以太网 CFM、Y.1731 基本概念、配置和实施

目录

- 简介
- 先决条件
  - 要求
  - 使用的组件
- 背景信息
- 以太网 OAM
  - 以太网 OAM 协议位置
- CFM 概述
  - 关键 CFM 机制
- CFM 概念
  - 维护域
  - 维护集
  - 维护点 - 维护终端
  - 维护域中间点
    - UP MEP
    - UP MEP - 帧转发
    - DOWN MEP
    - DOWN MEP - 帧转发
    - MP 在网桥端口中的位置
    - MA 和 UP/DOWN MEP
    - UP/DOWN EP 在交换机中的适用性
- 故障管理
  - CFM 协议
  - 连续性检查协议
  - 环回协议
  - 链路跟踪协议
  - 实施案例
- 配置管理 (UP MEP)
  - 拓扑
  - 验证
    - 显示命令
    - 验证连续性检查
    - 嗅探器结果
- 配置管理 (DOWN MEP)
  - 验证
    - 显示命令
    - 验证连续性检查
- 调试命令
- 性能管理
  - 关键性能指标 (KPI)

测量 KPI
帧延迟/延迟差异
帧丢失
思科性能管理解决方案
使用准则和限制
先决条件
配置管理
验证
调试命令
相关信息

简介

本文档介绍连接故障管理(CFM)技术、配置、后期检查和故障排除。并介绍 CFM 的基本概念、CFM 的构成要素、配置指南、show 命令和对 CFM 消息的 Wireshark 分析。本文档不涉及为确保 CFM 正常工作所需遵守的硬件限制或支持的接口。

先决条件

要求

Cisco 建议您了解以下主题：

- 以太网技术
- 以太网虚拟连接 (EVC)

使用的组件

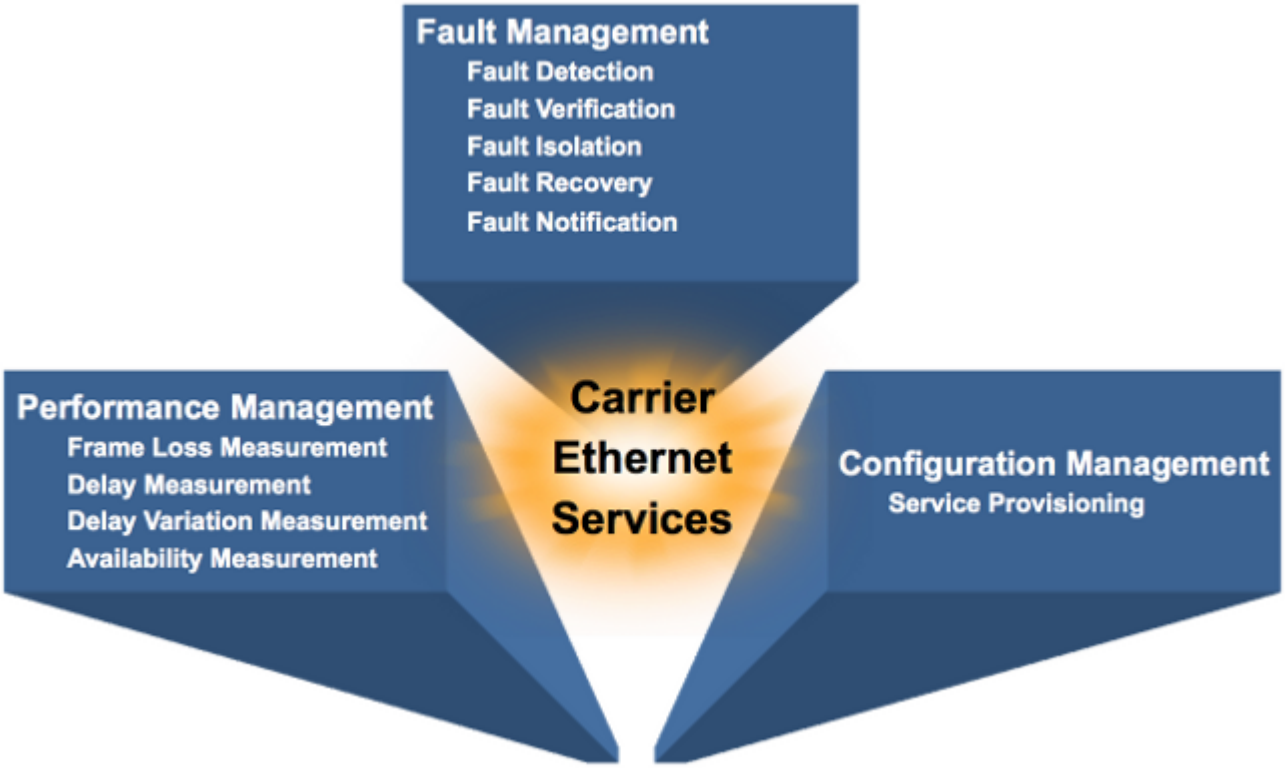
本文档不限于特定的软件和硬件版本。

本文档中的信息都是基于特定实验室环境中的设备编写的。本文档中使用的所有设备最初均采用原始（默认）配置。如果您的网络处于活动状态，请确保您了解所有命令的潜在影响。

背景信息

以太网 CFM 是端到端每服务实例以太网层运行、维护和管理 (OAM) 协议。它包括大型以太城域网 (MAN) 和广域网 (WAN) 的主动连接监控、故障验证和故障隔离。

