

国 际 电 信 联 盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.8013/Y.1731

08/2015

G系列：传送系统和媒质、数字系统和网络

经传送网的分组网问题 – 经传送网的以太网问题

Y系列：全球信息基础设施、网际协议问题和下一代网络

网际协议问题 – 运营、管理和维护

基于以太网的网络的运营、管理和维护 (OAM) 功能与机制

ITU-T G.8013/Y.1731 建议书

ITU-T G 系列建议书
传送系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传送系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际运营商电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电中继或卫星链路上传送并与金属线路互连的国际运营商电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与有线电话的协调	G.450-G.499
传送媒质和光系统的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
多媒体服务质量和性能 — 一般和与用户相关的问题	G.1000-G.1999
传送媒质特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般问题	G.7000-G.7999
经传送网的分组网问题	G.8000-G.8999
经传送网的以太网问题	G.8000–G.8099
经传送网的MPLS问题	G.8100–G.8199
同步、质量和可用性目标	G.8200–G.8299
业务管理	G.8600–G.8699
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅 ITU-T 建议书目录。

基于以太网的网络的运营、管理和维护（OAM）功能与机制

摘要

ITU-T G.8013/Y.1731 建议书按照 ITU-T Y.1730 建议书给出的要求和原则提供了以太网网络中用于用户平面 OAM 功能的机制。本建议书特意设计成能在 ITU-T G.8010/Y.1306 建议书确定的 ETH 层中支持点到点的连接和多点的连通性。

本建议书中定义的 OAM 机制提供运营和维护网络的能力以及有关 ETH 层服务问题的特性。

沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一ID*
1.0	ITU-T Y.1731	2006-05-22	13	11.1002/1000/7192
2.0	ITU-T Y.1731	2008-02-29	13	11.1002/1000/9347
2.1	ITU-T Y.1731 (2008) Amd. 1	2010-07-29	15	11.1002/1000/10925
3.0	ITU-T G.8013/Y.1731	2011-07-22	15	11.1002/1000/11136
3.1	ITU-T G.8013/Y.1731 (2011) Cor. 1	2011-10-29	15	11.1002/1000/11418
3.2	ITU-T G.8013/Y.1731 (2011) Amd. 1	2012-05-07	15	11.1002/1000/11511
4.0	ITU-T G.8013/Y.1731	2013-11-06	15	11.1002/1000/12029
4.1	ITU-T G.8013/Y.1731 (2013) Amd. 1	2015-02-22	15	11.1002/1000/12381
5.0	ITU-T G.8013/Y.1731	2015-08-13	15	11.1002/1000/12552

* 为访问建议书，请在万维网浏览器的地址栏中输入URL：http://handle.itu.int/，并后跟建议书的唯一ID。例如：<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的一个常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2017

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目录

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
3	定义	2
	3.1 他处定义的术语	2
	3.2 本建议书定义的术语	4
4	缩写词和首字母缩略语	4
5	惯例	6
	5.1 ME组 (MEG)	7
	5.2 业务流调控点 (TrCP)	7
	5.3 MEG 等级	7
	5.4 OAM 透明性	7
	5.5 字节的表示法	8
6	OAM 关系	8
	6.1 ME、MEP、MIP和TrCP的关系	8
	6.2 ME、MEG和MEG等级的关系	8
	6.3 MEP和MIP的配置	10
7	用于故障管理的OAM功能	10
	7.1 以太网连续性检查 (ETH-CC)	10
	7.2 以太网环回 (ETH-LB)	12
	7.3 以太网链路追踪 (ETH-LT)	15
	7.4 以太网告警指示信号 (ETH-AIS)	17
	7.5 以太网远程端故障指示 (ETH-RDI)	19
	7.6 以太网锁定信号 (ETH-LCK)	20
	7.7 以太网测试信号 (ETH-Test)	21
	7.8 以太网自动保护切换 (ETH-APS)	22
	7.9 以太网维护通信信道 (ETH-MCC)	22
	7.10 以太网实验用OAM (ETH-EXP)	23
	7.11 以太网供货商特定的OAM (ETH-VSP)	23
	7.12 以太网客户信号故障 (ETH-CSF)	24
	7.13 以太网带宽通告 (ETH-BN)	25
	7.14 以太网期望的故障功能 (ETH-ED)	27
8	用于性能监测的OAM功能	28
	8.1 帧丢失的测量 (ETH-LM)	29
	8.2 帧时延的测量 (ETH-DM)	32
	8.3 吞吐量的测量	35
	8.4 综合丢失的测量 (ETH-SLM)	35

	页码
9 OAM PDU类型	38
9.1 OAM共同的信息元素	39
9.2 CCM PDU	41
9.3 LBM PDU	43
9.4 LBR PDU	45
9.5 LTM PDU	46
9.6 LTR PDU	48
9.7 AIS PDU	50
9.8 LCK帧	51
9.9 TST PDU	51
9.10 APS PDU	52
9.11 MCC PDU	53
9.12 LMM PDU	54
9.13 LMR PDU	55
9.14 1DM PDU	56
9.15 DMM PDU	57
9.16 DMR PDU	58
9.17 EXM PDU	59
9.18 EXR PDU	60
9.19 VSM PDU	61
9.20 VSR PDU	62
9.21 客户信号故障（CSF）	63
9.22 SLM PDU	64
9.23 SLR PDU	65
9.24 1SL PDU	66
9.25 BNM PDU	67
9.26 EDM PDU	69
10 OAM帧的地址	69
10.1 组播目的地地址	70
10.2 CCM	70
10.3 LBM	70
10.4 LBR	70
10.5 LTM	70
10.6 LTR	71
10.7 AIS	71
10.8 LCK	71
10.9 TST	71
10.10 APS	71
10.11 MCC	71
10.12 LMM	71
10.13 LMR	71

