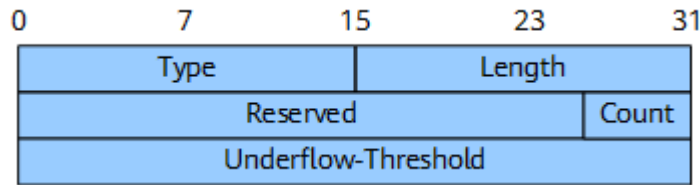
字段名	长度	含义
Reserved	20比特	预留字段
Count	5比特	溢出计数值，以整数编码。0是无效值
Minimum-Threshold	32比特	绝对最小阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。在进行带宽调整之前，带宽的增加必须达到或超过最小阈值

Underflow-Threshold Sub-TLV

Underflow-Threshold Sub-TLV（下溢阈值子TLV）用于决定是否应立即调整带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Underflow-Threshold Sub-TLV的格式如图1-51所示。

图 1-51 Underflow-Threshold Sub-TLV



Underflow-Threshold Sub-TLV各字段的解释如表1-47所示。

表 1-47 Underflow-Threshold Sub-TLV 字段的解释

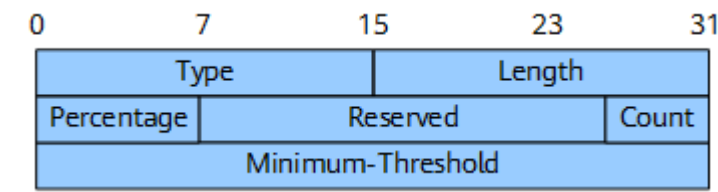
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Reserved	27比特	预留字段
Count	5比特	下溢计数值，以整数编码。0是无效值
Underflow-Threshold	32比特	绝对下溢阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。如果当前最大平均带宽与当前带宽预留的差值大于或等于阈值，则满足下溢条件

Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV

Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV（下溢阈值百分比子TLV）用于决定是否应立即调整带宽。如果存在无效值，则必须忽略子TLV，并保留先前的值。

Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV的格式如图1-52所示。

图 1-52 Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV



Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV各字段的解释如表1-48所示。

表 1-48 Underflow-Threshold-Percentage Sub-TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Percentage	7比特	下溢阈值，以百分比编码（1到100的整数）。0是无效值
Reserved	20比特	预留字段
Count	5比特	下溢计数值，以整数编码。0是无效值
Minimum-Threshold	32比特	绝对最小阈值带宽值，以浮点格式编码，单位为Byte/s。在进行带宽调整之前，带宽的减少必须达到或超过最小阈值

PCEP for SRv6 TE Policy

随着SDN的发展和Segment Routing技术的兴起，PCEP又出现了针对Segment Routing的相关扩展，可以很好地支持集中式SRv6 TE Policy。Segment Routing能提供与RSVP-TE相同的显式指定路径的能力，并且由于不需要在中间节点维护基于流的状态，具有比RSVP-TE更好的扩展性。另一方面，正是因为中间节点不维护状态，导致Segment Routing缺乏在头节点根据带宽使用情况进行算路的能力。

基于PCE的Segment Routing能够解决这一问题，因为PCE存储了整网的拓扑信息、TE信息以及路径信息，所以能够根据整网的资源情况进行路径计算，达到优化整网资源的目的。

根据路径计算请求发出对象不同，可将PCEP for SRv6 TE Policy分为两种：

- PCE-Initiated SRv6 TE Policy：PCE向PCC头节点发送PCInitiate消息，创建SRv6 TE Policy路径。
- PCC-Initiated SRv6 TE Policy：通过Netconf/CLI/YANG等方式下发SRv6 TE Policy配置到PCC头节点。PCC分配Symbolic Path Name作为SRv6 TE Policy Candidate Path的标识。PCC头节点发送PCRpt消息给PCE，托管SRv6 TE Policy，请求PCE进行路径计算。

说明

当前仅支持PCE-Initiated SRv6 TE Policy，后文主要介绍PCE-Initiated SRv6 TE Policy。

PCEP 针对 SRv6 的扩展

PCEP针对SRv6的扩展主要分为3部分：支持SRv6的PATH-SETUP-TYPE新类型，用于通告支持SRv6能力的SRv6 PCE Capabilities sub-TLV和用于携带SRv6 SID的SRv6 ERO和SRv6 RRO Subobject，具体如表1-49所示。

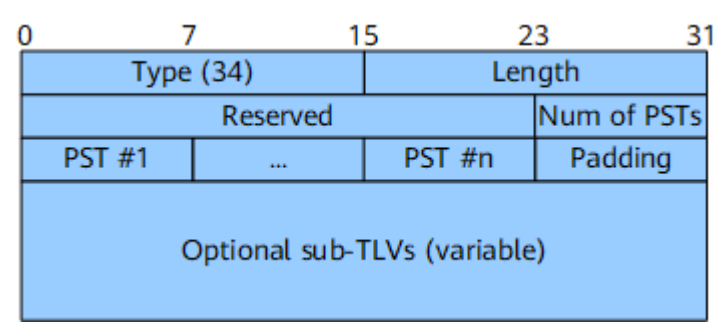
表 1-49 PCEP 针对 SRv6 的 TLV 扩展

类型	名称	作用	携带位置
Type	SRv6 Path Setup Type (PST)	用于表示通过SRv6创建的TE路径	PATH-SETUP-TYPE TLV和PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV
Sub-TLV	SRv6 PCE Capabilities sub-TLV	用于通告SRv6能力	PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV中
Subobject	SRv6-ERO subobject	用于携带PCE计算的路径信息	ERO对象中
	SRv6-RRO subobject	用于携带PCC的实际路径信息	RRO对象中

PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV

建立PCEP连接时，PCC和PCE之间需要通过OPEN消息通告各自支持的能力，比如支持创建的路径类型。支持创建路径的能力由PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV描述，其格式如图1-53所示。

图 1-53 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV



PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV各字段的解释如表1-50所示。

表 1-50 PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度

字段名	长度	含义
Reserved	24比特	预留字段
Num of PSTs	8比特	TLV中总共携带的PST的数目
PST #n	8比特	表示支持的路径创建类型（ Path Setup Type， PST ）： <ul style="list-style-type: none">● 0： RSVP-TE● 1： Segment Routing● 3： SRv6
Padding	长度可变	用于4字节对齐
Optional sub-TLVs	长度可变	可选的sub-TLV

为支持SRv6，PCEP引入了新的路径创建类型用于标识SRv6路径，其类型值为3。此外，PCEP还定义了SRv6 PCE Capability sub-TLV，用于详细描述支持SRv6的能力。

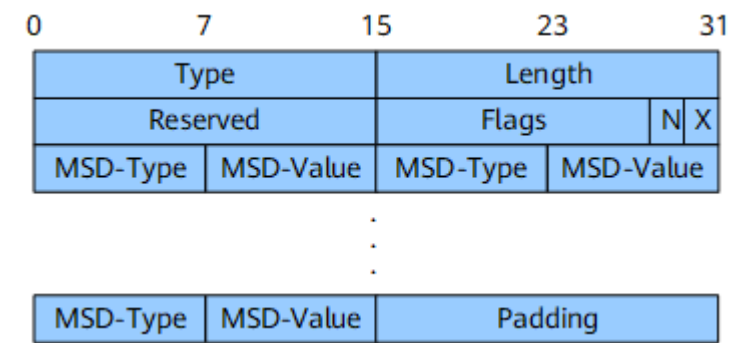
在能力通告时，如果PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV携带类型值为3的PST，则表示支持SRv6路径的建立，此时PATH-SETUP-TYPE-CAPABILITIES TLV必须携带一个SRv6 PCE Capability sub-TLV，用于详细描述支持的SRv6能力。

此外，在请求路径计算时，Stateful PCE Request Parameters (SRP) object需携带Path-SETUP-TYPE TLV，描述路径的类型。为支持SRv6的算路请求，同样也扩展了新的PST支持SRv6，类型值同样为3。

SRv6 PCE Capability sub-TLV

SRv6 PCE Capability sub-TLV详细描述了支持的SRv6能力，格式如图1-54所示。

图 1-54 SRv6 PCE Capability sub-TLV



SRv6 PCE Capability sub-TLV各字段的解释如表1-51所示。

表 1-51 SRv6 PCE Capability sub-TLV 的字段解释

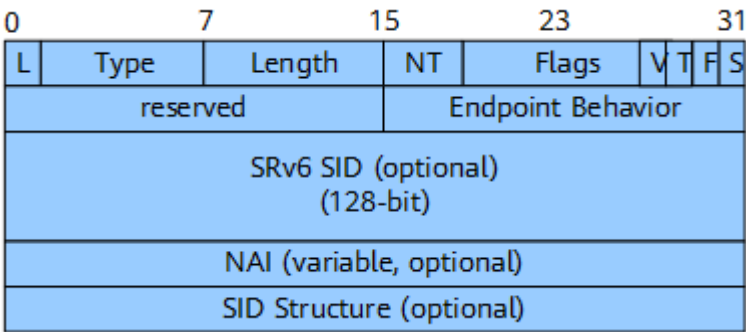
字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Reserved	16比特	预留字段
Flags	16比特	标志位。其中： <ul style="list-style-type: none">N: 如果取值为1，标识该PCC节点具备解析节点或邻接ID到SRv6 SID的能力；X: 如果取值为1，标识该PCC节点没有任何MSD限制。
MSD-Type	8比特	最大SID栈的深度类型： <ul style="list-style-type: none">Maximum Segments Left MSD Type: 该PCC节点能处理的最大SL的SRH报文；Maximum End Pop MSD Type: 执行POP动作时支持的最大SID数量；Maximum H.Encaps MSD Type: 执行H.Encaps时支持的最大SID数量；Maximum End D MSD Type: 执行解封装时支持的最大SID数量。
MSD-Value	8比特	最大SID栈的深度
Padding	长度可变	用于4字节对齐