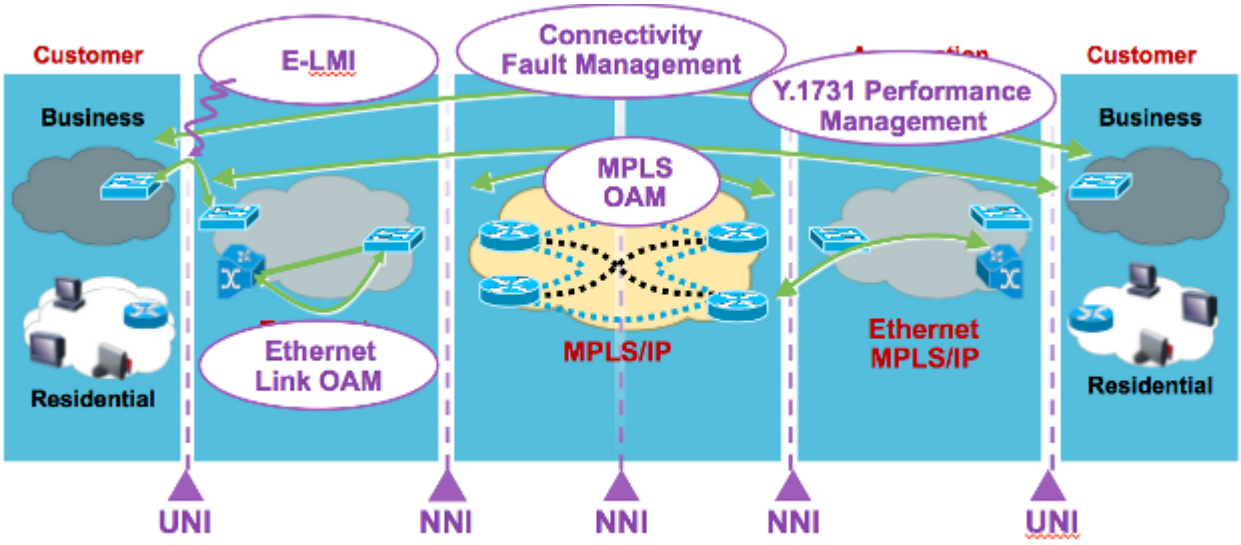
以太网作为 MAN 和 WAN 技术问世对以太网的传统运营（仅集中在企业网络上）提出了一系列新的 OAM 要求。以太网技术已扩展到运营商领域，无论是规模、复杂性还是用户范围，企业网络都无法与运营商网络相提并论，这就使链路正常运行时间的运营管理变得至关重要。更重要的是，要想保证日常运营正常进行，必须及时隔离故障并做出响应，因此 OAM 可直接转化为运营商的竞争力。



以太网 OAM

- 构成要素 - IEEE 802.1ag
- CFM - IEEE 802.3ah（第 57 条）
- 以太网链路 OAM（也称为 802.3 OAM、链路 OAM 或第一英里以太网 [EFM] OAM）- ITU-T Y.1731
- 适用于基于以太网的网络的 OAM 功能和机制 - MEF E-LMI（以太网本地管理接口）

以太网 OAM 协议位置



- E-LMI - 用户网络接口 (UNI)
- 链路 OAM - 任何点对点 802.3 链路

- CFM — 端到端UNI到UNI
- MPLS OAM - MPLS 云中

CFM 概述

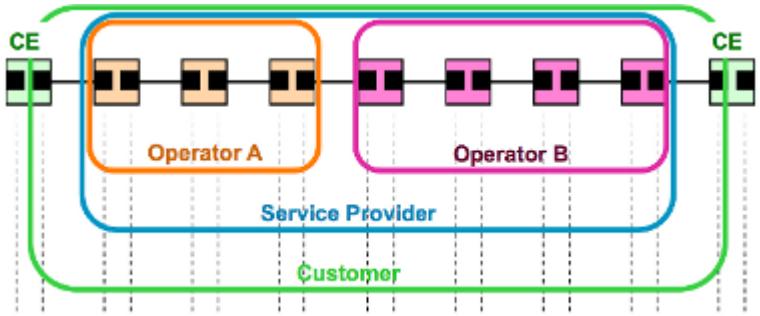
- 该系列协议提供用于检测、验证、隔离和报告端到端以太网连接故障的功能
- 采用随客户流量在带内传输的常规以太网帧
- 无法解释 CFM 消息的设备将其作为正常的数据帧转发
- CFM帧按以太类型(0x8902)和dMAC地址（用于组播消息）进行区分
- 在2007年IEEE标准中通过IEEE进行标准化。802.1ag-2007

关键 CFM 机制

- 嵌套的维护域 (MD)，用于终止对给定端到端服务进行网络管理
- 维护集 (MA)，用于监控给定 MD 下的服务实例
- 维护点 (MP)，用于生成并响应 CFM 协议数据单元 (PDU)
- 各种协议（连续性检查、环回和链路跟踪），用于故障管理活动

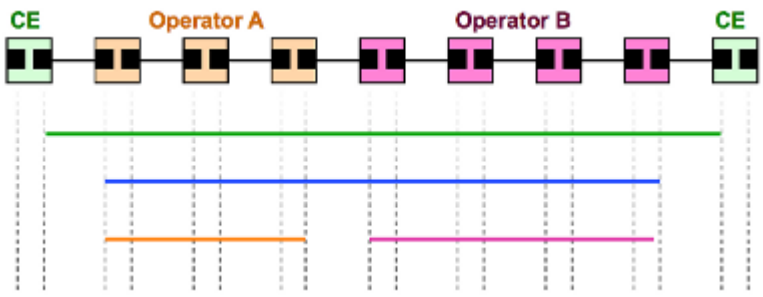
CFM 概念

维护域



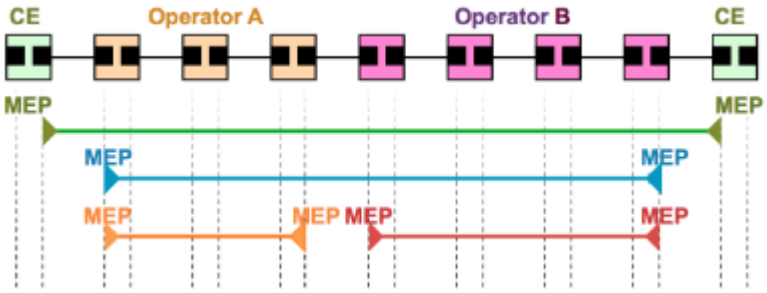
- 按运营/合同边界来定义，例如客户/服务提供商/运营商
- MD可以嵌套和触摸，但从不交叉
- 最多可“嵌套”八级：MD 级别（0 到 7）- 级别越高，范围越广
- MD 名称格式：null、MAC 地址、DNS 或基于字符串