	页码
10.14 1DM.....	71
10.15 DMM.....	71
10.16 DMR.....	71
10.17 EXM.....	72
10.18 EXR.....	72
10.19 VSM.....	72
10.20 VSR.....	72
10.21 CSF.....	72
10.22 SLM.....	72
10.23 SLR.....	72
10.24 1SL.....	72
10.25 BNM.....	72
10.26 EDM.....	72
11 OAM PDU验证和版本控制.....	73
11.1 OAM PDU传送.....	74
11.2 OAM PDU接收中的验证.....	74
11.3 OAM PDU验证后的接收.....	75
附件A – MEG ID的格式.....	76
A.1 基于ICC的MEG_ID格式.....	76
A.2 基于CC和ICC的全球MEG ID格式.....	77
附件B – 有关[ITU-T Y.1731]互操作性方面考虑的以太网链路追踪（ETH-LT）.....	79
B.1 如[ITU-T Y.1731]定义的以太网链路追踪（ETH-LT）.....	79
B.2 与[ITU-T Y.1731]的互通.....	79
附录I – 以太网网络部署情景.....	81
I.1 分享MEG等级的例子.....	81
II.2 MEG等级相互独立的例子.....	81
附录II – 帧丢失的测量.....	83
II.1 帧丢失的简化计算.....	84
II.2 帧计数器归零的周期性.....	85
附录III – 网络OAM的互通.....	86
附录IV – 错误混入检测的局限性.....	87
附录V – 与[IEEE 802.1Q]之间术语的对照.....	88
附录VI – 显示ETH-SLM测量精度的例子.....	89
附录VII – ETH-LM和链路的聚合.....	90
参考书目.....	92

引言

ITU-T在与IEEE项目802.1ag（连通性故障管理）合作下编写了ITU-T G.8013/Y.1731建议书。由于IEEE工作现已完成，因此本建议书包含对完整结果的修正，并包括对IEEE文件的适当规范性参考。此外，ITU-T还对实施细节做了更详细的工作（即设备功能的规范）。

基于以太网的网络的运营、管理和维护 (OAM) 功能与机制

1 范围

本建议书说明运营和维护网络以及ETH层服务问题所需的机制。它还说明以太网OAM帧的格式、句法和OAM帧字段的语义。本建议书描述的OAM机制适用于点到点的ETH连接以及多点的ETH连通性，包括多点到多点的连接和根多点连接。本建议书描述的OAM机制可适用于任何环境，不管ETH层是如何管理的（例如采用网络管理系统与/或运营支撑系统）。

本建议书的架构基础是以太网规范[ITU-T G.8010]，它也考虑到了[IEEE 802.1Q]和[IEEE 802.3]。以太网网络所使用的服务器层网络的OAM功能不属于本建议书的讨论范围。ETH层之上各层的OAM功能也不属于本建议书的讨论范围。

2 参考文献

下列ITU-T建议书及含有本建议书引用条款的其他参考文献构成本建议书的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其他参考文献均可能进行修订；因此鼓励建议书的使用方了解使用最新版本的下列建议书和其他参考文献的可能性。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书在引用某一独立文件时，并未给予该文件建议书的地位。

- [ITU-T G.805] ITU-T G.805建议书（2000年），传送网络的通用功能架构。
- [ITU-T G.806] ITU-T G.806建议书（2012年），传送设备的特性 – 描述方法和通用功能。
- [ITU-T G.809] ITU-T G.809建议书（2003年），无连接层网络的功能架构。
- [ITU-T G.826] ITU-T G.826建议书（2002年），国际恒定比特率数字路径和连接的端到端错误性能参数和目标。
- [ITU-T G.7710] ITU-T G.7710/Y.1701建议书（2012年），通用设备管理功能要求。
- [ITU-T G.8001] ITU-T G.8001/Y.1354建议书（2013年），传送层上以太网帧的术语和定义。
- [ITU-T G.8010] ITU-T G.8010/Y.1306建议书（2004年），以太网层网络架构。
- [ITU-T G.8021] ITU-T G.8021/Y.1341建议书（2015年），以太网传送网络设备功能块的特性。
- [ITU-T G.8031] ITU-T G.8031/Y.1342建议书（2015年），以太网线性保护切换。

- [ITU-T G.8032] ITU-T G.8032/Y.1344建议书（2015年），以太网环网保护切换。
- [ITU-T G.8113.1] ITU-T G.8113.1/Y.1372.1建议书（2012年），分组传送网络中MPLS-TP的运营、管理和维护机制。
- [ITU-T M.1400] ITU-T M.1400建议书（2013年），运营商网络之间互连的指定。
- [ITU-T O.150] ITU-T O.150建议书（1996年），数字传送设备性能测量仪器的一般要求。
- [ITU-T T.50] ITU-T T.50建议书（1992年），国际参考字母表（IRA）（原国际字母表第5或IA5号） – 信息技术 – 用于信息交换的7位编码字符集。
- [ITU-T Y.1563] ITU-T Y.1563建议书（2009年），以太网帧传送和可用性性能。
- [ITU-T Y.1564] ITU-T Y.1564建议书（2011年），以太网业务激活的测试方法。
- [ITU-T Y.1730] ITU-T Y.1730建议书（2004年），基于以太网的网络和以太网业务中的OAM功能要求。
- [ITU-T Y.1731] ITU-T Y.1731建议书（2006年），基于以太网的网络的OAM功能和机制。
- [IEC 61588] IEC 61588 (2009), *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*.
<<https://webstore.iec.ch/publication/5639>>
- [IEEE 1588] IEEE 1588-2002, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*.
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/1588-2002.html>>
- [IEEE 802] IEEE 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*.
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802-2014.html>>
- [IEEE 802.1Q] IEEE 802.1Q-2014, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks—Bridges and Bridged Networks*
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.1Q-2014.html>>
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3-2012, *IEEE Standard for Ethernet*.
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.3-2012.html>>
- [ISO 3166-1] ISO 3166-1 (2013), *Codes for the representation of names of countries and their subdivisions – Part 1: Country codes*.
- [MEF 10.3] MEF 10.3 (2013), *Ethernet Services Attributes Phase 3*.
<http://www.metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_10.3.pdf>

3 定义

3.1 他处定义的术语

本建议书使用下列他处定义的术语：

3.1.1 适配（adaptation）：[ITU-T G.809]。

- 3.1.2 经过适配的信息 (**adapted information**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.3 客户机/服务器关系 (**client/server relationship**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.4 连接点 (**connection point**) : [ITU-T G.805]。
- 3.1.5 无连接路径 (**connectionless trail**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.6 故障 (**defect**) : [ITU-T G.806]。
- 3.1.7 双端 (**dual-ended**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.8 故障 (**failure**) : [ITU-T G.806]。
- 3.1.9 远端 (**far-end**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.10 信流 (**flow**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.11 流域 (**flow domain**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.12 流域信流 (**flow domain flow**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.13 流接点 (**flow point**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.14 流接点集 (**flow point pool**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.15 流接点集链路 (**flow point pool link**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.16 信流终结 (**flow termination**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.17 信流终结信宿 (**flow termination sink**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.18 信流终结信源 (**flow termination source**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.19 初始MEP (**initiating MEP**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.20 未超标 (**in-profile**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.21 服务期间的OAM (**in-service OAM**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.22 层网络 (**layer network**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.23 链路 (**link**) : [ITU-T G.805]。
- 3.1.24 链路连接 (**link connection**) : [ITU-T G.805]。
- 3.1.25 链路信流 (**link flow**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.26 维护实体 (**maintenance entity**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.27 维护实体组 (**maintenance entity group**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.28 MEG终点 (MEP) (**MEG end-point (MEP)**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.29 MEG中间点 (MIP) (**MEG intermediate point (MIP)**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.30 近端 (**near-end**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.31 网络 (**network**) : [ITU-T G.809]。
- 3.1.32 网络连接 (**network connection**) : [ITU-T G.805]。
- 3.1.33 按需的OAM (**on-demand OAM**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.34 单向 (**one-way**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.35 唯一的机构标识符 (**organizationally unique identifier**) : [IEEE 802]。
- 3.1.36 服务中断时的OAM (**out-of-service OAM**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.37 对等MEP (**peer MEP**) : [ITU-T G.8001]。
- 3.1.38 端口 (**port**) : [ITU-T G.809]。