SRv6-ERO Subobject

在PCEP中，ERO由一系列的Subobject组成，用于描述路径。为了携带SRv6 SID和NAI（邻接标识符，Node or Adjacency Identifier），抑或是其中之一，PCEP定义了一个新的子对象，称为“SRv6-ERO Subobject（SRv6-ERO子对象）”。NAI与SRv6 SID关联，可通过NAI解析到对应的SRv6 SID。

SRv6-ERO subobject可以由PCInitiate/PCUpd/PCRpt消息携带，其格式如图1-55所示。

图 1-55 SRv6-ERO Subobject



SRv6-ERO Subobject各字段的解释如表1-52所示。

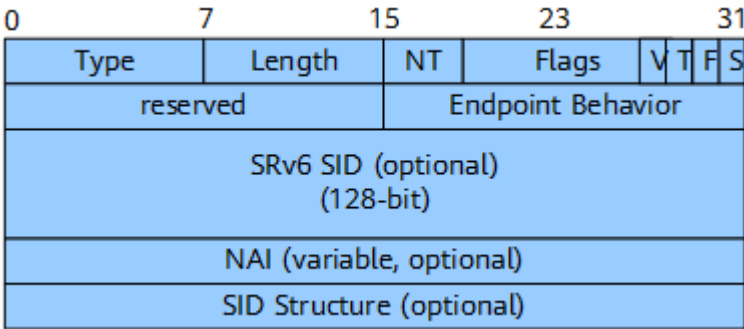
表 1-52 SRv6-ERO Subobject 字段的解释

字段名	长度	含义
L	1比特	Loose Hop标记
Type	7比特	类型
Length	8比特	长度
NT	4比特	NT表示NAI类型（NAI Type）： <ul style="list-style-type: none">NT = 0：NAI为空；NT = 2：SRv6 SID相关节点的IPv6地址；NT = 4：用于描述SRv6 End.X SID相关联的链路的Global IPv6地址对；NT = 6：用于描述SRv6 End.X SID相关联的链路的Link local Global IPv6地址对
Flags	12比特	标志位，其中： <ul style="list-style-type: none">V标记：如果取值为1，标识要校验SID；T标记：如果取值为1，标识该TLV包含SID；F标记：如果取值为1，标识该TLV不包含NAI；S标记：如果取值为1，标识该TLV不包含SRv6 SID
Reserved	16比特	预留字段
Endpoint Behavior	16比特	标识SRv6 SID的Behavior
SRv6 SID	128比特	表示SRv6 Segment
NAI	长度可变	SRv6 SID相应的NAI，和NT相对应，携带NT指示的详细信息。当前SRv6 TE Policy不使用
SID Structure	64比特	SRv6 SID的结构

SRv6-RRO Subobject

RRO表示PCC应用的SID列表，即LSP所采取的实际路径。PCC上报LSP状态时使用此对象报告LSP的实际路径。为了携带SRv6 SID信息，PCEP定义了“SRv6-RRO subobject”。SRv6-RRO Subobject格式如图1-56所示，除了没有L字段以外，其他字段与SRv6-ERO Subobject一致。

图 1-56 SRv6-RRO Subobject



SRv6-RRO Subobject各字段的解释如表1-53所示。

表 1-53 SRv6-RRO Subobject 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	8比特	类型
Length	8比特	长度
NT	4比特	NT表示NAI类型（NAI Type）： <ul style="list-style-type: none">NT = 0：NAI为空；NT = 2：SRv6 SID相关节点的IPv6地址；NT = 4：用于描述SRv6 End.X SID相关联的链路的Global IPv6地址对；NT = 6：用于描述SRv6 End.X SID相关联的链路的Link local Global IPv6地址对
Flags	12比特	标志位，其中： <ul style="list-style-type: none">V标记：如果取值为1，标识要校验SID；T标记：如果取值为1，标识该TLV包含SID；F标记：如果取值为1，标识该TLV不包含NAI；S标记：如果取值为1，标识该TLV不包含SRv6 SID
Endpoint Behavior	16比特	标识SRv6 SID的Behavior
SRv6 SID	128比特	表示SRv6 Segment
NAI	长度可变	SRv6 SID相应的NAI，和NT相对应，携带NT指示的详细信息
SID Structure	64比特	SRv6 SID的结构

TE-PATH-BINDING TLV

TE-PATH-BINDING TLV用于携带SRv6 TE Policy路径的Binding SID（BSID）。这个TLV可以携带在LSP和ERROR object里。

TE-PATH-BINDING TLV格式如图1-57所示。

图 1-57 TE-PATH-BINDING TLV

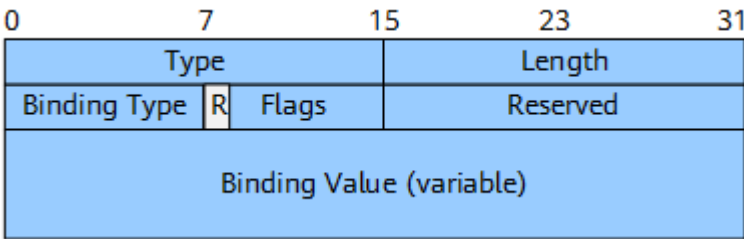


表 1-54 TE-PATH-BINDING TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Binding Type (BT)	8比特	Binding SID的类型： <ul style="list-style-type: none">BT = 0，表示Binding Value为一个20比特的MPLS标签，Length设置为7，并且用前20比特编码。BT = 1，表示Binding Value为一个32比特的MPLS标签，Length设置为8。BT = 2，表示Binding Value为一个SRv6 SID，Length设置为20。BT = 3，表示Binding Value为一个24字节，包括SRv6 SID、Behavior、Structure等，Length设置为28。具体参考图1-58。
Flags	8比特	标志位。当前只有R标记： <ul style="list-style-type: none">当置位时，表示请求删除LSP的Binding Value。当不置位时，表示请求增加LSP的Binding Value。此标志用于PCRpt和PCUpd消息，其它消息忽略。
Reserved	16比特	预留字段
Binding Value	长度可变	Binding SID的取值

Binding Type为3时，TE-PATH-BINDING TLV格式如图1-58所示。

图 1-58 Binding Type 为 3 时 TE-PATH-BINDING TLV 的格式

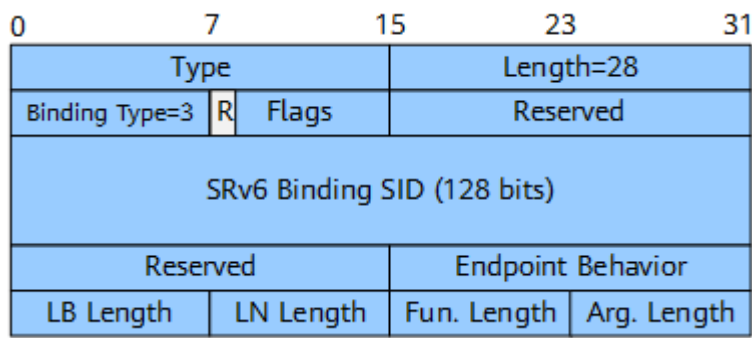


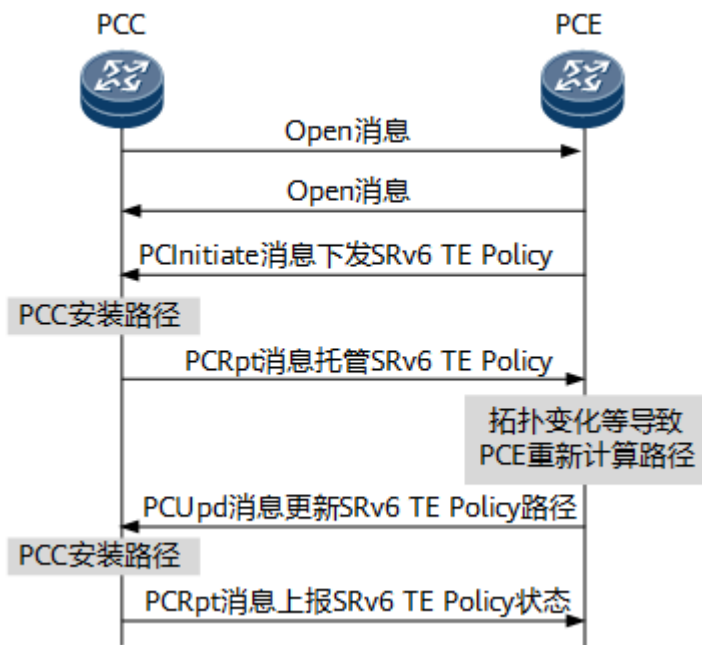
表 1-55 Binding Type 为 3 时 TE-PATH-BINDING TLV 字段的解释

字段名	长度	含义
SRv6 Binding SID	128比特	128位SRv6 Binding SID
Reserved	16比特	预留字段
Endpoint Behavior	16比特	标识SRv6 SID的Behavior
LB Length	8比特	Locator的Block的长度，其中Block是分配SID的地址块
LN Length	8比特	Locator的Node ID相关的长度
Fun.Length	8比特	SID中Function字段的长度
Arg. Length	8比特	SID中Arguments字段的长度

PCE-Initiated SRv6 TE Policy 的基本创建流程

PCE-Initiated SRv6 TE Policy的基本创建流程如图1-59所示。

图 1-59 PCE-Initiated SRv6 TE Policy 的基本创建流程



详细过程描述如下：

1. PCC和PCE通过互相发送Open消息，建立PCEP会话，同时协商支持的能力。SRv6 TE Policy使用SRv6 PCE Capability sub-TLV，协商SRv6能力。
2. PCE向PCC头节点发送PCInitiate消息，创建SRv6 TE Policy。
 - a. PCE分配Symbolic Path Name作为SRv6 TE Policy的Candidate Path（候选路径）在PCEP中的标识。
 - b. LSP对象中的PLSP-ID设置为0，表示该PLSP-ID不存在，需要PCC分配一个。
 - c. SRv6 TE Policy标识、候选路径标识和候选路径优先级等属性信息通过Association对象携带，SRv6 TE Policy下的所有Candidate Path属于相同的**SR Policy Association Group**。
 - d. 在ERO（Explicit Route Object，显式路由对象）中携带路径信息，SRv6 TE Policy使用SRv6-ERO子对象携带路径信息。
3. PCC头节点接收到PCE下发的路径信息后进行路径安装。并为Candidate Path申请PLSP-ID作为其标识。
4. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SRv6 TE Policy状态。PCRpt消息中，LSP对象的托管标记设置为1，标识将SRv6 TE Policy控制权托管给PCE；LSP对象中的Create标记设置为1，标识PCC创建了PCE触发的SRv6 TE Policy；PLSP-ID设置为PCC本地申请的唯一值。SRv6-RRO（Record Route Object，记录路由对象）子对象携带SRv6 TE Policy实际路径信息。
5. PCC已经将控制权托管给了PCE，网络中拓扑等信息变化会导致PCE重新计算路径。
6. PCE会将重新计算的路径信息通过PCUpd消息下发给PCC，使用PCC上报的PLSP-ID作为标识。
7. PCC头节点接收PCE下发的PCUpd消息后更新路径。
8. PCC头节点路径安装完成后，发送PCRpt消息给PCE，报告SRv6 TE Policy状态。