维护集



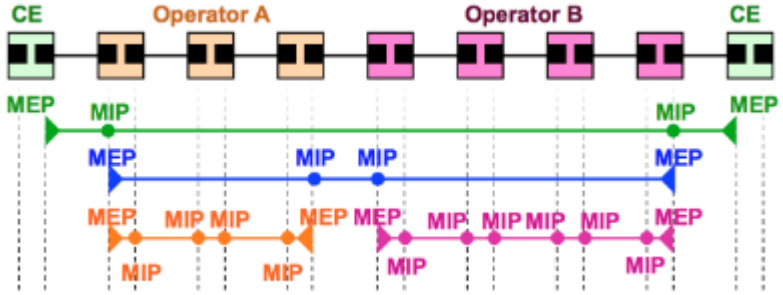
- 监控给定 MD 中特定服务实例的连接，例如流经四个 MD 的一项服务 = 四个 MA
- 以位于域边缘的一组维护终端 (MEP) 来定义
- 以 MAID 标识 -“短 MA”名称 + MD 名称
- 短 MA 名称格式 - Vlan ID、VPN-ID、整数或基于字符串

维护点 - 维护终端



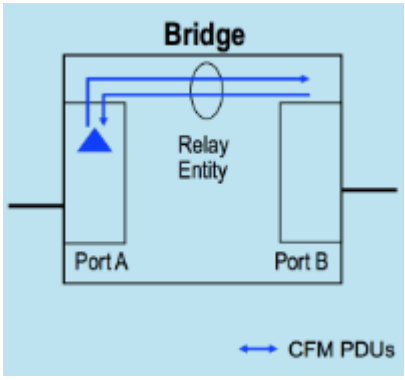
- 维护集终端
- 定义 MD 的边界
- 支持检测 MA 中任何一对 MEP 之间的连接故障
- 按每个 MA 关联并以 MEPID (1-8191) 标识
- 可以发起和响应 CFM PDU

维护域中间点



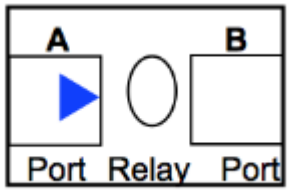
- 维护域中间点 (MIP)
- 支持发现 MEP 之间的路径和这些路径沿途的故障位置
- 可以按每个 MD 和 VLAN/EVC 进行关联（手动或自动创建）
- 可以添加、检查和响应收到的 CFM PDU

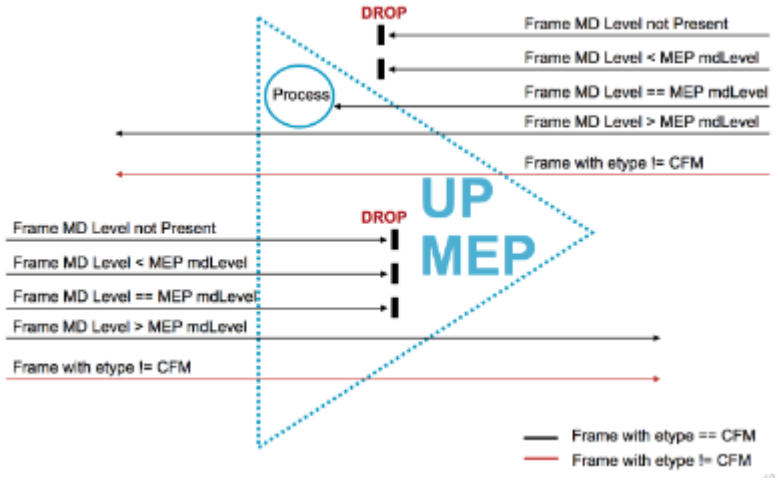
UP MEP



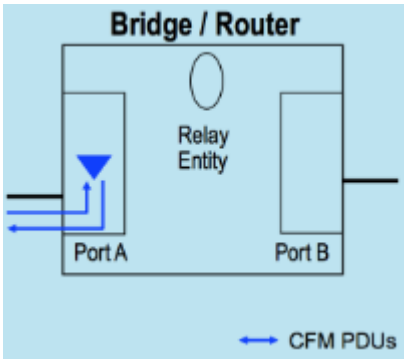
- MEP 生成的 CFM PDU 将被发送到网桥的中继功能，而非通过连接到端口（已配置 MEP）的线路发送
- 要由 MEP 响应的 CFM PDU 应该是通过网桥的中继功能到达的 CFM PDU
- 适用于交换机