- 3.1.39 主动的OAM（**proactive OAM**）：[ITU-T G.8001]。
- 3.1.40 接收MEP（**receiving MEP**）：[ITU-T G.8001]。
- 3.1.41 参考点（**reference point**）：[ITU-T G.809]。
- 3.1.42 响应MEP（**responding MEP**）：[ITU-T G.8001]。
- 3.1.43 服务器MEP（**server MEP**）：[ITU-T G.8001]。
- 3.1.44 单端的（**single-ended**）：[ITU-T G.8001]。
- 3.1.45 终结连接点（**termination connection point**）：[ITU-T G.805]。
- 3.1.46 终结信流点（**termination flow point**）：[ITU-T G.809]。
- 3.1.47 业务流单元（**traffic unit**）：[ITU-T G.809]。
- 3.1.48 路径（**trail**）：[ITU-T G.805]。
- 3.1.49 路径终结（**trail termination**）：[ITU-T G.805]。
- 3.1.50 传送（**transport**）：[ITU-T G.809]。
- 3.1.51 传送实体（**transport entity**）：[ITU-T G.809]。
- 3.1.52 传送处理功能（**transport processing function**）：[ITU-T G.809]。
- 3.1.53 双向（**two-way**）：[ITU-T G.8001]。

3.2 本建议书定义的术语

无。

4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用下述缩写词和首字母缩略语：

1DM	单向时延测量
1SL	单向综合损失测量
AIS	告警指示信号
APS	自动保护切换
BNM	带宽通告消息
CCM	连续性检查消息
CoS	服务等级
CP	连接点
CSF	客户信号故障
DA	目的地MAC地址
DEI	丢弃合法指示器
DMM	时延测量消息
DMR	时延测量回复
EDM	期望的故障消息
ETH	以太网MAC层网络
ETH-AIS	以太网告警指示信号功能
ETH-APS	以太网自动保护切换功能

ETH-BN	以太网带宽通告功能
ETH-CC	以太网连续性检查功能
ETH-CSF	以太网客户信号故障功能
ETH-DM	以太网时延测量功能
ETH-ED	以太网期望的故障功能
ETH-EXP	以太网实验用OAM功能
ETH-LB	以太网环回功能
ETH-LCK	以太网锁定信号功能
ETH-LM	以太网丢失测量功能
ETH-LT	以太网链路追踪功能
ETH-MCC	以太网维护通信信道功能
ETH-RDI	以太网远端故障指示功能
ETH-SLM	以太网综合丢失测量功能
ETH-Test	以太网测试功能
ETH-TFP	以太网终端流接点
ETH-VSP	供货商特定的以太网OAM功能
ETY	以太网PHY层网络
EXM	实验用OAM消息
EXR	实验用OAM回复
FLR	丢帧率
FT	信流终端
GNM	通用通告消息
ICC	国际电联运营商代码
LBM	环回消息
LBR	环回回复
LCK	锁定的
LMM	丢失测量消息
LMR	丢失测量回复
LOC	失去连续性
LTM	链路追踪消息
LTR	链路追踪回复
MAC	媒体接入控制
MCC	维护通信信道
ME	维护实体
MEG	ME组
MEL	MEG等级
MEP	MEG端点

MIP	MEG中间点
NMS	网络管理系统
NNI	网络节点接口
NT	网络终端
OAM	运营、管理和维护
OSS	运营支撑系统
OTN	光传送网络
OUI	唯一的机构标识符
PCP	优先级代码点
PDU	协议数据单元
PE	提供商边缘
PHY	由PCS、PMA以及可能存在的PMD子层组成的以太网物理层实体
PRBS	伪随机比特序列
RDI	远端故障指示
SA	MAC源地址
SES	严重误码秒
SLA	服务水平约定
SLM	综合丢失消息
SLR	综合丢失回复
SRV	服务器
STP	生成树协议
TCI	标记控制信息
TLV	类型、长度、数值
TrCP	业务流调控点
TST	测试用PDU
TTL	生存时间
UMC	MEG唯一的标识符
UNI	用户网络接口
UNI-C	UNI的客户侧
UNI-N	UNI的网络侧
VLAN	虚拟局域网
VSM	供货商特定的OAM消息
VSR	供货商特定的OAM回复

5 惯例

在本建议书中用于描述面向连接和无连接网络的图表惯例来自[ITU-T G.805]、[ITU-T G.809]和[ITU-T G.8010]各个建议书。

出于本建议书的目的，还定义了如下的OAM术语和图表惯例。

5.1 ME组 (MEG)

一个ME组 (MEG) 包括满足以下条件的不同的ME:

- 一个MEG中的所有ME存在于同一个管理域的边界之内。
- 一个MEG中的所有ME具有同样的MEG等级 (见第5.3节)。
- 一个MEG中的所有ME属于同一个点到点的ETH连接或者多点的ETH连接。

对于一个点到点的ETH连接，一个MEG仅包含单个ME。

对于一个包含 n 个端点的多点的ETH连接，一个MEG包含 $n*(n-1)/2$ 个ME。

对于包含 k 个根和 m 个叶端点的根-多点ETH连接，MEG可能包含叶端点之间的ME，但这不是必需的；如果不是，那么MEG包含 $k \times (k-1)/2 + k \times m$ 个ME。

5.2 业务流调控点 (TrCP)

一个业务流调控点 (TrCP) 是一个能够按照[ITU-T G.8010]建议书的规定执行ETH业务流调控功能的ETH流接点。

5.3 MEG 等级

在MEG嵌套的情况下，每一个MEG的OAM信流必须能清楚地识别，并能与其他MEG的OAM信流相区分。当OAM信流不能由ETH层的封装本身加以区分时，OAM帧中的MEG等级将在相嵌套MEG的OAM信流之间进行区分。