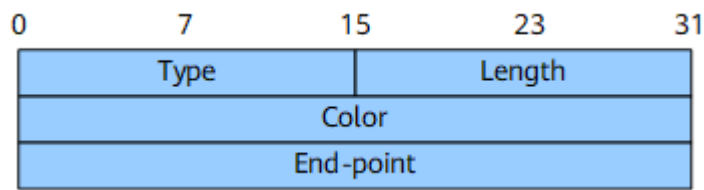
SR Policy Association Group

PCEP新增SR Policy Association Group对象用于携带SRv6 TE Policy信息。SR Policy Association Group对象又可以携带5种TLV：SRPOLICY-POL-ID TLV、SRPOLICY-POL-NAME TLV、SRPOLICY-CPATH-ID TLV、SRPOLICY-CPATH-NAME TLV和SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV。当前暂不支持SRPOLICY-POL-NAME TLV和SRPOLICY-CPATH-NAME TLV。

SRPOLICY-POL-ID TLV

SRPOLICY-POL-ID TLV用于描述SRv6 TE Policy标识，是SR Policy Association Group的必选TLV，只能携带一个。SRPOLICY-POL-ID TLV的格式如图1-60所示。

图 1-60 SRPOLICY-POL-ID TLV



SRPOLICY-POL-ID TLV各字段的解释如表1-56所示。

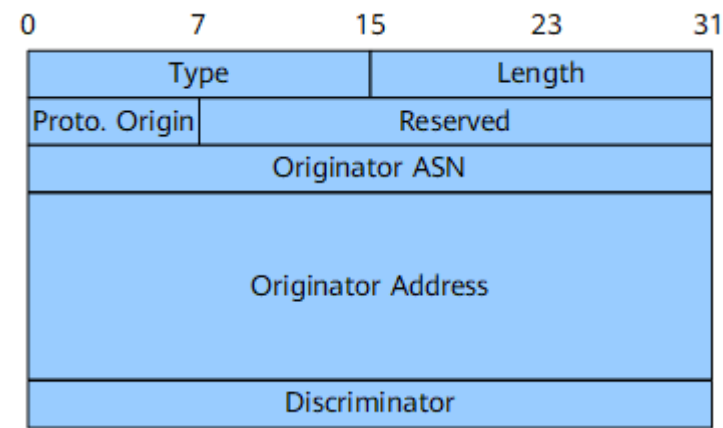
表 1-56 SRPOLICY-POL-ID TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Color	32比特	SRv6 TE Policy的颜色
End-point	128比特	SRv6 TE Policy的Endpoint

SRPOLICY-CPATH-ID TLV

SRPOLICY-CPATH-ID TLV用于描述SRv6 TE Policy候选路径标识，是SR Policy Association Group的必选TLV，只能携带一个。SRPOLICY-CPATH-ID TLV的格式如图1-61所示。

图 1-61 SRPOLICY-CPATH-ID TLV



SRPOLICY-CPATH-ID TLV各字段的解释如表1-57所示。

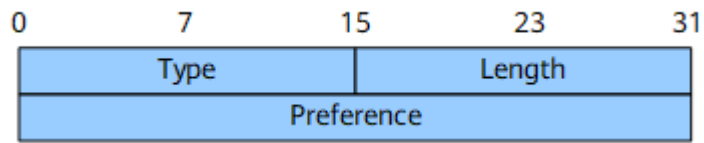
表 1-57 SRPOLICY-CPATH-ID TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Proto. Origin	8比特	SRv6 TE Policy候选路径配置的来源协议： <ul style="list-style-type: none">• 10：PCEP• 20：BGP• 30：Configuration
Reserved	24比特	预留字段
Originator ASN	32比特	SRv6 TE Policy候选路径的生成者所在的AS号
Originator Address	128比特	SRv6 TE Policy候选路径的生成者的地址
Discrimina tor	32比特	SRv6 TE Policy候选路径的标识

SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV

SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV用于描述SRv6 TE Policy候选路径优先级，是SR Policy Association Group的可选TLV，只能携带一个。如果没有携带SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV，则SRv6 TE Policy候选路径的优先级取缺省值100。SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV的格式如图1-62所示。

图 1-62 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV



SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV各字段的解释如表1-58所示。

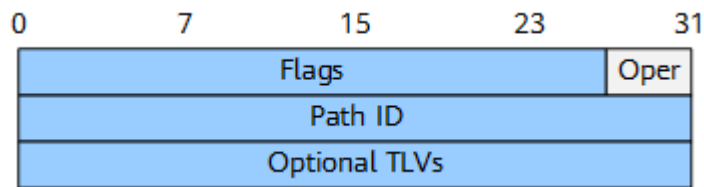
表 1-58 SRPOLICY-CPATH-PREFERENCE TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Preference	32比特	SRv6 TE Policy候选路径的优先级

PATH-ATTRIB 对象

PATH-ATTRIB对象用于携带路径信息，并充当<intended-path>/<actual-path>RBNF元素中几个ERO/RRO对象之间的分隔符。PATH-ATTRIB对象始终位于它应用的ERO/RRO之前。如果存在多个ERO/RRO对象，则每个ERO/RRO对象之前必须有一个描述它的PATH-ATTRIB对象。PATH-ATTRIB对象的格式如图1-63所示。

图 1-63 PATH-ATTRIB 对象格式



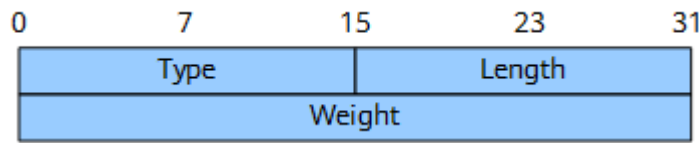
PATH-ATTRIB对象字段解释如表1-59所示。

表 1-59 PATH-ATTRIB 对象字段解释

字段名	长度	含义
Flags	32比特	标志位。其中Oper标志长度是3比特，标识Path操作状态，与LSP对象中同名字段的值相同
Path ID	32比特	4字节标识符，标识多路径集合中的一条路径
Optional TLVs	变长	可选TLV。包含MULTIPATH-WEIGHT TLV等

MULTIPATH-WEIGHT TLV用于描述指定的Segment List在参与负载分担时的Weight。MULTIPATH-WEIGHT TLV的格式如图1-64所示。

图 1-64 MULTIPATH-WEIGHT TLV



MULTIPATH-WEIGHT TLV的字段解释如表1-60所示。

表 1-60 MULTIPATH-WEIGHT TLV 的字段解释

字段名	长度	含义
Type	16比特	类型
Length	16比特	长度
Weight	32比特	Segment List权重

PCEP 安全性

建立PCEP对等体关系是PCEP协议工作的基础。因此，对PCEP对等体关系进行认证是提高安全性的有效手段。

MD5 认证

PCEP使用TCP作为传输层协议，为提高PCEP的安全性，可以在建立TCP连接时进行MD5（Message Digest 5）认证。PCEP的MD5认证只是为TCP连接设置MD5认证密码，由TCP完成认证。如果认证失败，则不建立TCP连接。

须知

MD5算法安全性低，存在安全风险，在协议支持的算法选择范围内，建议使用更安全的认证方法，例如下面的Keychain认证和SSL/TLS认证。

Keychain 认证

Keychain为应用层协议提供认证服务，它可以在不中断业务的前提下，通过定期更改认证的密钥和加密算法来提升安全性。对于采用TCP连接的PCEP协议，应用Keychain认证，除了可以对PCEP协议报文进行认证之外，还可以对TCP建立连接的过程进行认证。Keychain的详细描述请参见《特性描述-安全》中Keychain章节。

SSL/TLS 认证

安全套接层SSL（Secure Sockets Layer）协议是在Internet基础上提供的一种保证私密性的安全协议，传输层安全性TLS（Transport Layer Security）协议，是在SSL协议的基础上提供的一种保证数据完整性和私密性的安全协议，可以使客户端与服务器之间的通信不被攻击者窃听。配置SSL/TLS认证，加密PCEP协议报文，保证网络上数据传输的安全性。

TCP-AO 认证

TCP-AO认证选项用于对TCP会话建立以及数据交互过程中的收发报文进行认证，支持对报文完整性进行校验，防止TCP报文重放攻击。TCP-AO创建完成后，配置PCEP对TCP-AO进行引用，即可实现对PCEP会话的加密。不同的PCEP会话可以引用同一个TCP-AO。

TCP-AO使用的是所绑定的Keychain下配置的密码，可以根据配置自动切换，但是配置过程较为复杂，适用于对安全性能要求比较高的网络。

PCEP 白名单特性

应用层联动模块检测上送的协议报文，对匹配白名单的协议报文，允许其以大带宽和高速率上送。PCEP白名单特性默认开启，无需配置。

Session-CAR

当出现PCEP报文流量攻击时，可能发生PCEP会话之间报文会发生互相抢占带宽的情况。PCEP的白名单Session-CAR功能用于对白名单报文通道进行隔离，实现区分会话限速，避免PCEP会话之间报文互相抢占带宽资源。当默认白名单Session-CAR的带宽参数不满足业务要求时，可以对带宽参数进行调整，灵活适应业务要求。