UP MEP - 帧转发



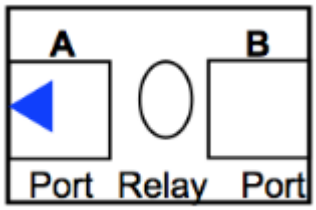


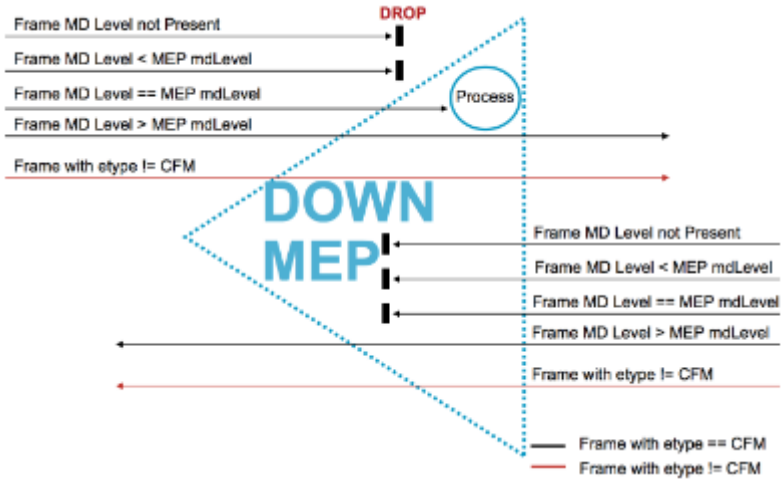
DOWN MEP



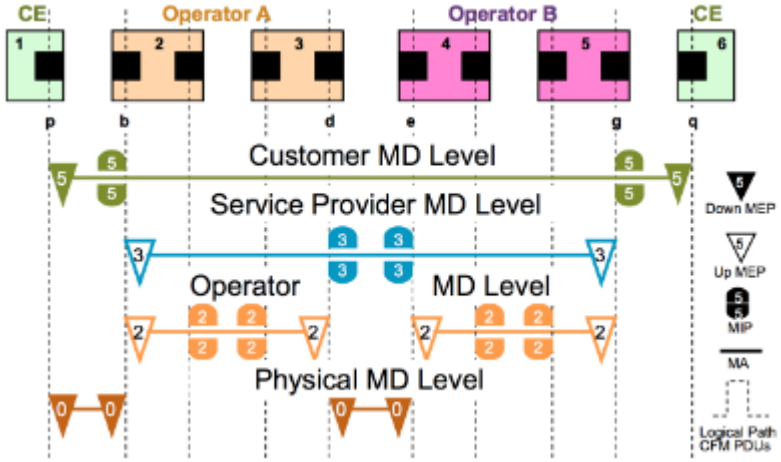
- MEP 生成的 CFM PDU 将通过连接到端口（已配置 MEP）的线路发送
- 要由 MEP 响应的 CFM PDU 应该是通过连接到端口（已配置 MEP）的线路到达的 CFM PDU
- 端口 MEP - 使用级别为零 (0) 的特殊 Down MEP 检测链路级（而非服务）故障
- 适用于路由器和交换机

DOWN MEP - 帧转发

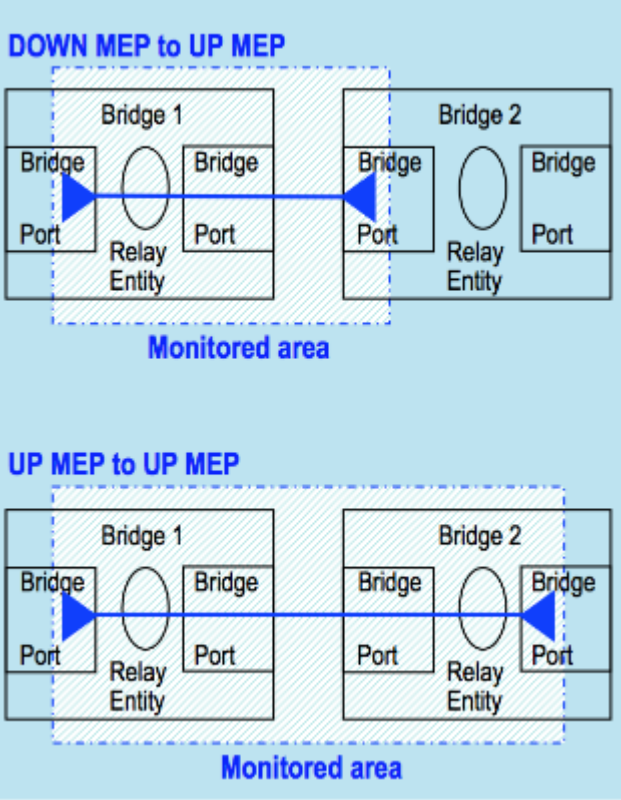




MP 在网桥端口中的位置



MA 和 UP/DOWN MEP



UP/DOWN EP 在交换机中的适用性

- DOWN MEP 通常用于跨一条链路的 MA
- UP MEP 通常用于范围更广的 MA，例如端到端和超出一条链路的范围

故障管理

CFM 协议

CFM 定义了三 (3) 个协议：

1. 连续性检查协议
    - 故障检测
    - 故障通知
    - 故障恢复
2. 环回协议
    - 故障验证
3. 链路跟踪协议
    - 路径发现和故障隔离

连续性检查协议

- 用于故障检测、通知和恢复
- Per-Maintenance Association消息由MEP（3.3毫秒、10毫秒、100毫秒、1秒、10秒、1分钟、10分钟）以可配置的周期性间隔传输multicast "heart-beat" — 单向（无需响应）
- 配置了 MEP 的端口的运营商状态

- 由 MIP 在同一 MD 级别编目，以同一 MA 中的远程 MEP 终止

环回协议

- 用于故障验证 — **Ethernet Ping**
- MEP 可将单播 LBM 传输到同一 MA 中的 MEP 或 MIP
- MEP 也可以传输组播 LBM（由 ITU-T Y.1731 定义），在此情况下仅同一 MA 中的 MEP 会响应
- 接收MP响应并将LBM转换为发回原始MEP的单播LBR