有八个MEG等级可以使用，以满足网络部署的不同情景。

当客户、提供商和运营商数据通道的信流不能依据ETH层的封装加以区分时，可以在它们之间分享这八个MEG等级，以区分属于客户、提供商和运营商的相嵌套MEG的OAM帧。在客户、提供商和运营商角色之间，默认的MEG等级分配如下所示：

- 为客户角色分配三个MEG等级：7、6和5。
- 为提供商角色分配两个MEG等级：4和3。
- 为运营商角色分配三个MEG等级：2、1和0。

上述默认的MEG等级分配可以通过客户、提供商与/或运营商角色之间相互的协议来改变。

尽管有八个等级可用，但不是所有的MEG等级都要使用的。当不是所有的八个MEG等级都使用时，对于MEG等级的连续性将不作限制（例如可以使用MEG等级7、5、2和0）。所使用的MEG等级的数量，将取决于OAM信流不能通过ETH层的封装加以区分的、相嵌套ME的数量。

在一些特定的部署中，不同角色间对MEG等级的特定分配不属于本建议书的讨论范围。作为例子，可参考[ITU-T G.8010]建议书。

5.4 OAM透明性

OAM透明性，是指当MEG相嵌套时，允许属于较高等级MEG的OAM帧跨越较低等级MEG进行透明传送的能力。

属于一个管理域的OAM帧始发和终止于处于那个管理域边界上的MEP。MEP防止对应于该管理域中一个MEG的OAM帧泄漏到该管理域之外。然而，如果MEP不存在，或者有差错，相关的OAM帧就可能离开该管理域。

类似地，一个管理域边界处的MEP也防止属于其他管理域的OAM帧的侵扰。MEP允许来自管理域以外的属于较高等级ME的OAM帧透明地通过，与此同时阻断来自管理域以外的属于相同或较低等级ME的OAM帧。

正如第5.3节所提到的，客户角色，在不与提供商和运营商角色分享MEG等级时，可以使用八个MEG等级中的任意等级。然而，如果要与提供商和运营商角色分享MEG等级，客户OAM帧在跨越提供商与/或运营商管理域时的透明性将只对相互取得一致的MEG等级，例如默认的MEG等级7，6和5，才是有保证的。类似地，在分享MEG等级时，提供商OAM帧在跨越运营商管理域时的透明性将只对相互取得一致的MEG等级才是有保证的，例如默认的MEG等级4和3；运营商角色可以使用默认的MEG等级2、1和0。

可以在MEP原子功能中实现OAM的过滤进程，来防止OAM帧的泄漏。

5.5 字节的表示法

在本建议书中，字节将按[IEEE 802.1Q]所定义的那样进行表示。

当顺序的字节要用于表达一个二进制数时，较低位的字节数将具有最大的有效数值。例如，若图5.5-1中的字节1和字节2表示一个二进制数，那么字节1具有最大的有效数值。

字节中的比特从1计数到8，在此，比特1是最低有效比特（LSB），而比特8是最高有效比特（MSB）。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	字节1								字节2								字节3								字节4							
5	字节5								字节6								字节7								字节8							
9	字节9								字节10								字节11								字节12							
:																																

图5.5-1 – PDU格式举例

6 OAM 关系

6.1 ME、MEP、MIP和TrCP的关系

附录I提供了不同的网络部署情景，来显示不同MEG等级的MEG、MEP和MIP是如何部署的，以及在何处可能要放置TrCP。

注 — 在附录I列举的网络部署情景中，不是所有等级的MEG及其对应的MEP和MIP都会使用或提供的。例如，提供商可能不提供客户MIP。

6.2 ME、MEG和MEG等级的关系

与一个管理域相关联的MEP操作于分配的MEG等级上。与两个管理域之间的MEG相联系的域间MEP可以操作于两个管理域间取得一致的一个MEG等级上，以防止域间相关的OAM信流泄漏到其中的任何一个管理域。用于域间OAM信流的默认的MEG等级为0。

以太网网络中的ME在[ITU-T G.8010]的图23和图24中给出，以太网ME在[ITU-T Y.1730]的第9节中予以定义。ME可以嵌套但不可重叠。图6.2-1说明了与点到点连接管理域相关联的ME的一个例子。

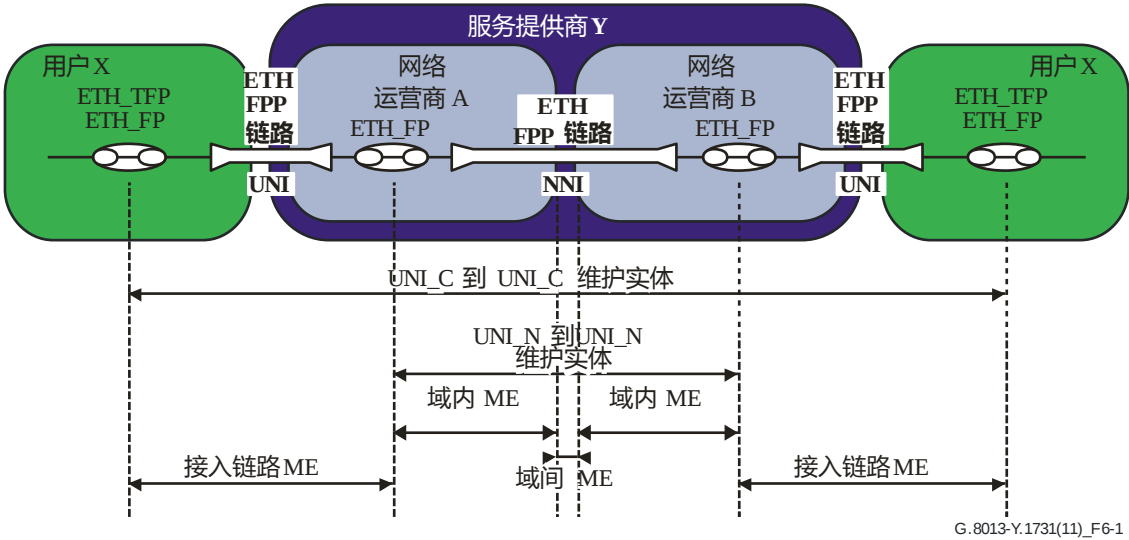


图6.2-1 – 与[ITU-T G.8010]图23所示的点到点连接管理域相关联的ME的示例

表6-1突出显示了在客户、提供商和运营商管理域分享MEG等级的情况下，MEG等级的可能分配情况，并与[ITU-T G.8010]和[ITU-T Y.1730]相映射。

