

# 以太网告警指示信号的改进及实现<sup>①</sup>

古 辉, 朱则孝

(浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 杭州 310032)

**摘 要:** 以太网 OAM 是一种保障以太网运行管理维护的机制, 主要进行以太网连通性检测 ETH-CC(Ethernet-Continuity Check)和链路问题的跟踪定位。但是 ETH-CC 存在自身的缺陷, 在维护域相互嵌套的情况下会发生链路故障告警的冗余, 使得网络故障难于定位、隔离和解决。以太网告警指示信号 ETH-AIS(Ethernet-Alarm Indication Signal)具有抑制冗余故障告警的功能。因此本文基于 ITU-T Y.1731 建议书改进和完善 ETH-AIS, 实现快速抑制冗余故障告警, 快速有效减少故障告警信息, 解决网络故障定位、隔离和解决难的问题。增强以太网 OAM 机制的可应用性, 为以太网运营提供技术保障。

**关键词:** 以太网 OAM; 以太网连通性检测; 以太网告警指示信号; 抑制告警; ETH-AIS 联动端口

## Improvement and Implementation of ETH-AIS

GU Hui, ZHU Ze-Xiao

(Department of Computer Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

**Abstract:** Ethernet-OAM is an Operation-Administration and Maintenance mechanism for Ethernet, which is mainly go on Ethernet-Continuity Check(ETH\_CC), tracking and locating link fault. However, ETH-CC yields redundant link-fault alarms on the premise that a Maintenance Domain nests another. As a result, it is difficult to locate, separate and settle network faults with them. Ethernet-Alarm Indication Signal(ETH-AIS) be able to restrict ETH-CC producing redundant alarm. This paper is based on the ITU-T Y.1731 recommendation to improve ETH-AIS, including restrict redundant alarm information with high-speed, and reduce the amount of link-fault alarms and overcome the difficulty of locating, separating and settling network faults effectively. Finally to enhance the appliance of ETH-OAM and provide the technical support for Ethernet-operation.

**Keywords:** ETH-OAM; ethernet-continuity check; ethernet-alarm indication signal; alarm restriction; ETH-AIS and port interaction

## 1 引言

Ethernet OAM 是以太网运行(Operation)、管理(Administration)和维护(Maintenance)的简称, 是网络运营商履行 QoS 保障的主要技术之一。电信级城域以太网是一种新兴的城域网技术。随着我国城市信息化建设步伐的加快, 电信级城域以太网已经成为今后信息网络建设的重点。长期以来, 以太网运行的可靠性存在一些问题, 其中一个主要原因是以太网的运行、管理和维护机制不尽完善。因此, Ethernet OAM 机制的研究具有一定的理论意义和应用价值。目前, ITU-T、

IEEE 等标准组织已经比较全面的完成了 Ethernet OAM 机制的研究, 形成的建议书分别有 802.1ag 和 Y.1731。本文将在现有的建议书和电信级以太网的基础上改进完善 Ethernet OAM 机制<sup>[4]</sup>, 为以太网的运营提供一定的 QoS 保障。

## 2 ETH-OAM

维护域之间存在邻居关系和嵌套关系和相交关系, 其中相交关系是对网络进行错误配置造成的, 是一种错误的关系。如图 1 所示, 用户维护域内嵌运营

① 收稿时间:2010-07-20;收到修改稿时间:2010-08-24

商维护域, 运营商维护域又内嵌两个子运营商维护域, 分别为运营商 1 维护域和运营商 2 维护域, 且这两个维护域是邻居关系。OAM 具有透明性, 即高级别的 OAM 帧可以在较低级别维护域的链路上透明的传输, 反之, OAM 帧将被阻断。因此, 内嵌的维护域(如运营商维护域)的级别较低, 外层的维护域(如用户维护域)的级别较高。另外, 邻居关系的维护域级别一般相同。

ETH-CC 是一种基于 VLAN<sup>[5-7]</sup> 的端到端的 Ethernet OAM 机制, 具有检测二层以太网链路连通性的能力。维护端点 MEP(Maintenance association End Point)作为 ETH-OAM 的执行主体, 通常在维护域边界设备上配置 MEP, 当 MEP 具有 ETH-CC 功能后, 以周期  $t$  ( $t$  通常为 1 秒) 不断发送 CC 帧, 当 3.5 个周期  $t$  内未接收到回复报文, 则认为链路有问题, 报告链路故障告警。例如, 当运营商网络的链路有问题, 用户的 CC 的回复帧便不能接收到。如此, 运营商和用户的维护域均会报告链路故障告警。事实上, 当一个维护域内嵌另一个维护域时, 两个维护域共同覆盖的网络便全权交由内嵌的维护域来管理维护运营。因此, 当运营商网络的链路有问题, 用户维护域的 MEP 不该有链路故障告警, 不该参与该网络的检测和维护。