微隔离 CAR

PCEP协议的微隔离CAR功能是默认开启，可以对PCEP建连报文进行微隔离保护。当遭受攻击时，可能存在PCEP不同会话间报文发生互相抢占带宽的情况，因此，一般情况下，不建议关闭该功能。

1.1.1.1.3 PCEP 术语与缩略语

缩略语

缩略语	英文全名	中文解释
CSPF	Constrained Shortest Path First	基于约束的路径最短优先
PCC	Path Computation Client	路径计算客户端
PCE	Path Computation Element	路径计算单元
PCEP	Path Computation Element Protocol	路径计算单元通信协议
RSVP	Resource Reservation Protocol	资源预留协议
SRv6	Segment Routing over IPv6	基于IPv6的段路由
TE	Traffic Engineering	流量工程

1.1.1.2 PCEP 配置

介绍了PCEP的基本原理、配置过程和典型配置举例。

1.1.1.2.1 PCEP 概述

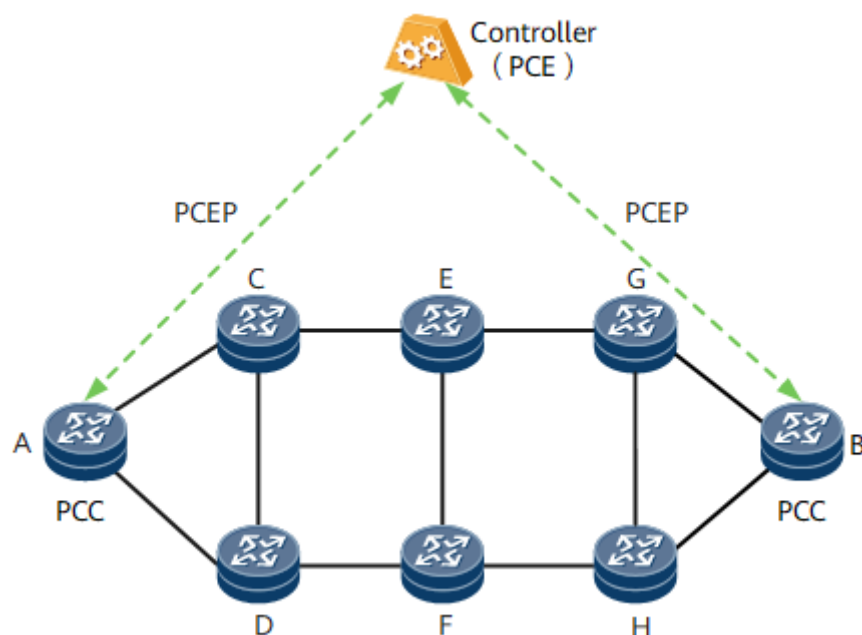
PCEP是控制器（用作PCE）和转发器（用作PCC）之间的通信协议，配合控制器集中算路，可以实现路径全局最优，达到充分利用网络资源的目的。

PCE最早是为了解决大型的多区域网络路径计算问题被提出，通过PCE可以为TE计算跨域路径。如图1-65所示，PCE架构包含如下3个部分：

1. PCE（Path Computation Element，路径计算单元）：PCE是能够基于网络拓扑信息计算满足约束的路径的部件。PCE可以部署在路由设备中，也可以部署在一个独立的服务器中。大多数时候，将PCE和控制器集成在一起。
2. PCC（Path Computation Client，路径计算客户端）：PCC是请求路径计算单元执行路径计算的客户端应用程序。PCC向PCE发送路径请求，并接受PCE返回的路径计算结果。一般情况下，路由设备集成了PCC功能，可以认为路由设备是PCC。
3. PCEP（Path Computation Element Protocol，路径计算单元通信协议）：PCEP是PCC和PCE之间的通信协议。

PCEP是IETF PCE工作组定义的基于TCP的协议，定义了一组消息和对象，用于管理PCEP会话，以及为多域流量工程LSP（TE LSP）请求和发送路径。它为PCE给PCC的跨域LSP执行路径计算提供了一种机制。PCEP交互包括PCC向PCE发送的LSP状态报告，以及PCE对外部LSP的更新。

图 1-65 PCE 架构



有状态PCE（Stateful PCE）是PCE的一个重要扩展。Stateful PCE不仅维护用于路径计算的拓扑信息和TE信息，而且会保留TE路径的信息，这样在路径计算的时候可以基于现有的TE路径实现全网的优化，而不仅仅是简单地计算一个满足约束条件的路径。Stateful PCE有Passive和Active两种模式：

- Passive Stateful PCE：PCE通过从PCC学习到的LSP状态信息进行路径计算优化，不主动更新LSP状态。PCC与PCE保持同步。
- Active Stateful PCE：PCE可以主动向网络下发关于路径的建议，更新路径，例如，Active Stateful PCE可以通过授权机制将PCC对LSP的控制权委托给PCE，由此PCE可以更新PCC中的LSP参数。

PCEP技术可以给用户带来如下受益：

- PCEP能够进行端到端的最优路径计算，使得承载的业务路径最优化。
- PCEP能够进一步提高网络的带宽资源利用率，有利于用户对网络资源的优化利用，且部署维护更简单。
- PCEP支持对TE网络拓扑信息和隧道约束进行的集中配置和管理，有利于简化网络的运维。

1.1.1.2.2 PCEP 特性限制

1.1.1.2.3 配置 PCEP 触发创建 MPLS TE 隧道

采用PCE（Path Computation Element）算路方式建立MPLS TE隧道相比于CSPF方式，能够更加优化网络资源的利用。

应用环境

当前MPLS TE隧道的路径计算是由隧道的Ingress节点采用CSPF算法根据TEDB计算得到的。对于一个MPLS TE网络来说，会有多条隧道，通常不同隧道的Ingress节点也不相同，各个Ingress节点的算路都是独立的，这导致全网的资源利用不能最优化。

PCEP for MPLS TE可以解决上述问题。PCEP中共有Server和Client两种角色。Server是路径计算的完成方，存储了整网的路径信息。Client为算路请求的发起方，即隧道的Ingress节点。Client向Server发出请求后，Server会根据整网的资源情况进行路径计算，最终达到整网资源的最优化。

区别于采用隧道入节点CSPF算路的方式，PCE支持在PCE Server上配置和管理整网的TE信息（包括节点信息，链路信息以及隧道属性信息），因此很多CSPF必要的配置步骤在PCE变成了可选，配置时请务必注意。

前置任务

在配置通过PCEP触发创建MPLS TE隧道之前，需完成以下任务：

- 参考配置IS-IS的基本功能（IPv4），配置IS-IS协议，保证各节点在网络层互通
- 参考配置RSVP-TE隧道，进行如下配置：
 - 使能MPLS TE和RSVP-TE
 - 使能IS-IS TE
 - （可选）配置链路的TE属性
 - 配置隧道接口

说明

采用在PCE Server上配置和管理整网的TE信息的方式时，如果PCE Client上的配置与PCE Server上的配置重复时，则隧道应用PCE Server上的配置。例如，在隧道接口下配置了带宽为1000kbit/s，在PCE Server上又为这条隧道配置了2000kbit/s，最终隧道会应用2000kbit/s的带宽值。如果PCE Client配置了某一隧道属性，而PCE Server没有配置，则隧道仍会应用PCE Client对该属性的配置。

如果需要提升通过PCEP建立的TE隧道的可靠性，则可在隧道接口下配置CR-LSP热备份功能。

配置隧道入节点为 PCE Client

通过配置PCE Client，能够使隧道入节点与PCE Server建立会话，并申请算路。

应用环境

区别于采用隧道入节点CSPF算路的方式，PCE支持在PCE Server上配置和管理整网的TE信息（包括节点信息，链路信息以及隧道属性信息），因此很多采用CSPF算路方式时必要的配置步骤在PCE中变成了可选，配置时请务必注意。

由于同一入节点上可能存在多条TE隧道，如果只有一部分TE隧道的LSP由PCE Server托管，而另一部分TE隧道的LSP不托管，但为了保证PCE Server准确计算全局的带宽信息，这部分LSP的信息也需要上报给PCE Server，此时有以下两种配置方案，用户可根据实际需要选择其中一种进行配置：

- 先在入节点上配置所有TE隧道的LSP由PCE Server托管，然后在指定TE隧道接口下配置只将当前隧道的LSP信息上报给PCE Server，但LSP不由PCE Server托管。
- 先在入节点上配置将所有TE隧道的LSP信息上报给PCE Server，但LSP不由PCE Server托管，然后在指定TE隧道接口下配置当前隧道的LSP由PCE Server托管。

请在隧道入节点上执行如下步骤。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，将节点配置为PCE客户机，并进入PCE Client视图。

步骤3 （可选）执行命令**stateless-bringup**，配置PCE Client向PCE Server发送PCReq请求算路能力。

配置**stateless-bringup**命令后，PCE Client与PCE Server同步结束，PCE Client新配置的TE隧道LSP需要首先发起PCReq消息请求算路，PCE Server收到请求后，通过PCRep消息返回算路结果。在PCE托管场景，可以配置该功能。如果PCE Server返回算路结果可以满足业务需求，就可以启动托管；如果返回NO-PATH或其他异常，则需要排除问题后再启动托管。

步骤4 （可选）执行命令**pcep max-unknown-replies max-unknown-replies-value**，配置接收未知reply的最大速率。

PCE特性分为Server和Client两种角色。Server是路径计算的完成方，Client为算路请求的发起方。Client发送的每个算路请求消息（PCReq）会有ID标识，Server回复的算路结果消息（PCRep）会携带对应的ID，当Client收到Server发送的算路结果消息（PCRep）里的ID与Client发送的算路请求(PCReq)的ID不一致时认为是未知的reply。当Client收到超过一定速率的未知的reply报文，认为Server已经发生故障，Client要主动中断PCEP会话。

步骤5 执行命令**quit**，退回系统视图。

步骤6 执行命令**mpls**，进入MPLS视图。

步骤7 （可选）执行命令**mpls te pce cleanup lsp-state**，使能PCE Client在PCEP会话失效时自动降级，使用本地的算路功能。