表6-1 – 分享MEG等级时MEG等级分配的示例

ITU-T G.8010 MEG	ITU-T Y.1730 ME	MEG等级
UNI_C 到 UNI-C ME	UNI-UNI（客户）	7、6 或 5
UNI_N 到 UNI_N ME	UNI-UNI（提供商）	4 或 3
域内 ME	提供商内部的网段（PE-PE）	4 或 3
域间 ME	提供商之间的网段（PE-PE）（提供商 – 提供商）	0（默认）
接入链路 ME	ETY 链路 OAM – UNI（客户 – 提供商）	0（默认）
域间 ME	ETY 链路 OAM – NNI（运营商 – 运营商）	0（默认）

正如第5.3节中所提到的，在客户、提供商和运营商相嵌套的MEG的OAM信流不能依据ETH层的包装相区分时，将共享MEG等级。然而，当客户、提供商和运营商相嵌套的MEG的OAM信流可以依据ETH层的包装进行区分时，除了域间的MEG（例如客户和提供商之间的MEG、提供商和运营商之间的MEG、运营商之间的MEG、提供商之间的ME等）外，将不共享MEG等级。

表6-2突出显示了在客户、提供商和运营商管理域不共享MEG等级但又需要域间的ME时，对于ME来说，MEG等级的可能分配情况。

表6-2 – MEG等级独立时MEG等级分配的举例

ITU-T G.8010 MEG	ITU-T Y.1730 ME	MEG等级
UNI_C 到 UNI-C ME	UNI-UNI（客户）	7-1
UNI_N 到 UNI_N ME	UNI-UNI（提供商）	7-1
域内 ME	提供商内部的网段（PE-PE）	7-1
域间 ME	提供商之间的网段（PE-PE）（提供商 – 提供商）	0（默认）
接入链路 ME	ETY 链路 OAM – UNI（客户 – 提供商）	0（默认）
域间 ME	ETY 链路 OAM – NNI（运营商 – 运营商）	0（默认）

进一步，如果不需要域间的ME，每一个客户、提供商和运营商都将可以使用所有八个MEG等级。但是，正如5.3所述，不是所有的MEG等级都要使用的。

6.3 MEP和MIP的配置

MEG端点（MEP）和MEG中间点（MIP）是经由管理平面与/或控制平面进行配置的。管理平面的配置可以通过对每一个装置的本地人工管理或者经由网络管理系统（NMS）来实现。

这种配置不属于本建议书的讨论范围。

7 用于故障管理的OAM功能

用于故障管理的OAM功能能够检测、验证、定位和通告不同的故障情况。

7.1 以太网连续性检查（ETH-CC）

以太网连续性检查（ETH-CC）用于作为一种主动的 OAM。它用于检测一个 MEG 中任何一对 MEP 间连续性的丢失（LOC）。ETH-CC 也可以检测两个 MEG 之间不希望有的连通性（错误混入），在 MEG 内与一个不要求的 MEP（非期望的 MEP）间不希望有的连通性，以及其他故障情况（例如非期望的 MEG 等级、非期望的周期等）。ETH-CC 可应用于差错检测、性能监测或保护切换的应用。

MEP 在接收到带有非期望的 ETH-CC 信息的帧时必须做出报告。在一个 MEG 中可以使 ETH-CC 实现传送或停止传送。当一个 MEG 中实现 ETH-CC 的传送时，所有 MEP 都将能向该 MEG 中的所有其他的 MEP 周期地传送带有 ETH-CC 信息的帧。对于一个 MEG 中所有的 MEP，ETH-CC 的传送周期是同样的。当一个 MEP 能产生带有 ETH-CC 信息的帧时，它也预期从 MEG 中它对等的 MEP 处接收带有 ETH-CC 信息的帧。

当一个 MEG 中的 ETH-CC 停止传送时，其所有的 MEP 将不再能传送带有 ETH-CC 信息的帧。

每一个支持 ETH-CC 的 MEP 所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG ID – 它识别MEP所属的MEG。
- MEP ID – 在MEG中MEP本身的身份识别。
- 对等的MEP ID清单 – 为MEG中对等的MEP的一个清单。对于一个具有单个ME的点
到点的MEG，这清单中将只有单个对等的MEP ID。
- MEG等级 – MEP所处的MEG等级。

- **ETH-CC传送周期** – 它取决于应用。ETH-CC具有3种不同的应用（将对每一种应用规定一个默认的传送周期）：
 - 故障管理：默认的传送周期是1 s（即每秒1帧的传送速率）。
 - 性能监测：默认的传送周期是100 ms（即每秒10帧的传送速率）。
 - 保护切换：默认的传送周期是3.33 ms（即每秒300帧的传送速率）。
- **优先级** – 它标识带有ETH-CC信息的帧的优先级。作为默认值，带有ETH-CC信息的帧将以数据业务流可用的最高优先级传送。否则可以对优先级进行配置。
- **丢弃适用性** – 带有ETH-CC信息的帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。

MIP 对于 ETH-CC 信息是透明的，因而不需要任何支持 ETH-CC 的配置信息。

当一个 MEP 在 ETH-CC 传送周期 3.5 倍的时间间隔内，收不到来自对等 MEP 清单中一个对等 MEP 的 ETH-CC 信息时，它就检测出已丢失了与那个对等 MEP 连续性。这一时间间隔相当于顺序地丢失了 3 个来自那个对等 MEP 的承载 ETH-CC 信息的帧。正如第 7.1.2 节所述，ETH-CC 也可以检测其他故障情况。

正如第 9.2 节所述，用于 ETH-CC 信息的 OAM PDU 是 CCM。承载 CCM PDU 的帧称为 CCM 帧。

7.1.1 CCM（带有ETH-CC信息）的传送

当ETH-CC被打开时，MEP将如已配置的传送周期那样周期地传送CCM帧。传送周期可以是以下7个数值之中的一个：

- 3.33 ms：保护切换应用默认的传送周期（每秒300帧的传送速率）；
- 10 ms：（每秒100帧的传送速率）；
- 100 ms：性能监测应用默认的传送周期（每秒10帧的传送速率）；
- 1 s：故障管理应用默认的传送周期（每秒1帧的传送速率）；
- 10 s：（每分钟6帧的传送速率）；
- 1 min：（每分钟1帧的传送速率）；
- 10 min：（每小时6帧的传送速率）。

注 – 虽然为传送周期规范了7个不同数值，建议使用的是默认数值，它基于ETH-CC所使用的应用领域。对于所使用的应用领域，当采用默认数值以外的数值时，所要求应用的特性将不能保证。