因此, 如果 ETH-OAM 机制缺少完善的抑制冗余故障告警功能, 当内层维护域发生链路故障时, 内层维护域和外层维护域均会检测出链路故障并发出故障告警, 那么外层维护域的这些告警被称为冗余故障告警。由于冗余故障告警无法表示链路故障是属于内层维护域还是外层维护域, 给网络故障分析与定位造成困扰。因此, 本文深入研究 ETH-AIS 的原理并加以改进, 快速有效地抑制故障告警, 满足电信级城域以太网的要求。

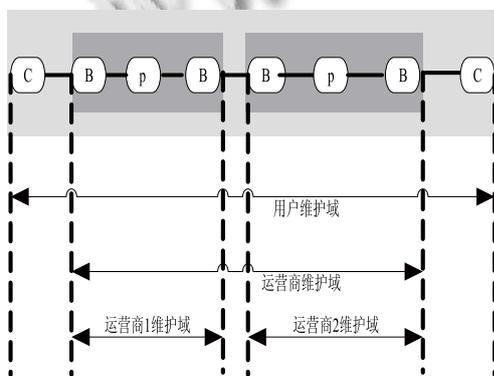


图 1 维护域管理图

### 3 ETH-AIS的改进

MEP 具有 ETH-CC 和 ETH-AIS 能力, 当某个 MEP 接收到 ETH-AIS 帧时, 该 MEP 会抑制自己向网管中心发出冗余故障告警(简称抑制告警)。研究发现, 电信级的 ETH-AIS 要求 MEP 能够快速抑制告警, 帮助快速定位、隔离和解决网络故障。本文在 ETH-AIS 的告警抑制速度上加以改进和完善, 主要解决两个问题: (1)快速发现链路故障并在第一时间抑制告警; (2)快速地接收处理 ETH-AIS 帧并快速抑制告警。

根据以上思路提出两种解决方法: (1)监视设备的端口状态 (UP/DOWN), 将设备端口中的一个端口配置成能够发送 ETH-AIS 帧, 当发现该端口从 UP 变为 DOWN 时, 立即发送期望级别的 ETH-AIS 帧来通知相应的 MEP 抑制告警(该功能简称为 ETH-AIS 联动端口功能), 在一定程度上加快了发现链路故障和抑制告警的速度; (2)利用数据通信设备的专用 CPU(也称辅助 CPU), 辅助 CPU 专门处理紧急或重要的帧(例如 ETH-AIS 帧、ETH-CC 帧), 故 ETH-AIS 帧能够得到高效率的处理。因此 ETH-AIS 主要包括 ETH-AIS 联动端口功能和 ETH-AIS 功能(主要是 ETH-AIS 帧的快速处理)。

#### 3.1 ETH-AIS 联动端口功能

数据设备端口的损坏、端口接触不良、误操作、传输介质的老化断裂等都会导致设备的端口状态从 UP 转变为 DOWN 时, 导致帧的发送失败, 是网络故障的常见现象。因此, 当端口状态从 UP 转为 DOWN 时, 就发出 ETH-AIS 帧, 通知抑制告警, 是比较合理有效的。

ETH-CC 用于链路差错管理时, 其发送 CCM (Continuity-Check Message)帧的周期为 1 秒<sup>[2]</sup>, 且只有在 3.5 倍的发送周期内没有接收到相应的回应帧, 才认为链路有问题。因此, 在设备端口从 UP 转变为 DOWN 时, ETH-CC 需要 3.5 秒时间才能检测到链路是否存在问题, 是否发送 ETH-AIS 抑制告警。但是, 当链路故障导致某个端口状态从 UP 转为 DOWN 时, 实时软件系统能够快速响应该端口的状态变化, 其响应时间远小于 3.5 秒。因此, 当链路故障导致端口状态变化时, 能够快速响应并发送 ETH-AIS 帧抑制告警