当PCE Server故障或PCEP连接中断时，为了保证MPLS TE隧道能够正常建立，需要PCE Client能够自动降级，使用本地的算路功能。如果本地配置了CSPF，则使用CSPF进行算路；如果没有配置CSPF，则按照路由进行建路。

步骤8 请根据实际需要在以下两种方案中选择一种进行配置：

- 方案一：适用于大多数LSP均需要托管的场景
 - a. 执行命令**mpls te pce delegate** (MPLS视图)，配置本地所有TE隧道的LSP由PCE Server托管。

- b. 执行命令**quit**，回退到系统视图。
- c. 执行命令**interface tunnel tunnel-number**，进入指定的TE隧道接口视图。
- d. 执行命令**mpls te pce passive-delegate report-only** (Tunnel接口视图)，将当前隧道的LSP信息上报给PCE Server，但LSP不由PCE Server托管。
- 方案二：适用于仅少数LSP需要托管的场景
 - a. 执行命令**mpls te pce passive-delegate report-only** (MPLS视图)，将本地所有TE隧道的LSP信息上报给PCE Server，但LSP不由PCE Server托管。
 - b. 执行命令**quit**，回退到系统视图。
 - c. 执行命令**interface tunnel tunnel-number**，进入指定的TE隧道接口视图。
 - d. 执行命令**mpls te pce delegate** (Tunnel接口视图)，配置当前隧道的LSP由PCE Server托管。

步骤9 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

配置 PCE Client 的候选算路 Server

通过配置PCE Client的候选算路Server可以为PCE Client提供算路服务，如果配置多个，则会形成备份，有助于提高网络的可靠性。

应用环境

PCEP中共有Server和Client两种角色。Server是路径计算的完成方，Client为算路请求的发起方。对于Client，需要执行**connect-server**命令配置它的候选Server。

对于一台Client设备来说，可以有多个候选Server。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**connect-server ip-address**，配置PCE Client的候选PCE Server，并进入连接PCE服务器视图。

*ip-address*为PCE Server的源IP。用户可以配置多个候选Server，以便形成备份。

步骤4 （可选）执行命令**preference preference**，配置各个候选PCE Server。

*preference*为整数形式，取值范围是0~7。数值越大优先级越高。

配置PCE特性时，可以为单个Client配置多个候选Server。可以为不同的候选Server设置不同的优先级，优先级越高的候选Server将被优先选做算路Server。

如果不配置优先级，则按优先级0设置，标识优先级最低。当出现多个优先级相同的Server时，以配置的IP地址为参照，IP地址小的优先选作算路服务器。

步骤5 （可选）执行命令**source-interface port-type port-num**，配置PCEP会话的源IP地址。

PCEP会话默认使用MPLS LSR-ID作为源IP地址建立。在有些特殊情况下，MPLS LSR-ID不可达，此时可以配置此命令借用本地其他接口的IP地址作为源IP。

步骤6 （可选）执行命令**dscp dscp-val**，配置PCEP报文的差分服务优先级。

在网络数据传输比较稳定的时候，PCE Client不需要对上送的数据报文进行DSCP值更改，当数据传输出现时延丢包时，可以配置上送报文的DSCP值，提高报文传输的优先级，保证网络数据传输的质量。

步骤7 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

（可选）配置 PCE Client 将 TE LSP 向所有 PCE Server 托管

通过配置PCE Client将TE LSP向所有PCE Server托管，可以解决转发器选举的主PCE Server和控制器设置的主PCE Server不一致导致主PCE Server不能算路的问题。

应用环境

在目前PCEP场景中，由转发器选举出主备PCE Server，PCE Client将所有TE LSP向选举出的或者最高优先级的主PCE Server进行托管，只有所有TE LSP向主PCE Server托管之后才能进行算路。但是在异地容灾场景中，是由控制器设置主备PCE Server。这种情况下，可能会出现转发器选举出来的主PCE Server和控制器设置的主PCE Server不一致，造成PCE Client将所有TE LSP向不是控制器设置的主PCE Server托管，导致主PCE Server不能进行算路。为了解决上述问题，可以配置**multi-delegate enable**命令使能PCE Client将所有TE LSP向所有已建立PCEP会话的PCE Server托管，这样就不会出现主PCE Server不能算路的问题。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**multi-delegate enable**，使能PCE Client将所有TE LSP向所有已建立PCEP会话的PCE Server托管。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

（可选）配置 PCE Client 的定时器

PCE Client定时器包括存活定时器、保持定时器、重传PCReq定时器以及LSP托管定时器等。

应用环境

PCEP（Path Computation Element Communication Protocol）定义了存活定时器和保持定时器以便维护PCEP会话。PCEP会话的任意一端都会运行这两种定时器。每次存活定时器超时，本端都会重新发送Keepalive消息。如果在保持定时器超时没有收到对端发来的Keepalive消息，本端将认为会话中断。通常，保持定时器的值 = 4 × 存活定时器的值。因此配置存活定时器的值后，保持定时器的值会随之自动按照公式更新。但是，有如下限制：

- 任何时候，保持定时器的值都不能小于存活定时器。
- 配置存活定时器会按照公式改变保持定时器的值，但保持定时器的配置不会引起存活定时器值的变化。

- 如果配置存活定时器的值大于63时，保持定时器的值始终是255。

说明

PCEP会话两端设备的存活定时器（或保持定时器）是独立的，不要求取相同的值，两端也不会协商采用一个相同的值。

假如PCEP连接变为Down，PCE Client会启动LSP托管定时器。在LSP托管定时器超时之前，PCE Client将尝试与当前PCE Server恢复PCEP连接。当LSP托管定时器超时后，PCE Client将尝试与其他可用的PCE Server建立PCEP会话；同时，PCE Client会启动LSP状态超时定时器，在LSP状态超时定时器超时之前，被托管LSP的状态不允许改变。当LSP状态超时定时器超时之后，被托管LSP的状态将允许修改，此时PCE Client可能有以下两种状态：

- 如果PCE Client配置了**mpls te pce cleanup lsp-state**命令，则被托管的LSP状态将被清除，PCE Client自动降级使用本地算路功能来重新建立LSP。
- 如果PCE Client没有配置**mpls te pce cleanup lsp-state**命令，则PCE Client将维持现状，继续等待与PCE Server建立连接。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**timer { keepalive keepalive-value | hold hold-time | request request-time | delegate-hold delegate-value | state-timeout state-timeout-value }**，配置PCE Client的定时器。

各个参数的说明如下，建议采用缺省值。

参数	参数说明	取值
keepalive <i>keepalive-time</i>	指定存活定时器的值。	整数形式，取值范围是0～255，单位是秒。缺省值是30秒。
hold <i>hold-time</i>	指定保持定时器的值。	整数形式，取值范围是0～255，单位是秒。缺省值是120秒。
request <i>request-time</i>	指定重传PCReq定时器的值。	整数形式，取值范围是5～300，单位是秒。缺省值是30秒。
delegate-hold <i>delegate-value</i>	指定LSP托管定时器的值。	整数形式，取值范围是30～255，单位是秒。缺省值是30秒。
state-timeout <i>state-timeout-value</i>	指定LSP状态超时定时器的值。	整数形式，取值范围是0～2147483647，单位是秒。缺省值是259200秒，即72小时。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

检查配置结果

PCE Client配置成功后，您可以查看PCEP会话的信息和PCEP协议统计信息。

前提条件

已经完成PCE Client的所有配置。

操作步骤

- 使用**display pce protocol session** [*ip-address* | **verbose**]命令查看PCEP会话信息。
- 使用**display pce protocol statistics** [*ip-address*]命令查看PCEP协议的统计信息。
- 使用**display mpls te tunnel-interface**命令查看TE隧道的PCE托管类型。

----结束

1.1.1.2.4 配置 PCEP 触发创建 SR-MPLS TE Policy

采用PCEP算路方式建立SR-MPLS TE Policy，能够更快的响应业务的请求，更加合理的利用网络资源。

应用环境

PCEP解决方案中共有PCE Server和PCE Client两种角色。PCE Server是路径计算的完成方，存储了整网的路径信息。PCE Client是路径信息的接收方和使用方。

转发器内置PCE Client组件，所以转发器就是PCE Client，而PCE Server一般由控制器充任。

前置任务

在配置PCEP触发创建SR-MPLS TE Policy之前，需完成以下任务：

- 配置IGP（IS-IS/OSPF）协议，保证各节点在网络层互通
- 使能SR-MPLS能力

使能 PCE Client 处理 SR-MPLS TE Policy 的能力

配置PCE Client，与PCE Server建立会话，可以接收PCE Server下发的SR-MPLS TE Policy信息。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，将节点配置为PCE客户机，并进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**capability segment-routing**，使能PCE Client处理SR-MPLS TE Policy的能力。

步骤4 （可选）执行命令**stateless-bringup**，配置PCE Client向PCE Server发送PCReq请求算路能力。

配置**stateless-bringup**命令后，PCE Client与PCE Server同步结束，PCE Client新配置的SR-MPLS TE Policy的LSP需要首先发起PCReq消息请求算路，PCE Server收到请求后，通过PCRep消息返回算路结果。在PCE托管场景，可以配置该功能。如果PCE Server返回算路结果可以满足业务需求，就可以启动托管；如果返回NO-PATH或其他异常，则需要排除问题后再启动托管。

步骤5 （可选）执行命令**pcep max-unknown-replies max-unknown-replies-value**，配置接收未知reply的最大速率。

PCE特性分为Server和Client两种角色。Server是路径计算的完成方，Client为算路请求的发起方。Client发送的每个算路请求消息（PCReq）会有ID标识，Server回复的算路结果消息（PCRep）会携带对应的ID，当Client收到Server发送的算路结果消息（PCRep）里的ID与Client发送的算路请求(PCReq)的ID不一致时认为是未知的reply。当Client收到超过一定速率的未知的reply报文，认为Server已经发生故障，Client要主动中断PCEP会话。