CCM中的周期字段是以传送的MEP所配置的传送周期值来传送的，因此，如果传送周期在传送和接收的MEP是相同时，接收的MEP将能检测出非期望的周期数值。

7.1.2 CCM（带有ETH-CC信息）的接收

MEP接收到一个CCM帧时，将对它进行检查，以确保它的MEG ID与接收MEP中配置的MEG ID相匹配，并且该CCM帧中的MEP ID是配置的对等MEP ID清单之中的一个。CCM帧内的信息在接收MEP中将按目录分类。

CCM帧能检测出不同的故障情况，它们包括：

- 如果在相当于接收MEP CCM传送周期3.5倍的时间间隔内未从一个对等的MEP接收到任何的CCM帧，与对等MEP连续性的丢失就检测出来了。
- 如果接收到一个CCM帧，其MEG等级低于该接收MEP的MEG等级，非期望的MEG等级就检测出来了。
- 如果接收到一个CCM帧，它具有同样的MEG等级，但MEG ID不同于该接收的MEP自身的MEG ID，错误混入就检测出来了。
- 如果接收到一个CCM帧，它具有同样的MEG等级和正确的MEG ID，但带有不正确的MEP ID，包括接收MEP自身的MEP ID，那么非期望的MEP就检测出来了。
- 如果接收到一个CCM帧，它具有正确的MEG等级、正确的MEG ID和正确的MEP ID，但周期字段值不同于接收MEP自身的CCM传送周期，那么非期望的周期就检测出来了。

当它检测出上述故障情况时，接收的MEP必须通知设备的故障管理进程。

7.2 以太网环回（ETH-LB）

以太网环回功能（ETH-LB）用于检验一个MEP与一个MIP或对等的MEP间的连通性。有两种ETH-LB类型：

- 单播的ETH-LB；
- 组播的ETH-LB。

7.2.1 单播的ETH-LB

单播的ETH-LB是一种按需的OAM功能，它可以用于如下的应用：

- 验证一个MEP与一个MIP或一个对等MEP间的双向连通性。
- 在一对对等的MEP之间，执行双向的服务期间或服务中断时的诊断测试，包括带宽吞吐量的验证、检测比特误码率等。

带有单播ETH-LB信息的帧可以用多种方式传送，用于不同的按需控制类型，例如单次传送、重复性传送等。特定的按需控制类型不属于本建议书的讨论范围。

当用于验证双向连通性时，MEP传送一个带有ETH-LB请求信息的单播帧，并预期在一个规定的时间周期内，从一个MIP或一个对等的MEP接收带有ETH-LB回复信息的单播帧。该MIP或对等的MEP是由它们的MAC地址标明的。这种MAC地址被编码在单播请求帧的DA中。如果MEP在规定的时间周期内没有接收到带有ETH-LB回复信息的单播帧，就可以推断与该MIP或对等MEP的连通性已经丢失。单播ETH-LB也可以用于测试一个MEP与一个MIP或一个对等MEP之间帧长度不同时的双向连通性。

当用于双向诊断测试时，MEP向一个对等的MEP传送带有ETH-LB请求信息的单播帧。ETH-LB请求信息包含测试样式。当执行服务中断的诊断测试时，数据业务流将不传递给被诊断ME的任何一侧。反之，该MEP将如第7.6节所述，配设置为以ME上任一侧紧接着的客户MEG等级传送带有ETH-LCK信息的帧。

注1 – 单播ETH-LB在任何时刻都只能执行两种应用中间的一个。它必须先终了尚未了结的与一个应用相关的按需控制（连通性验证或诊断测试），才能执行其他应用的新的按需控制。

注2 – 对于服务期间的双向连通性验证或者服务期间的双向诊断测试，带有ETH-LB信息的帧不对数据业务流造成不利影响的最大传送速率不属于本建议书的讨论范围。它可以在单播ETH-LB的用户和服务用户之间相互取得一致。

支持单播ETH-LB的一个MEP所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MEP所在的MEG的等级。
- 拟进行ETH-LB的远端MIP或MEP的单播MAC地址。该信息可根据操作配置。
- 数据 – 是一个可选的元素，它的长度与内容在MEP上是可配置的。其内容可以是测试样式和可选的校验和。测试样式的例子有[ITU-T O.150]的第5.8节中规定的伪随机比特序列（PRBS）（ $2^{31}-1$ ）、全“0”样式等。对于双向的诊断测试应用，需要对与该MEP相关联的测试信号发生器和测试信号检测器进行配置。
- 优先级 – 标识带有单播ETH-LB信息的帧的优先等级。
- 丢弃适用性 – 标识带有单播ETH-LB信息的帧在遇到拥塞情况时是否适合丢弃。

注3 – 对于重复性传送，可能会需要额外的配置信息元素，例如重复率、总的重复间隔等。这些额外的配置信息元素不属于本建议书的讨论范围。

远端的MIP或MEP，在接收到地址是针对该MIP或MEP的、带有ETH-LB请求信息的单播帧时，将以带有ETH-LB回复信息的单播帧进行响应。

MIP支持单播ETH-LB所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MIP所在的MEG的等级。

单播LB请求信息所用的OAM PDU是第9.3节中所述的LBM。单播LB回复信息所用的OAM PDU是第9.4节中所述的LBR。载有LBM PDU的单播帧称为单播的LBM帧。载有LBR PDU的单播帧称为单播的LBR帧。

7.2.1.1 单播LBM的传送

单播的LBM帧由MEP在按需的基础上传送。

当用于双向连通性验证时，MEP传送一个单播的LBM帧，地址指向远端的MIP或远端对等的MEP，并带有指定的插在交易ID/序号字段的交易ID。在传送了单播LBM帧之后，MEP将期望在5 s的时间内接收到一个单播LBR帧。因此，传送的交易ID应由该MEP至少在单播LBM帧传送后的5 s时间内加以保持。对于每一个单播LBM帧，必须使用不同的交易ID，且在1 min时间内来自同一个MEP的交易ID不能重复。

MEP可以可选地使用数据TLV或测试TLV。当配置要求检查不同帧长度的传送是否成功时，MEP将使用数据TLV。然而，当用于诊断测试时，MEP将传送单播的LBM帧，地址指向远端对等的MEP，并带有测试TLV。测试TLV用于承载与该MEP相联系的测试信号发生器产生的测试样式。当MEP被配置要进行服务中断的诊断测试时，该MEP还将在LBM帧发出的相反方向上，以客户MEG等级产生第7.6节中所述的LCK帧。