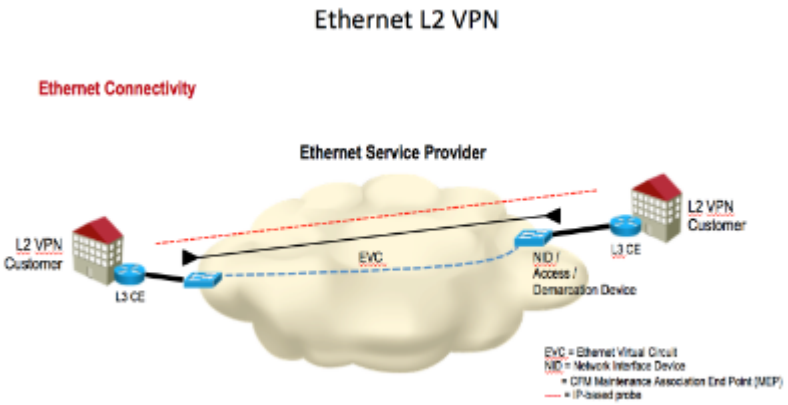
链路跟踪协议

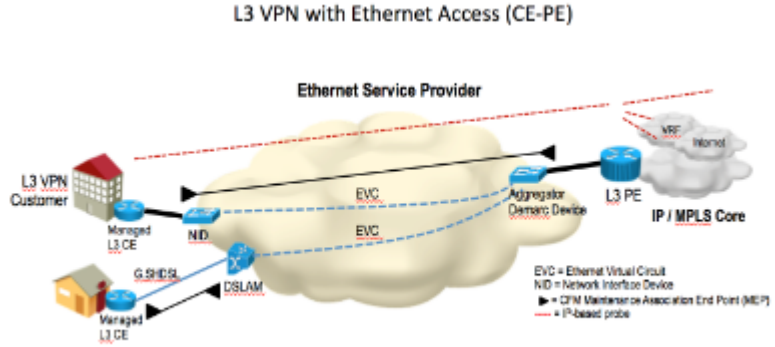
- 用于路径发现和故障隔离 — **Ethernet Traceroute**
- MEP 可以传输组播消息 (LTM)，以便发现 MP 和通往同一 MA 中 MIP 或 MEP 的路径
- 路径上的每个MIP和端接MP将单播LTR返回到原始MEP

要将三种协议全部整合到一起并在网络中实施，请完成以下步骤：

1. 运行连接检查，以便主动检测软件或硬件故障。
2. 检测到故障时，使用环回、CCM 数据库和错误数据库对其进行验证。
3. 验证后，运行 traceroute 将其隔离。还可以使用多段 LBM 来隔离故障。
4. 如果隔离的故障指向虚电路，则可以使用该技术的 OAM 工具进一步隔离故障；以 MPLS PW 为例，就可以使用 VCCV 和 MPLS ping。

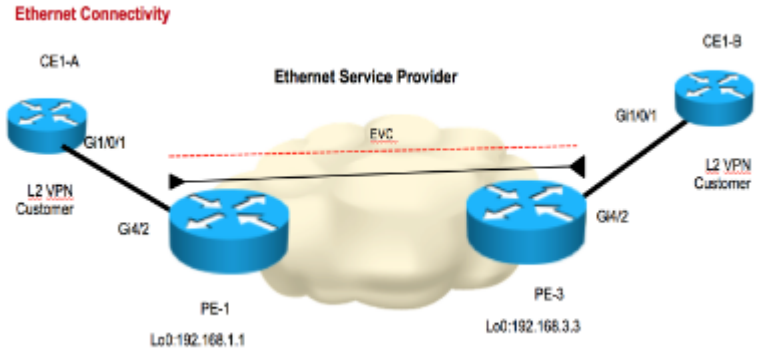
实施案例





配置管理 (UP MEP)

拓扑



为了探索配置，我们创建了一个小型拓扑来进行演示。“域”、“服务名称”和“EVC 名称”所使用的名称如下所示：

<#root>

Domain: ISPdomain

Domain level: 5

Service Name: XCONN_EVC

EVC Name: EVC_CE1

PE1:

```
---------------------------Enabling CFM globally-------------------------------------
ethernet cfm ieee
ethernet cfm distribution enable
ethernet cfm global
ethernet cfm traceroute cache
ethernet cfm alarm notification all
ethernet cfm domain ISPdomain level 5
 service XCONN_EVC evc EVC_CE1
  continuity-check

---------------------------Enabling CFM MEP under EVC----------------------------

int gig4/2
service instance 2100 ethernet EVC_CE1
  encapsulation dot1q 2100
```

```
  xconnect 192.168.3.3 2100 encapsulation mpls
  cfm mep domain ISPdomain mpid 102
   monitor loss counter
```

PE3:

```
--------------------------Enabling CFM globally-------------------------------------

ethernet cfm ieee
ethernet cfm distribution enable
ethernet cfm global
ethernet cfm traceroute cache
ethernet cfm alarm notification all
ethernet cfm domain ISPdomain level 5
 service XCONN_EVC evc EVC_CE1
  continuity-check

--------------------------Enabling CFM MEP under EVC----------------------------

int gig4/2
service instance 2100 ethernet EVC_CE1
  encapsulation dot1q 2100
  xconnect 192.168.1.1 2100 encapsulation mpls
  cfm mep domain ISPdomain mpid 201
   monitor loss counter
```

验证

显示命令

<#root>

```
PE1#
```

show ethernet cfm maintenance-points local

```
Local MEPs:
--------------------------------------------------------------------------------
MPID Domain Name                                Lvl   MacAddress     Type  CC
Ofld Domain Id                                  Dir   Port           Id
     MA Name                                          SrvcInst       Source
     EVC name
--------------------------------------------------------------------------------
```