Ethernet OAM 机制提供 8 个级别 (0-7) 来管理网络<sup>[1,2]</sup>。因此, 以太网最多有 8 个级别的维护域嵌套, 分别为 L0L1...L7。假设以太网有  $m$  ( $m < 9$ ) 个维护域

嵌套, 分别为  $L0L1 \dots Lm-1$ , 并且第  $L_i$  个维护域有  $N_i$  个 MEP。如果最内层维护域 (级别最低的维护域) 的一条链路发生故障, 那么在 3.5 秒内第  $L_i$  维护域的 MEP 将向网管中心发送  $n_i$  个告警信息,  $m$  个相嵌套的维护域将会总发送  $n$  个冗余故障告警。上述说明了 ETH-AIS 联动端口能够加快抑制告警的速度。

配置 ETH-AIS 联动端口功能时, 配置参数有 3 个: (1)在端口视图下配置 Ethernet OAM 所服务的 VLAN 列表; (2)在端口视图下配置发送 ETH-AIS 帧的周期; (3)在端口视图下配置期望抑制的 MEP 的级别。其实现流程, 如图 2 所示。

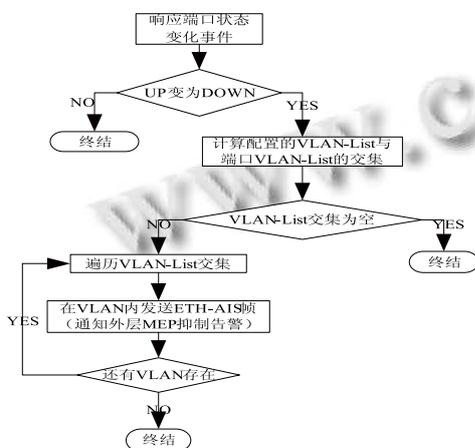


图 2 ETH-AIS 联动端口流程图

### 3.2 ETH-AIS 快速处理

#### 3.2.1 方案设计

设备需要转发处理大量的报文, 其数量达到上万甚至几十万, 设备处于忙碌状态有可能无法立即处理 ETH-AIS 帧, 造成其处理效率低下, 不利于快速抑制告警, 不利于减少冗余告警的数量和网管中心的负担。

目前设备大致分为集中式设备和分布式设备, 其中分布式设备又分为带辅助 CPU 设备和不带辅助 CPU 设备。带辅助 CPU 设备主要为处理紧急报文而设计的, 因此采用优先考虑带辅助 CPU 设备兼容其它类型设备的方案, 来实现 ETH-AIS 帧的快速可靠处理。

#### 3.2.2 ETH-AIS 接收状态机

ETH-AIS 接收状态机, 能够响应各种事件 (包括接收 ETH-AIS 帧的事件、周期发送 ETH-AIS 帧的事件和链路故障恢复事件), 然后根据不同事件做出相应的处理 (包括抑制告警、发送 ETH-AIS 帧和停止发送 ETH-AIS 帧)。ETH-AIS 接收状态机采用集中处理的

思想, 集中响应并处理各种事件。它大大地简化了分布式设备给实现流程带来的复杂性, 较好地符合了方案设计。

服务实例 SI 是维护集 MA 的实例化, 决定了服务的虚拟链路 VLAN 和接受控制维护的网络实体。因此, 根据 ETH-AIS 的工作原理及帧格式, 为每个服务实例 SI 设计一个 ETH-AIS 接收状态机。其状态及迁移过程, 如图 3 所示。其状态的具体含义及迁移过程的详细描述如下:

**IDLE 状态:** 表示 ETH-AIS 功能处于未激活状态, 其前提条件是 MEP 未使能或 ETH-AIS 功能未使能;

**WAITING 状态:** 表示 MEP 正在等待接收 ETH-AIS 帧, 其前提条件是 MEP 和 ETH-AIS 功能均已使能;

**ACTIVE 状态:** 表示 MEP 正在接收处理 ETH-AIS 信号, 其前提条件是 MEP 和 ETH-AIS 功能均已使能并接收到了 ETH-AIS 帧;

**ETH-AIS 启用:** 其充要条件是 MEP 和 ETH-AIS 功能均已使能;

**ETH-AIS 禁用:** 其充要条件是 MEP 未使能或 ETH-AIS 功能未使能;

**抑制告警:** 其充要条件是接收到 ETH-AIS 帧;

**恢复告警:** 其充要条件是在 ETH-AIS 帧发送周期的 3.5 倍时间内未收到同样的 ETH-AIS 帧;



图 3 ETH-AIS 状态机图

#### 3.2.3 实现流程

分布式设备有主用板、备用板、带辅助 CPU 接口板和其它接口板构成。数据通信设备都拥有一块主用板, 因此, 只要在主用板上运行 ETH-AIS 接收状态机, 就能保证不改变该状态机运行位置的情况下, 集中处理各种事件。这种设计不但简化了分布式设备带来的复杂性, 还有利于各种类型设备在业务流上保持一定的一致性和兼容性。ETH-AIS 接收状态机主要接收处理三种事件, 包括接收 ETH-AIS 帧的事件、周期发送