7.2.1.2 单播LBM的接收和LBR的传送

每当MIP或MEP接收到一个有效的单播LBM帧时，就要产生一个LBR帧，送往请求的MEP。一个单播LBM帧，如果具有有效的MEG等级，且目的地MAC地址与所考虑的接收MIP或MEP的MAC地址相同，将被考虑是一个有效的单播LBM帧。该单播LBM帧中的每一个字段将复制到LBR帧中，但有以下例外：

- 源地址和目的地MAC地址要交换。
- OpCode字段将从LBM变为LBR。

进一步来说，当一个接收的MEP被配置成要进行服务中断的诊断测试时，它也要在LBR帧发出的相反方向上以客户MEG等级产生第7.6节中所述的LCK帧。

7.2.1.3 LBR的接收

当一个配设置为连通性验证的MEP，在传送单播LBM帧以后的5 s时间内，接收到一个以它为地址的LBR帧，这个帧具有与它自身MEG等级相同的MEG等级，并具有期望的交易ID，这LBR帧是有效的。否则这送往它的LBR帧是无效的，将予丢弃。

当一个配置成诊断测试的MEP接收到一个以它为地址并具有与它自身MEG等级相同的MEG等级的LBR帧时，该LBR帧是有效的。与MEP相关联的测试信号接收器也可以检验接收到的序号是否是所期望的序号。

如果一个MIP接收到一个以它为地址的LBR帧，这种LBR帧是无效的。MIP应将它丢弃。

7.2.2 组播ETH-LB

组播ETH-LB功能用于验证一个MEP与它对等的MEP之间的连通性。组播ETH-LB是一个按需的OAM功能。当在一个MEP上请求组播的ETH-LB功能时，该MEP将向组播ETH-LB的发起者回送一个要进行双向连通性检测的它的对等MEP的一个清单。

当在一个MEP上请求组播LB时，带有ETH-LB请求信息的一个组播帧将从一个MEP送往同一MEG中对等的其他MEP。该MEP将预期在规定的周期内从它对等的MEP处接收带有ETH-LB回复信息的单播帧。一旦接收到带有ETH-LB请求信息的组播帧，接收的MEP，将检验该带有ETH-LB请求信息的组播帧，并在一个0到1 s范围以内的数值随机的时延之后，传送带有ETH-LB回复信息的单播帧。

每个MEP支持组播ETH-LB所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 — MEP所在的MEG的等级。
- 优先级 — 标识带有ETH-LB请求信息的组播帧的优先等级。该信息可依据操作配置。
- 丢弃适用性 — 带有ETH-LB请求信息的组播帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。

MIP对于带有ETH-LB请求信息的组播帧是透明的，因而不需要支持组播ETH-LB的任何信息。

组播ETH-LB请求信息所用的OAM PDU是第9.3节中所述的LBM。ETH-LB回复所用的OAM PDU是第9.4节中所述的LBR。载有LBM PDU的组播帧称为组播LBM帧。

7.2.2.1 组播LBM的传送

组播LBM帧是由MEP在按需的基础上传送的。带有指定交易ID的组播LBM帧在传送以后，该MEP将预期在5 s以内接收到LBR帧。因此，交易ID在组播LBM帧传送之后至少要保留5 s。每一个组播LBM必须使用不同的交易ID，在1 min内，来自同一个MEP的交易ID不得重复。

7.2.2.2 组播LBM的接收和LBR的传送

每当MEP接收到一个有效的组播LBM帧时，就要产生一个LBR帧，并在一个0到1 s范围以内的数值随机的时延之后，送往请求的MEP。该组播LBM帧的有效性可依据其正确的MEG等级来判定。

该组播LBM帧中的每一个字段将复制到LBR帧中，但有以下的例外：

- LBR帧中的源MAC地址是进行回复的MEP的单播MAC地址。LBR帧中的目的地MAC地址将从组播LBM帧的源MAC地址进行复制，它应该是一个单播地址。
- OpCode字段将从LBM变为LBR。

7.2.2.3 LBR的接收

当MEP在传送了组播LBM帧的5 s时间内，接收到一个具有期望的交易ID的LBR帧时，该LBR帧是有效的。如果MEP接收到的LBR帧，其交易ID不在MEP保存的传送交易ID的清单之中，该LBR帧是无效的，将予以丢弃。

如果MIP接收到以它为地址的LBR帧，这种LBR帧是无效的，MIP应将它丢弃。

7.3 以太网链路追踪（ETH-LT）

以太网链路追踪功能（ETH-LT）是一种按需的OAM功能，它可以用于以下的两个目的：

- 邻近关系的恢复 – ETH-LT功能可以用于恢复MEP与远端MEP或MIP之间的邻接关系。执行ETH-LT功能的结果是一系列MIP，从源MEP直到目标的MIP或MEP。每一个MIP与/或MEP将由其MAC地址标识。
- 差错定位 – ETH-LT功能可以用于差错定位。当一个差错（如一个链路与/或装置的失灵）或转发平面的环路出现时，得到的MIP与/或MEP的系列将很可能不同于所期望的。序列中的差别将提供有关差错位置的信息。

ETH-LT请求信息是MEP在按需的基础上发出的。在传送了带有ETH-LT请求信息的帧之后，该MEP将预期在规定的时间内接收带有ETH-LT回复信息的帧。接收到带有ETH-LT请求信息的帧的MIP和MEP将有选择地以带有ETH-LT回复信息的帧给予应答。

MIP或MEP在接收到一个带有ETH-LT请求信息的有效帧时，仅在以下情况下，才以带有ETH-LT回复信息的帧给予应答：

- MIP或MEP所在的网络元素知道ETH-LT请求信息中的TargetMAC地址，并能将它与单个外出端口相联系，该外出端口与接收带有ETH-LT请求信息的帧的端口又不是同一端口；或者
- 该TargetMAC地址与那些MIP或MEP自身的MAC地址是同一地址。

如第7.3.2节中所述，包含MIP的网元也可以以带有ETH-LT请求信息的帧进行回答。

MEP支持ETH-LT所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MEP所在的MEG的等级。
- 优先级 – 标识带有ETH-LT请求信息的帧的优先等级。此信息可依据操作予以配置。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-LT请求信息的帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。
- 拟实施ETH-LT的目标的MAC地址（通常是该MEG的MIP或MEP，但并不限于此）。此信息可依据操作予以配置。

- TTL – 允许接收机确定是否可以终止具有ETH-LT请求信息的帧。带有ETH-LT请求信息的帧每被中继一次，则TTL递减一次。具有TTL ≤ 1 的ETH-LT请求信息的帧不被中继。