步骤6 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

配置 PCE Client 的候选算路 Server

通过配置PCE Client的候选算路Server可以为PCE Client提供算路服务，如果配置多个，则会形成备份，有助于提高网络的可靠性。

应用环境

PCEP中共有PCE Server和PCE Client两种角色。对于PCE Client，需要执行**connect-server**命令配置它的候选PCE Server。一台PCE Client设备来说可以有多个候选PCE Server。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**connect-server ip-address**，配置PCE Client的候选PCE Server，并进入连接PCE服务器视图。

用户可以配置多个候选PCE Server，以便形成备份。

步骤4 （可选）执行命令**preference preference**，配置各个候选PCE Server。

*preference*为整数形式，取值范围是0~7。数值越大优先级越高。

配置PCEP时，可以为单个PCE Client配置多个候选Server。可以为不同的候选Server设置不同的优先级，优先级越高的候选Server将被优先选做算路Server。

如果不配置优先级，则按优先级0设置，标识优先级最低。当出现多个优先级相同的Server时，以配置的IP地址为参照，IP地址小的优先选作算路服务器。

步骤5 （可选）执行命令**source-interface port-type port-num**，配置PCEP会话的源IP地址。

PCEP会话默认使用LSR-ID作为源IP地址建立。在有些特殊情况下，LSR-ID不可达，此时可以配置此命令借用本地其他接口的IP地址作为源IP。

步骤6 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

配置 PCEP 计算 SR-MPLS TE Policy 的约束

在配置PCEP算路场景，可以提前执行本任务配置SR-MPLS TE Policy的一些约束。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 配置SR-MPLS TE Policy的算路方式为PCEP。

1. 执行命令**segment-routing**，使能全局Segment Routing能力，进入Segment Routing视图。
2. （可选）执行命令**sr-te-policy pcep lsp-identifiers report**，开启SR-MPLS TE Policy上报IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV给PCEP的能力。

IPv4-LSP-IDENTIFIERS TLV出现在PCRpt消息的LSP object中。当与第三方控制器对接时，可以打开此开关，上报Candidate-Path的Tunnel ID、Extended Tunnel ID和SR-MPLS TE Policy的Endpoint地址等信息。

3. 根据实际需要选择进行如下配置，或者配置二者的组合。
 - 全局配置所有SR-MPLS TE Policy的算路方式为PCEP。
执行命令**sr-te-policy dynamic-computation-seq pcep**，指定动态算路方式为PCEP算路。
 - 配置单个SR-MPLS TE Policy的算路方式。
 - i. 执行命令**sr-te policy policy-name [endpoint ipv4-address color color-value]**，进入SR-MPLS TE Policy视图。
 - ii. 执行命令**dynamic-computation-seq { pcep | none }**，指定SR-MPLS TE Policy的动态算路方式为PCEP算路。
参数**none**将取消单个SR-MPLS TE Policy的动态算路方式。
 - iii. 执行命令**quit**，退回Segment Routing视图。

注意全局配置优先级低于个体配置优先级。如果二者同时存在，个体配置优先生效。如果不存在个体配置，则继承全局配置。

实际应用时，通常可以分为三种情况：

- a. 如果配置所有SR-MPLS TE Policy的动态算路方式为PCEP算路，则仅执行命令**sr-te-policy dynamic-computation-seq pcep**，打开全局开关即可。
 - b. 如果配置大部分SR-MPLS TE Policy的动态算路方式为PCEP算路，则可以先执行命令**sr-te-policy dynamic-computation-seq pcep**打开全局开关，然后对于不需要PCEP算路的SR-MPLS TE Policy逐个执行命令**dynamic-computation-seq none**。
 - c. 如果配置少部分SR-MPLS TE Policy的动态算路方式为PCEP算路，则无须配置命令**sr-te-policy dynamic-computation-seq pcep**，直接对于需要PCEP算路的SR-MPLS TE Policy逐个执行命令**dynamic-computation-seq pcep**。
4. 执行命令**quit**，退回系统视图。

步骤3 （可选）创建SR-MPLS TE Policy的路径约束

如果后续步骤里需要为SR-MPLS TE Policy配置路径约束，需要提前执行此步骤配置具体的约束条件。

1. 执行命令**segment-routing policy constraint-path path-name**，创建SR-MPLS TE Policy路径约束，并且进入对应名称的路径约束视图。
2. 执行命令**index index-value address ipv4 ipv4-address [include [strict | loose] | exclude]**，在路径约束中指定下一跳IP地址。
3. 执行命令**quit**，退回系统视图。

步骤4 配置SR-MPLS TE Policy的创建约束

注意约束模板配置优先级低于SR-MPLS TE Policy下直接配置优先级。如果二者同时存在，SR-MPLS TE Policy下直接配置优先生效。如果不存在直接配置，则继承约束模板配置。

- 利用SR-MPLS TE Policy约束模板配置。
 - a. 执行命令**segment-routing policy constraint-template** *constraintName*，创建SR-MPLS TE Policy约束模板，并且进入对应名称的约束模板视图。
 - b. 执行命令**priority setup-priority hold-priority**，配置约束模板中的路径建立优先级和保持优先级。
 - c. 执行命令**affinity { include-all | include-any | exclude } { affinity-name }** &<1-32>，配置约束模板中的亲和属性约束。
 - d. 执行命令**bandwidth ct0 bandwidth-value**，配置约束模板中的带宽约束。
 - e. 执行命令**constraint-path** *constraint-path-name*，配置约束模板中的路径约束。
*constraint-path-name*参数由命令**segment-routing policy constraint-path** *path-name*配置，取值与*path-name*一致。
 - f. 执行命令**link-bandwidth utilization utilization-value**，配置约束模板中的带宽利用率。
 - g. 执行命令**metric-type { igp | te | delay | hop-count }**，配置约束模板中的度量算路类型。
配置完成后，选择执行如下对应命令，配置相应的约束值：
 - 执行命令**max-cumulation igp** *max-igp-cost*，配置约束模板中的最大IGP cost约束。
 - 执行命令**max-cumulation te** *max-te-cost*，配置约束模板中的最大TE cost约束。
 - 执行命令**max-cumulation delay** *max-delay*，配置约束模板中的最大时延约束。
 - 执行命令**max-cumulation hop-count** *max-hop-count*，配置约束模板中的最大跳数约束。
 - h. （可选）执行命令**sid selection { unprotected-preferred | protected-preferred | unprotected-only | protected-only }**，配置约束模板的SID选择原则。
缺省情况下，约束模板中的SID选择原则为无保护SID优先（**unprotected-preferred**）。
 - i. 执行命令**quit**，退回系统视图。
 - j. 执行命令**segment-routing**，使能全局Segment Routing能力，进入Segment Routing视图。
 - k. 执行命令**sr-te policy** *policy-name* [**endpoint** *ipv4-address* **color** *color-value*]，进入SR-MPLS TE Policy视图。
 - l. 执行命令**constraint-template** *constraintName*，指定SR-MPLS TE Policy引用的约束模板。
 - m. 执行命令**quit**，退回Segment Routing视图。
 - n. 执行命令**quit**，退回系统视图。

- 在SR-MPLS TE Policy下直接配置。
 - a. 执行命令**segment-routing**，使能全局Segment Routing能力，进入Segment Routing视图。
 - b. 执行命令**sr-te policy policy-name [endpoint ipv4-address color color-value]**，进入SR-MPLS TE Policy视图。
 - c. 执行命令**candidate-path preference preference**，配置SR-MPLS TE Policy的候选路径及其优先级。
每一个SR-MPLS TE Policy允许配置多个候选路径。*preference*越大，候选路径优先级越高，存在多个候选路径时，优先级最高的生效。
 - d. 执行命令**dynamic**，配置SR-MPLS TE Policy候选路径为动态路径。
 - e. 执行命令**affinity { include-all | include-any | exclude } { affinity-name } &<1-32>**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的亲和属性约束。
 - f. 执行命令**constraint-path constraint-path-name**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的路径约束。
*constraint-path-name*参数由命令**segment-routing policy constraint-path path-name**配置，取值与*path-name*一致。
 - g. 执行命令**link-bandwidth utilization utilization-value**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的带宽利用率。
 - h. 执行命令**metric-type { igp | te | delay | hop-count }**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的度量算路类型。
配置完成后，选择执行如下对应命令，配置相应的约束值：
 - 执行命令**max-cumulation igp max-igp-cost**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的最大IGP cost约束。
 - 执行命令**max-cumulation te max-te-cost**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的最大TE cost约束。
 - 执行命令**max-cumulation delay max-delay**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的最大时延约束。
 - 执行命令**max-cumulation hop-count max-hop-count**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的最大跳数约束。
 - i. （可选）执行命令**sid selection { unprotected-preferred | protected-preferred | unprotected-only | protected-only }**，配置SR-MPLS TE Policy动态候选路径下的SID选择原则。
缺省情况下，约束模板中的SID选择原则为无保护SID优先（**unprotected-preferred**）。

步骤5 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

（可选）配置 PCE Client 的定时器

PCE Client定时器包括存活定时器、保持定时器以及LSP托管定时器。

应用环境

PCEP定义了存活定时器和保持定时器以便维护PCEP会话。PCEP会话的任意一端都会运行这两种定时器。每次存活定时器超时，本端都会重新发送Keepalive消息。如果

在保持定时器超时没有收到对端发来的Keepalive消息，本端将认为会话中断。通常，保持定时器的值 = 4 × 存活定时器的值。因此配置存活定时器的值后，保持定时器的值会随之自动按照公式更新。但是，有如下限制：

- 任何时候，保持定时器的值都不能小于存活定时器。
- 配置存活定时器会按照公式改变保持定时器的值，但保持定时器的配置不会引起存活定时器值的变化。
- 如果配置存活定时器的值大于63时，保持定时器的值始终是255。

说明

PCEP会话两端设备的存活定时器（或保持定时器）是独立的，不要求取相同的值，两端也不会协商采用一个相同的值。

假如PCEP连接变为IDLE，PCE Client会启动LSP托管定时器。在LSP托管定时器超时之前，PCE Client将尝试与当前PCE Server恢复PCEP连接。