102

```
  ISPdomain                                5
```

ccef.48d0.64b0

```
 XCON  Y
No   ISPdomain                                  Up    Gi4/2          N/A
     XCONN_EVC                                        2100           Static
     EVC_CE1
```

```
Total Local MEPs: 1

PE1#

show ethernet cfm maintenance-points remote


--------------------------------------------------------------------------------

MPID

  Domain Name                                MacAddress          IfSt  PtSt

Lvl

  Domain ID                                  Ingress
 RDI  MA Name                                    Type Id             SrvcInst
      EVC Name                                                       Age
      Local MEP Info
--------------------------------------------------------------------------------

201

   ISPdomain

8843.e1df.00b0

     Up    Up

5

    ISPdomain                                 Gi4/2:(192.168.3.3, 2100)
 -    XCONN_EVC                                  XCON N/A            2100
      EVC_CE1                                                        5s
      MPID: 102 Domain: ISPdomain MA: XCONN_EVC
```

在此输出中，你可以看到远程 mpid 和远程 MAC 地址。CFM 状态显示为 up/up。

验证连续性检查

```
<#root>

PE1#

ping ethernet mpid 201 domain ISPdomain service XCONN_EVC


Type escape sequence to abort.

Sending 5 Ethernet CFM loopback messages to 8843.e1df.00b0, timeout is 5 seconds:!!!!!


Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/4/4 ms

PE1#

traceroute ethernet mpid 201 domain ISPdomain service XCON$

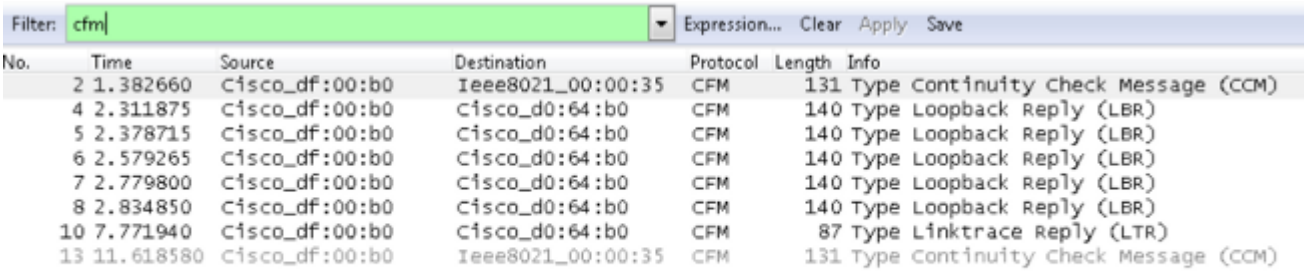

Type escape sequence to abort. TTL 64. Linktrace Timeout is 5 seconds
Tracing the route to 8843.e1df.00b0 on Domain ISPdomain, Level 5,
 service XCONN_EVC, evc EVC_CE1
```

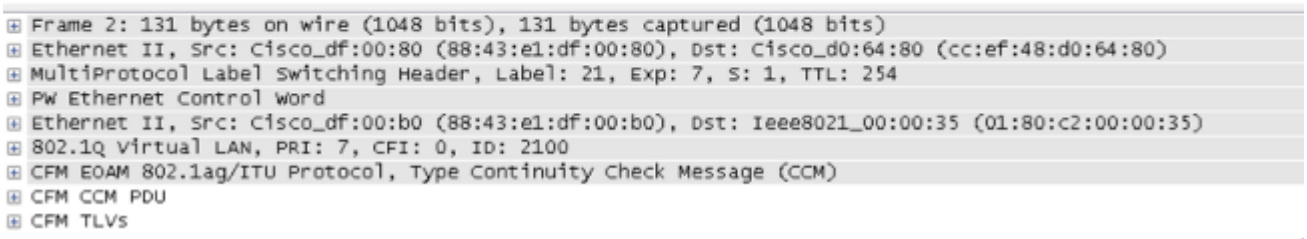
```
Traceroute sent via Gi4/2:(192.168.3.3, 2100), path found via MPDB

B = Intermediary Bridge
! = Target Destination
* = Per hop Timeout
-------------------------------------------------------------------------------
                              MAC       Ingress        Ingr Action  Relay Action
  Hops    Host              Forwarded   Egress         Egr Action   Previous Hop
-------------------------------------------------------------------------------
B 1                     ccef.48d0.64b0 Gi4/2          IngOk        RlyMPDB
                        Forwarded
! 2                     8843.e1df.00b0                             RlyHit:MEP
                        Not Forwarded                              ccef.48d0.64b0
```

嗅探器结果

在 PE1 上放置嗅探器设备，捕获来自远程位置的所有 CFM 数据包。示例如下所示：





在该屏幕截图中：

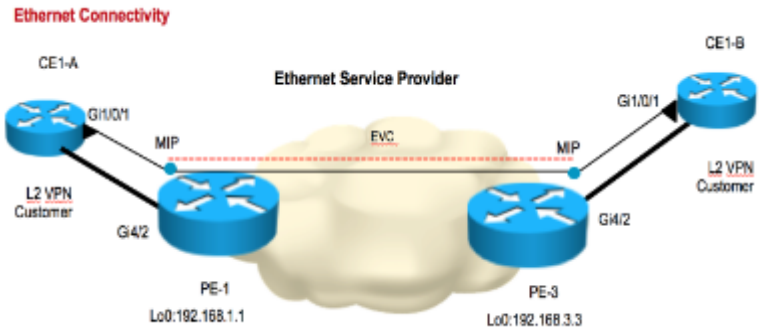
- 序号 2 和 13 所示为一般连续性检查消息 (CCM)。
- 序号 4、5、6、7 和 8 所示为因 ping 测试而生成的环回应答 (LBR)。
- 序号 10 所示为因 traceroute 测试而生成的线路跟踪应答 (LTR)。

配置管理 (DOWN MEP)