ETH-AIS 帧的事件和链路故障恢复事件。

在分布式设备上，响应处理 ETH-AIS 帧的板子可能有主用板、备用板、带辅助 CPU 接口板和其它接口板。在接收 ETH-AIS 帧后，通知 ETH-AIS 接收状态机接收 ETH-AIS 帧的事件并抑制告警。接收 ETH-AIS 帧有两种可能：(1)如果设备上存在带辅助 CPU 接口板，那么所有 ETH-AIS 帧由带辅助 CPU 的接口板接收处理；(2)否则，由接收 ETH-AIS 帧的板子处理。本文优先采用带辅助 CPU 接口板的设备，保证 ETH-AIS 帧的快速处理，其快速处理的时序图，如图 4 所示。

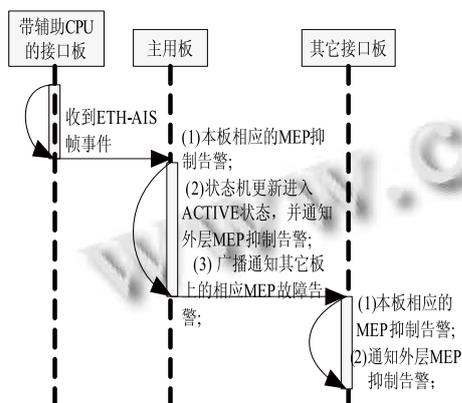


图 4 ETH-AIS 帧的快速处理时序图

#### 4 实验结果

本文的对 ETH-AIS 的改进已经在相关的运营级别数据交换设备上实现，并作了充分的现场测试，实验结果良好。

将网络根据图 1 进行维护域的划分管理，分别进行三种不同方案的实验。

(方案 1)维护域用户维护域和网络维护域的 MEP 均不配置 ETH-AIS 功能；

(方案 2)维护域用户维护域和网络维护域的 MEP 均具有 ETH-AIS 功能；

(方案 3)在方案(2)的前提下，在内嵌维护域的 MEP 所在的边缘设备上配置 ETH-AIS 联动端口功能。

分别根据方案(1)、(2)、(3)进行配置实验，使得最内层维护域的一条链路发生故障。方案 1：用户维护

域的发生大量的冗余链路故障告警；方案 2：用户维护域的冗余告警数量比较少；方案 3：用户维护域基本不发生冗余告警。实验结果表明，该改进方法能够在维护域嵌套的情况下有效减少冗余故障告警。

#### 5 结束语

目前，包括 ETH-CC,ETH-LB,ETH-LT 等 OAM 机制已经在很多大型网络中得到应用，那么 ETH-AIS 的改进及实现，无疑有效地增强 ETH-OAM 机制的可应用性，为以太网运营提供 QoS 保障，进一步为电信级城域网的良好发展提供技术保障。随着电信级城域以太网的广泛应用，Ethernet OAM 机制的研究将会更加深入和全面。

#### 参考文献

- 1 ITU-T Y.1731. OAM functions and mechanisms for ethernet based networks. 2006.
- 2 IEEE 802.1agTM, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks—Virtual Bridged Local Area Networks Amendment 5: Connectivity Fault Management. 2007.
- 3 IEEE 802.1Qaw. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Virtual Bridged Local Area Networks Amendment 9: Management of Data Driven and Data Dependent Connectivity Faults. 2009.
- 4 ITU-T Recommendation Y. 1730. Requirements for OAM functions in ethernet based networks. 2004.
- 5 IEEE 802.1ad. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 4: Provider Bridges. 2006.
- 6 IEEE 802.1aj. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Virtual Bridged Local Area Networks Amendment 11: Two-Port Media Access Control (Mac) Relay. 2009.
- 7 ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342. Ethernet protection switching. 2006.