当LSP托管定时器超时后，PCE Client将尝试与其他可用的PCE Server建立PCEP会话；同时，PCE Client会启动LSP状态超时定时器，在LSP状态超时定时器超时之前，被托管LSP的状态不允许改变。当LSP状态超时定时器超时之后，被托管LSP的状态将允许修改。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**timer { keepalive keepalive-value | hold hold-time | request request-time | delegate-hold delegate-value | state-timeout state-timeout-value }**，配置PCE Client的定时器。

各个参数的说明如下，建议采用缺省值。

参数	参数说明	取值
keepalive <i>keepalive-time</i>	指定存活定时器的值。	整数形式，取值范围是0～255，单位是秒。缺省值是30秒。
hold <i>hold-time</i>	指定保持定时器的值。	整数形式，取值范围是0～255，单位是秒。缺省值是120秒。
request <i>request-time</i>	指定重传PCReq定时器的值。	整数形式，取值范围是5～300，单位是秒。缺省值是30秒。
delegate-hold <i>delegate-value</i>	指定LSP托管定时器的值。	整数形式，取值范围是30～255，单位是秒。缺省值是30秒。
state-timeout <i>state-timeout-value</i>	指定LSP状态超时定时器的值。	整数形式，取值范围是0～2147483647，单位是秒。缺省值是259200秒，即72小时。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

检查配置结果

PCE Client配置成功后，您可以查看PCEP会话的信息和PCEP协议统计信息。

前提条件

已经完成PCE Client的所有配置。

操作步骤

- 使用**display pce protocol session** [*ip-address* | **verbose**]命令查看PCEP会话信息。
- 使用**display pce protocol statistics** [*ip-address*]命令查看PCEP协议的统计信息。
- 使用**display pce protocol sr-te policy** [**endpoint** *ipv6-address* **color** *color-value*]命令查看PCC上报给PCE Server的SR-MPLS TE Policy数据库信息。

----结束

1.1.1.2.5 使能 PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy 的自动带宽调整能力

使能PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy的自动带宽调整能力，更好地响应业务需求变化。

背景信息

配置PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy的自动带宽调整功能后，通过固定时间间隔A的采样（比如每隔5分钟采样一次），可以获得该隧道流量在一个自动带宽调整周期B（比如24小时）内的最大带宽。然后根据此采样值向控制器发送请求带宽，控制器根据此带宽重新计算SR-MPLS TE Policy路径，并下发更新。

操作步骤

- 步骤1** 执行命令**system-view**，进入系统视图。
- 步骤2** 执行命令**pce-client**，将节点配置为PCE客户机，并进入PCE Client视图。
- 步骤3** 执行命令**capability auto-bandwidth**，使能PCE Client自动带宽调整的能力。
- 步骤4** 执行命令**quit**，退回系统视图。
- 步骤5** 执行命令**segment-routing**，使能全局Segment Routing能力，进入Segment Routing视图。
- 步骤6** 执行命令**sr-te-policy auto-bandwidth adjustment enable**，开启SR-MPLS TE Policy处理自动带宽调整的能力。
- 步骤7** 执行命令**sr-te-policy auto-bandwidth sample interval** [*sample-interval-value*]，使能自动带宽调整功能对SR-MPLS TE Policy隧道进行出口速率采样，并配置全局出口速率采样周期。
- 步骤8** 执行命令**sr-te policy** *policy-name* [**endpoint** *ipv4-address* **color** *color-value*]，进入SR-MPLS TE Policy视图。
- 步骤9** 执行命令**auto-bandwidth adjustment**，使能当前PCC-Initiate SR-MPLS TE Policy隧道自动带宽调整功能，并进入SR-MPLS TE Policy自动带宽调整视图。

1. 执行命令**adjustment threshold** { **absolute-bw** *absolute-bw-value* | **percent** *percent-value* [**minimum-bw** *minimum-bw-value*] } * [**downadjustment** { **down-absolute-bw** *down-absolute-bw-value* | **down-percent** *down-percent-value* [**down-minimum-bw** *down-minimum-bw-value*] } *], 配置指定SR-MPLS TE Policy隧道的自动带宽调整周期调整参数。
2. 执行命令**bandwidth** { **minimum** *min-bandwidth-value* | **maximum** *max-bandwidth-value* } *, 配置指定SR-MPLS TE Policy自动带宽调整的带宽上下限。

该步骤用于配置自动带宽调整可以预留的最大带宽及最小带宽, 当最高流量速率不在本命令配置的带宽范围内时, 即低于配置的最小带宽/高于配置的最大带宽值时, 将按照配置最小/最大带宽值进行带宽请求。

3. 执行命令**overflow-limit** { **absolute-bw** *absolute-bw-value* **count** *count-value* | **percent** *percent-value* **count** *percent-count-value* [**minimum-bw** *minimum-bw-value*] } *, 配置指定SR-MPLS TE Policy自动带宽调整向上突发调整参数。

该步骤用于配置快速自动带宽调整阈值参数。如果连续采样值与当前带宽预留差值大于或等于满足配置的快速调整的阈值, 则绕过向上周期调整, 调整到当前最高流量速率采样值。该命令用来配置快速自动带宽调整的最小阈值参数、向上绝对调整阈值、向上相对调整阈值及对应的溢出次数。本命令可与周期调整阈值命令同时使用, 快速调整与周期调整任一触发后, 将清除所有带宽速率统计数据并开始新的并重新启动自动带宽调整功能。

4. 执行命令**underflow-limit** { **absolute-bw** *absolute-bw-value* **count** *count-value* | **percent** *percent-value* **count** *percent-count-value* [**minimum-bw** *minimum-bw-value*] } *, 配置指定SR-MPLS TE Policy隧道的自动带宽调整向下突发调整参数。

该步骤用于配置向下快速自动带宽调整阈值参数。如果连续采样值与当前带宽预留差值大于或等于满足配置的快速调整的阈值, 则绕过向下周期调整, 调整到当前最高流量速率采样值。该命令用来配置向下快速自动带宽调整的最小阈值参数、向下绝对调整阈值、向下相对调整阈值及对应的溢出次数。未配置当前命令时, 将应用向上快速调整命令参数。本命令可与周期调整阈值命令同时使用, 快速调整与周期调整任一触发后, 将清除所有带宽速率统计数据并开始新的并重新启动自动带宽调整功能。

步骤10 (可选) 执行命令**adjustment interval** *adjustment-interval-value* [**down** *adjustment interval down-adjustment-interval-value*], 配置指定SR-MPLS TE Policy隧道的自动带宽调整周期。

缺省情况下, 自动带宽调整周期是86400秒(1天)。

若**sr-te-policy auto-bandwidth sample interval**命令配置的全局带宽采样周期大于本命令设置的自动带宽调整周期, 自动带宽调整功能将不会生效。

步骤11 执行命令**commit**, 提交配置。

----结束

检查配置结果

PCC-Initiated SR-MPLS TE Policy的自动带宽调整能力配置成功以后, 可以按照如下指导检查配置结果:

- 执行命令**display sr-te policy auto-bandwidth adjustment** [**policy-name** *policy-name* | **endpoint** *ipv4-address* **color** *color-value* | **binding-sid** *sid-value*], 查看SR-MPLS TE Policy自动带宽调整的详细信息。
- 执行命令**display pce protocol session verbose**, 查看自动带宽调整拥塞状态及定时器的剩余时间。

1.1.1.2.6 配置 PCEP 触发创建 SRv6 TE Policy

采用PCEP算路方式建立SRv6 TE Policy, 能够更快的响应业务的请求, 更加合理的利用网络资源。

应用环境

PCEP解决方案中共有PCE Server和PCE Client两种角色。PCE Server是路径计算的完成方, 存储了整网的路径信息。PCE Client是路径信息的接收方和使用方。

转发器内置PCE Client组件, 所以转发器就是PCE Client, 而PCE Server一般由控制器充任。

前置任务

在配置PCEP触发创建SRv6 TE Policy之前, 需完成以下任务:

- 配置IGP (IS-IS/OSPFv3) 协议, 保证各节点在网络层互通
- 使能SRv6能力

使能 PCE Client 处理 SRv6 TE Policy 的能力

配置PCE Client, 与PCE Server建立会话, 可以接收PCE Server下发的SRv6 TE Policy 信息。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**, 进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**, 将节点配置为PCE客户机, 并进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**capability segment-routing-ipv6**, 使能PCE Client处理SRv6 TE Policy的能力。

步骤4 执行命令**commit**, 提交配置。

----结束

配置 PCE Client 的候选算路 Server

通过配置PCE Client的候选算路Server可以为PCE Client提供算路服务, 如果配置多个, 则会形成备份, 有助于提高网络的可靠性。

应用环境

PCEP中共有PCE Server和PCE Client两种角色。对于PCE Client, 需要执行**connect-server**命令配置它的候选PCE Server。一台PCE Client设备来说可以有多个候选PCE Server。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**connect-server ip-address**，配置PCE Client的候选PCE Server，并进入连接PCE服务器视图。

用户可以配置多个候选PCE Server，以便形成备份。

步骤4 （可选）执行命令**preference preference**，配置各个候选PCE Server。

*preference*为整数形式，取值范围是0~7。数值越大优先级越高。

配置PCEP时，可以为单个PCE Client配置多个候选Server。可以为不同的候选Server设置不同的优先级，优先级越高的候选Server将被优先选做算路Server。

如果不配置优先级，则按优先级0设置，标识优先级最低。当出现多个优先级相同的Server时，以配置的IP地址为参照，IP地址小的优先选作算路服务器。

步骤5 （可选）执行命令**source-interface port-type port-num**，配置PCEP会话的源IP地址。

PCEP会话默认使用LSR-ID作为源IP地址建立。在有些特殊情况下，LSR-ID不可达，此时可以配置此命令借用本地其他接口的IP地址作为源IP。

步骤6 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

（可选）配置 PCE Client 的定时器

PCE Client定时器包括存活定时器、保持定时器以及LSP托管定时器。

应用环境

PCEP定义了存活定时器和保持定时器以便维护PCEP会话。PCEP会话的任意一端都会运行这两种定时器。每次存活定时器超时，本端都会重新发送Keepalive消息。如果在保持定时器超时没有收到对端发来的Keepalive消息，本端将认为会话中断。通常，保持定时器的值 = 4 × 存活定时器的值。因此配置存活定时器的值后，保持定时器的值会随之自动按照公式更新。但是，有如下限制：