在上一个示例中，EVC可由位于PE1和PE3后面的CE1使用。您可以在CE1设备上启用下行MEP，但具有更高级别的MD。此示例中的 MD 级别为 7。

<#root>

Domain: CEdomain
Domain level: 7



<#root>

CE1_A

```
--------------------Enabling CFM globally----------------------------

ethernet cfm ieee
ethernet cfm global
ethernet cfm domain CEdomain level 7
 service CUST vlan 2100 direction down (down Mep)
  continuity-check


------------------Enabling CFM MEP under interface--------------------

interface GigabitEthernet1/0/1
 switchport access vlan 2100
 switchport trunk encapsulation dot1q
 switchport mode trunk
 ethernet cfm mep domain CEdomain mpid 1002 service CUST
```

CE1_B

```
--------------------Enabling CFM globally----------------------------

ethernet cfm ieee
ethernet cfm global
ethernet cfm domain CEdomain level 7
 service CUST vlan 2100 direction down
  continuity-check

------------------Enabling CFM MEP under interface--------------------

interface GigabitEthernet1/0/1
 switchport access vlan 2100
 switchport trunk encapsulation dot1q
 switchport mode trunk
 ethernet cfm mep domain CEdomain mpid 2001 service CUST
```

验证

显示命令

<#root>

```
CE1#
```

show ethernet cfm maintenance-points remote

```
--------------------------------------------------------------------------------
MPID  Domain Name                                MacAddress          IfSt  PtSt
 Lvl  Domain ID                                  Ingress
 RDI  MA Name                                    Type Id             SrvcInst
      EVC Name                                                       Age
      Local MEP Info
--------------------------------------------------------------------------------
2001  CEdomain                                   5835.d970.9381      Up    Up
 7    CEdomain                                   Gi1/0/1
 -    CUST                                       Vlan 2100           N/A
      N/A                                                            3s
     MPID: 1002 Domain: CEdomain MA: CUST

Total Remote MEPs: 1
CE1#
```

show ethernet cfm maintenance-points local

```
Local MEPs:
--------------------------------------------------------------------------------
MPID Domain Name                                Lvl   MacAddress     Type  CC
Ofld Domain Id                                  Dir   Port           Id
     MA Name                                          SrvcInst       Source
     EVC name
--------------------------------------------------------------------------------
1002 CEdomain                                   7     0023.eac6.8d01 Vlan  Y
No   CEdomain                                   Down  Gi1/0/1        2100
     CUST                                             N/A            Static
     N/A
```

验证连续性检查

<#root>

```
CE1#
```

ping ethernet mpid 2001 domain CEdomain service CUST

```
Type escape sequence to abort.
```

Sending 5 Ethernet CFM loopback messages to 5835.d970.9381, timeout is 5 seconds:!!!!!

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms

Total Local MEPs: 1
Till now MIP is not configured on PE1 and PE3 hence output of show command and
 traceroute command will be as per below.

CE1#
```

tracer ethernet mpid 2001 domain CEdomain service CUST

```
Type escape sequence to abort. TTL 64. Linktrace Timeout is 5 seconds
Tracing the route to 5835.d970.9381 on Domain CEdomain, Level 7, vlan 2100
Traceroute sent via Gi1/0/1

B = Intermediary Bridge
! = Target Destination
* = Per hop Timeout
-------------------------------------------------------------------------------
                            MAC      Ingress        Ingr Action  Relay Action
  Hops   Host             Forwarded   Egress         Egr Action   Previous Hop
-------------------------------------------------------------------------------
! 1                    5835.d970.9381 Gi1/0/1        IngOk        RlyHit:MEP
                       Not Forwarded                              0023.eac6.8d01
```

CE1_A 可以通过 traceroute 看到 CE1_B。

现在，请在 PE1 和 PE2 上配置 MIP。

```
PE1:
interface GigabitEthernet 4/2
 service instance 2100 ethernet EVC_CE1
 cfm mip level 7

PE2:
interface GigabitEthernet 4/2
 service instance 2100 ethernet EVC_CE1
 cfm mip level 7
```

现在，请在 CE1 上检查 traceroute 结果。

<#root>

```
CE1#
```

traceroute ethernet mpid 2001 domain CEdomain service CUST

```
Type escape sequence to abort. TTL 64. Linktrace Timeout is 5 seconds
Tracing the route to 5835.d970.9381 on Domain CEdomain, Level 7, vlan 2100
Traceroute sent via Gi1/0/1

B = Intermediary Bridge
! = Target Destination
```

```
* = Per hop Timeout

-------------------------------------------------------------------------------
                            MAC      Ingress        Ingr Action  Relay Action
  Hops   Host             Forwarded   Egress         Egr Action   Previous Hop
-------------------------------------------------------------------------------
B 1                    ccef.48d0.64b0 Gi4/2          IngOk        RlyMPDB
                       Forwarded                                  0023.eac6.8d01
B 2                    8843.e1df.00b0                             RlyMPDB
                       Forwarded      Gi4/2          EgrOK        ccef.48d0.64b0
! 3                    5835.d970.9381 Gi1/0/1        IngOk        RlyHit:MEP
                       Not Forwarded                              8843.e1df.00b0
```

您可以看到traceroute输出中的差异。在PE1和PE2上配置了MIP后，可以看到中间跃点。

调试命令