- 任何时候，保持定时器的值都不能小于存活定时器。
- 配置存活定时器会按照公式改变保持定时器的值，但保持定时器的配置不会引起存活定时器值的变化。
- 如果配置存活定时器的值大于63时，保持定时器的值始终是255。

说明

PCEP会话两端设备的存活定时器（或保持定时器）是独立的，不要求取相同的值，两端也不会协商采用一个相同的值。

假如PCEP连接变为IDLE，PCE Client会启动LSP托管定时器。在LSP托管定时器超时之前，PCE Client将尝试与当前PCE Server恢复PCEP连接。

当LSP托管定时器超时后，PCE Client将尝试与其他可用的PCE Server建立PCEP会话；同时，PCE Client会启动LSP状态超时定时器，在LSP状态超时定时器超时之前，被托

管LSP的状态不允许改变。当LSP状态超时定时器超时之后，被托管LSP的状态将允许修改。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**timer { keepalive keepalive-value | hold hold-time | request request-time | delegate-hold delegate-value | state-timeout state-timeout-value }**，配置PCE Client的定时器。

各个参数的说明如下，建议采用缺省值。

参数	参数说明	取值
keepalive <i>keepalive-time</i>	指定存活定时器的值。	整数形式，取值范围是0～255，单位是秒。缺省值是30秒。
hold <i>hold-time</i>	指定保持定时器的值。	整数形式，取值范围是0～255，单位是秒。缺省值是120秒。
request <i>request-time</i>	指定重传PCReq定时器的值。	整数形式，取值范围是5～300，单位是秒。缺省值是30秒。
delegate-hold <i>delegate-value</i>	指定LSP托管定时器的值。	整数形式，取值范围是30～255，单位是秒。缺省值是30秒。
state-timeout <i>state-timeout-value</i>	指定LSP状态超时定时器的值。	整数形式，取值范围是0～2147483647，单位是秒。缺省值是259200秒，即72小时。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

检查配置结果

PCE Client配置成功后，您可以查看PCEP会话的信息和PCEP协议统计信息。

前提条件

已经完成PCE Client的所有配置。

操作步骤

- 使用**display pce protocol session [ip-address | verbose]**命令查看PCEP会话信息。
- 使用**display pce protocol statistics [ip-address]**命令查看PCEP协议的统计信息。

- 使用**display pce protocol srv6-te policy [endpoint ipv6-address color color-value]**命令查看PCC上报给PCE Server的SRv6 TE Policy数据库信息。

----结束

1.1.1.2.7 使能 PCE Client 支持 IETF 定义的 AO 格式

通过使能PCE Client支持IETF定义的AO格式，可以解决PCEP协议下定义的对象不支持IETF定义的问题。

应用环境

PCE Server和PCE Client通过PCEP协议进行信息交互。PCEP协议定义了很多对象，发送端和接收端通过对象进行编码和解码操作。AO（Association Object）就是PCEP协议中的一个对象，但是现在PCEP并不支持AO的编解码功能，为了解决上述问题，可以配置**association-type enable**命令，使能PCE Client支持IETF定义的AO格式，这样就不会出现PCEP不支持AO的编解码的问题。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**association-type enable**，使能PCE Client支持IETF定义的AO格式。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

1.1.1.2.8 使能 PCEP 会话支持 IETF 定义的 AO 和 PPAG TLV 的编码格式

通过调整设备PCEP会话支持IETF定义的AO和PPAG TLV的编码格式，便于进行互通测试。

背景信息

该功能主要用于互通测试场景，设备能够解析草案中定义的AO（Association Object）和PPAG格式，也能解析RFC 8745和RFC 8697中定义的AO和PPAG格式，默认按照草案中定义的AO和PPAG格式进行编码，用户可以根据对端设备实际支持情况进行调整。

如果对端的控制器或者测试仪使用RFC 8745和RFC 8697定义的格式，设备就必须使能**ppag standard enable**命令，发送的报文中AO和PPAG按照RFC中定义的格式进行编码，设备才能互通，否则对端设备无法解析本设备的PCRpt消息。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**ppag standard enable**，使能通过PCEP会话发送的报文中AO和PPAG TLV的编码格式按照RFC 8697和RFC 8745中定义的格式进行编码。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

1.1.1.2.9 配置 PCEP 会话的安全认证

配置PCEP会话认证能够提高网络的安全性，防止网络攻击。

应用环境

为了确保PCE Server和Client在建立会话时的安全性，防止非法用户的入侵，可以配置PCEP会话的安全认证，以便提高网络的安全性。

操作步骤

步骤1 执行命令**system-view**，进入系统视图。

步骤2 执行命令**pce-client**，进入PCE Client视图。

步骤3 执行命令**connect-server ip-address**，配置PCE Client的候选PCE Server，并进入连接PCE服务器视图。

步骤4 配置PCEP会话的安全认证，请选择配置如下步骤之一：

- 执行命令**bind ssl-policy ssl-policy-name [pceps]**，配置PCEP会话连接绑定SSL策略。PCEP会话是普通的TCP连接，存在安全风险，可以执行此步骤为PCEP会话绑定SSL策略，使PCE Client与PCE Server之间建立安全的SSL连接。

pceps参数用来指定TLS协商模式为PCEPS，即开始TLS协商之前两端先进行StartTLS协商（符合RFC 8253）。

说明

执行此步骤前，请先保证已创建相关的SSL策略。

- 执行命令**authentication keychain keychain-name**，配置Client与各个PCE Server间的Keychain会话认证。
- 执行命令**authentication md5 cipher md5text**，配置PCE Server与Client之间建立PCEP会话时采用MD5认证。为了确保PCE Server和Client在建立会话时的安全性，防止非法用户的入侵，可以配置MD5认证，以便提高网络的安全性。

说明

MD5算法安全性低，存在安全风险，建议改用更安全的认证方法。

- 执行命令**authentication tcp-ao tcp-ao-name**，配置PCE Server与Client之间建立PCEP会话时采用TCP-AO认证。

说明

使用TCP-AO认证，需要预先创建TCP-AO，具体配置方法，请参考配置TCP-AO并绑定Keychain。

步骤5 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

1.1.1.2.10 配置 PCEP 白名单 Session-CAR 功能

通过配置PCEP的白名单Session-CAR（会话承诺访问速率）功能，可以实现会话限速，避免当出现PCEP报文流量冲击时，发生PCEP会话之间报文互相抢占带宽的情况。

背景信息

当出现PCEP报文流量攻击时，可能发生PCEP会话之间报文会发生互相抢占带宽的情况。PCEP的白名单Session-CAR功能用于对白名单报文通道进行隔离，实现区分会话限速，避免PCEP会话之间报文互相抢占带宽资源。当默认在白名单Session-CAR的带宽参数不满足业务要求时，可以对带宽参数进行调整，灵活适应业务要求。

操作步骤

- 步骤1** 执行命令**system-view**，进入系统视图。
- 步骤2** 执行命令**whitelist session-car pcep-ipv4 disable**，去使能PCEP的白名单Session-CAR功能。
- 只有当该功能异常时，才需要去使能。正常情况下，建议保持开启PCEP的白名单Session-CAR功能。
- 步骤3** （可选）执行命令**whitelist session-car pcep-ipv4 { cir cir-value | cbs cbs-value | pir pir-value | pbs pbs-value } ***，配置PCEP的白名单Session-CAR功能相关参数。
- 步骤4** 执行命令**commit**，提交配置。
- 结束

检查配置结果

PCEP的白名单Session-CAR功能配置成功以后，可以按照如下指导检查配置结果：

执行命令**display cpu-defend whitelist session-car pcep statistics slot slot-id**，查看指定接口板PCEP的白名单Session-CAR的统计信息。

如果需要查看某一段时间的统计信息，可以使用**reset cpu-defend whitelist session-car pcep statistics slot slot-id**命令先清除指定接口板上PCEP的白名单Session-CAR的统计信息，然后过一段时间，再使用**display cpu-defend whitelist session-car pcep statistics slot slot-id**命令。

说明

清除指定接口板上的白名单Session-CAR的统计信息后，之前的统计信息将无法恢复，请务必仔细确认。

1.1.1.2.11 配置 PCEP 的微隔离协议 CAR 功能

背景信息

PCEP的微隔离CAR功能默认开启，可以对PCEP建连报文进行微隔离保护。当遭受攻击时，可能存在PCEP不同会话间报文发生互相抢占带宽的情况，因此，一般情况下，不建议关闭该功能。

操作步骤

- 步骤1** 执行命令**system-view**，进入系统视图。
- 步骤2** 执行命令**micro-isolation protocol-car pcep-ipv4 { cir cir-value | cbs cbs-value | pir pir-value | pbs pbs-value } ***，配置PCEP的微隔离CAR的参数值。

正常情况下，建议使用默认参数。*pir-value*应该大于等于*cir-value*，*pbs-value*应该大于等于*cbs-value*。

步骤3 （可选）执行命令**micro-isolation protocol-car pcep-ipv4 disable**，去使能PCEP的微隔离CAR功能。

PCEP的微隔离CAR功能默认开启。执行**micro-isolation protocol-car pcep-ipv4 disable**命令后可以关闭该功能，此时不再对PCEP报文进行微隔离保护。正常情况下，建议保持开启PCEP的微隔离CAR功能。

步骤4 执行命令**commit**，提交配置。

----结束

1.1.1.2.12 维护 PCEP

介绍PCEP的日常维护操作。

清除 PCEP 会话的统计信息

介绍通过命令手工清除PCEP会话的统计信息。

前提条件

当需要对PCEP会话信息做精确的统计时，可以先执行**reset pce protocol statistics**命令清除之前的统计信息，然后再执行**display pce protocol statistics**命令查看最新的统计信息。

操作步骤

- 使用**reset pce protocol statistics { ip-address | all }**命令清除PCEP会话的统计信息。

----结束