```
debug ethernet cfm diagnostic packets
debug ethernet cfm packets
```

性能管理

关键性能指标 (KPI)

- 帧丢失率 - 在时间间隔 T 内，未送达的服务帧占传递的服务帧总数的百分比 (%)
- 帧延迟 - 服务帧的往返/单向延迟
- 帧延迟差异 - 一对服务帧之间的帧延迟差异

测量 KPI

帧延迟/延迟差异

- 单向或双向测量
- 需要带有时间戳的合成流量
- 需要对单向延迟进行每日定时同步

帧丢失

- 单向帧丢失
  - 源到目的 - 远端
  - 目的到源 - 近端
- 服务帧丢失（实际丢失）- 需要交换计数器
  - 仅适用于点对点 EVC
- 统计帧丢失 - 依赖合成流量

- 多点服务需要合成流量
    - 适用于点对点和多点 EVC

思科性能管理解决方案

- 基于 IEEE 802.1ag 和供应商特定 PDU 的以太网性能探测
    - 测量单向 FD/FDV/FL 和双向 FD/FDV
    - 部分支持多供应商网络
    - 通过 IP SLA 进行配置和计划
    - 在功能名称下发货： **IP SLA for Metro Ethernet**
- 基于 Y.1731 PDU 的以太网性能探测
- 在Cisco IOS®中对这些机制的优先级:单向 ETH-DM/双向 ETH-DM、单端 ETH-LM 和思科提议的 Y.1731 扩展 (ETH-SLM) 多供应商互通性
- 通过 IP SLA 配置并计划在软件和硬件辅助下的实施
- 对选定的思科 IOS 和思科 IOS XR 平台逐步停止交付

使用准则和限制

- 思科 7600 实施
    - 以下 CFM 场景不支持 Y.1731 PM：
        - 交换机端口上的 MEP
        - VPLS L2VFI 上的 MEP
        - 与网桥域间的服务实例上的 UP MEP
        - 与网桥域间的未标记服务实例上的 DOWN MEP
        - 双重标记的路由（子）接口上的 MEP
        - 端口 MEP
            - 管理引擎切换后，将清除 Y.1731 PM 状态
        - 需要重新启动 IPSLA
            - 端口通道注意事项
        - 成员接口必须位于 ES+ 线卡上
        - 对丢失探测 (LMM) 而言，所有成员必须位于同一个 NPU 上（此限制不适用于延迟探测）
        - 添加/删除成员链接时，会话将变为无效
        - 在采用手动 EVC 负载均衡的端口通道上不支持 Y.1731 PM
        - 在 mLACP 上不支持 Y.1731 PM

先决条件

- 配置 CFM。
    - MD、MA 和 MEP
- 将本地 MEP 配置分发到 ES+ 线卡。
    - 将硬件编程为响应传入的延迟测量消息 (DMM)/丢失测量消息 (LMM) PDU
    - 路由器（配置）#**ethernet cfm distribution enable**
- （可选）配置时间源协议（NTP 或 PTPv2）。 对单向延迟测量必须配置。
- 启用向下同步到线卡。
    - 路由器（配置）#**platform time-source**

- （可选）在 CFM MEP 下启用服务帧每服务类别/合计计数器监控。对丢失探测必须配置。
  - Router(config-if-srv-ecfm-mep)#**monitor loss counter**

配置管理

前面的命令已在故障管理中启用，因此只需启用 IP SLA 即可开始性能管理。

```
Ip sla 10
 Ethernet y1731 loss LMM domain SPdomain evc EVC_CE1 mpid 201 cos 8 source mpid 102
  Frame interval 100
  Aggregate interval 180

Ip sla schedule 10 start-time after 00:00:30 life forever.
```

验证

<#root>

PE1#

show ip sla stat 10

```
IPSLAs Latest Operation Statistics

IPSLA operation id: 10
Loss Statistics for Y1731 Operation 10
Type of operation: Y1731 Loss Measurement
Latest operation start time: 09:30:11.332 UTC Fri Dec 20 2013
Latest operation return code: OK
Distribution Statistics:

Interval
 Start time:  09:30:11.332 UTC Fri Dec 20 2013
 Elapsed time: 56 seconds
 Number of measurements initiated: 120
 Number of measurements completed: 120
 Flag: OK
```

PE1#

show ethernet cfm pm session active

```
Display of Active Session
-------------------------------------------------------------------------
EPM-ID   SLA-ID    Lvl/Type/ID/Cos/Dir Src-Mac-address Dst-Mac-address
-------------------------------------------------------------------------
 0       10        5/XCON/N/A/7/Up     ccef.48d0.64b0  8843.e1df.00b0
Total number of Active Session: 1

--> Src-Mac-address: SRC MAC of MEP,check 'show ethernet cfm maintenance-points local'
--> Dst-Mac-address: MAC of dest MEP,check 'show ethernet cfm maintenance-points remote'
```

```
PE1#
```

show ethernet cfm pm session detail 0

```
Session ID: 0
Sla Session ID: 10
Level: 5
Service Type: XCO
Service Id: N/A
Direction: Up
Source Mac: ccef.48d0.64b0
Destination Mac: 8843.e1df.00b0
Session Status: Active
MPID: 102
Tx active: yes
Rx active: yes
Timeout timer: stopped
Last clearing of counters: 08:54:20.079 UTC Sat Dec 20 2013
DMMs:
Transmitted: 0
DMRs:
Rcvd: 0
1DMs:
Transmitted: 0
Rcvd: 0
LMMs:
Transmitted: 3143161
LMRs
Rcvd: 515720
VSMs:   Transmitted: 0
VSRs:   Rcvd: 0
```

调试命令

```
debug ip sla trace <oper_id>
debug ip sla error <oper_id
```

相关信息

- 服务提供商网络中的ITU-T Y.1731性能监控
- 思科运营商级以太网 OAM 概述
- 技术支持和文档 - Cisco Systems

关于此翻译
思科采用人工翻译与机器翻译相结合的方式将此文档翻译成不同语言，希望全球的用户都能通过各自的语言得到支持性的内容。

请注意：即使是最好的机器翻译，其准确度也不及专业翻译人员的水平。

Cisco Systems, Inc. 对于翻译的准确性不承担任何责任，并建议您总是参考英文原始文档（已提供链接）。