MIP支持ETH-LT所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MEP所在的MEG的等级。

ETH-LT请求信息所用的PDU是第9.5节中所述的LTM。ETH-LT回复信息所用的PDU是第9.6节中所述的LTR。承载LTM PDU的帧称为LTM帧。载有LTR PDU的帧称为LTR帧。

注1 – 由于每一个包含有MIP或MEP的网络元素需要知道接收LTM帧中的TargetMAC地址，并将它与单个外出端口相联系，为使其MIP或MEP能处理接收的LTM帧，MEP在传送LTM帧之前可以先向该TargetMAC地址传送单播的ETH-LB。这将保证：如果TargetMAC地址在同一MEG中可通达，沿着通往TargetMAC地址路径上的网络元素将有有关通往该TargetMAC地址的路由信息。

注2 – 在故障情况下，通往该TargetMAC地址的路由信息在某一时间之后可以过期。为了提供有关路由的信息，该ETH-LT功能必须在过期出现之前执行。

7.3.1 LTM的传送

LTM帧是由MEP在按需的基础上传送的。如果该MEP位于进入端口，LTM帧被转发至网元自己的ETH-LT应答器。但是，如果MEP位于一个外出端口，LTM帧将送出该外出端口。LTM帧包含定义网元初始LTM帧的LTM出口标识符TLV。

注 – [ITU-T Y.1731]没有定义ETH-LT应答器，只定义了入口和出口端口的MEP和MIP。在[ITU-T Y.1731]中，LTM出口标识符TLV被认为是可选的。

在传送带有特定交易号码的LTM帧之后，MEP将预期在5 s以内接收到LTR帧。因此在LTM帧传送之后，传送的每个LTM帧的交易号码将至少保留5 s的时间。每一个LTM帧必须使用不同的交易号码，在1 min以内，来自同一个MEP的交易号码不得重复。

7.3.2 LTM的接收、转发和LTR的传送

如果MEP或MIP接收到一个LTM帧，它将把LTM帧转发给网络元素的ETH-LT应答器，而后进行以下验证：

- 只有那些具有与接收MEP或MIP自身的MEG等级相同的MEG等级的LTM帧才是有效的。
- 因而，要对LTM帧的TTL字段进行检查。如果TTL字段值为0，该LTM帧将丢弃。（为0的TTL字段值是一个无效数值。）
- 此后，检查LTM帧以查看LTM出口标识符TLV是否存在。如果它不包含LTM出口标识符TLV，那么丢弃LTM帧。应注意，[ITU-T Y.1731]生成的LTM帧可能不包含LTM出口标识符TLV。请参见附件B以保持兼容性，即：即使LTM出口标识符TLV不存在，LTM帧TLV也可以在MIP或MEP上进行处理。

如果LTM帧有效，那么ETH-LT应答器将作如下操作：

- 它要从接收LTM帧的OriginMAC地址确定LTR帧的目的地址。

- 如果网络元素知道LTM帧中的TargetMAC地址，并将它与单个外出端口相联系，且该外出端口与进入端口不是同一个端口，或者LTM帧终结于MIP（当TargetMAC地址是MIP或MEP自身的MAC地址时），那么，在一个0到1 s范围内的一个随机的时间间隔之后，将向始发的MEP回送一个LTR帧。
- 此外，如果上述条件满足，且LTM帧不在MIP终止（当MIP接收，但TargetMAC地址与MIP自己的地址不同时），同时LTM帧中的TTL字段大于1，则LTM帧将转发给这一单个的外出端口。中继的LTM帧中的所有字段将与初始的LTM帧相同，只是TTL要递减1，并且要将源地址变为MIP自身的MAC地址，LTM出口标识符TLV，其标识中继经修改的LTM帧的网络元素。应该注意的是，支持[ITU T Y.1731]的MIP可以原样转发LTM出口标识符TLV。请参见附件B以保持兼容性。
- 此外，当TargetMAC地址与MEP自身的地址不同时，如果由MEP接收，那么LTM帧总是在MEP处终结，且MEP不发回LTR帧。

LTR帧包含LTR出口标识符TLV，它标识触发该LTR传送的LTM来源和目的地。LTR出口标识符TLV包含最后出口标识符字段，它标识发起或转发该LTR帧作为响应的LTM帧的网络元素。该字段与LTM帧的LTM出口标识符TLV具有相同的数值。LTR出口标识符TLV还包含下一个出口标识符字段，它标识传送该LTR帧的网络元素，并且可以将经修改的LTM帧中继到下一跳。该字段与中继的、经修改的LTM帧的LTM出口标识符TLV（如果有的话）具有相同的数值。如果无需中继任何经修改的LTM帧，那么LTM帧中的Flags字段的FwdYes位清零，下一个出口标识符的内容不定义，并且LTR帧接收器必须忽略之。

此外，如果LTM帧由入口端口处的MIP或MEP接收，那么LTR帧包括在入口端口处描述MIP或MEP的应答入口TLV。

类似地，如果进入端口处的MEP没有接收到LTM帧，并且如果出口端口具有一个MIP或MEP，那么LTR帧包括在出口端口处描述MIP或MEP的应答出口TLV。

应该注意的是，在[ITU-T Y.1731]中，包括回复入口TLV和回复出口TLV都被记录为可选的，以便它们可能不被包含在该版本的LTR帧中。请参见附件B以保持兼容性。

7.3.3 LTR的接收

当MEP在传送了LTM帧的5 s时间内，接收到一个具有期望的交易号码的LTR帧时，该LTR帧是有效的。如果MEP接收到的LTR帧，其交易号码不在MEP保存的传送交易号码的清单之中，该LTR帧是无效的。

如果MIP接收到以它为地址的LTR帧，这种LTR帧是无效的，MIP应将它丢弃。

7.4 以太网告警指示信号（ETH-AIS）

以太网告警指示信号功能（ETH-AIS）用于在服务器层（子层）检测到故障情况后止住告警。由于在生成树协议（STP）环境下提供有独立恢复能力，ETH-AIS不期望用于STP环境。

带有ETH-AIS信息的帧的传送在MEP上（或服务器MEP上）可以实现或停止。

带有ETH-AIS信息的帧可以由MEP（包括服务器MEP）在检测到故障情况时在客户MEG等级上发出。作为例子，故障情况有：

- 在执行ETH-CC情况下信号异常的情况。
- 在关闭ETH-CC情况下出现的AIS情况或LCK情况。

注 – 因为服务器MEP并不执行ETH-CC，服务器MEP，在检测到任何信号异常情况时，必须传送带有ETH-AIS信息的帧。

在多点ETH连通性的情况下，在接收到带有ETH-AIS信息的帧时，MEP将不能确定遇到故障情况的那个特定的服务器层（子层）实体。更重要的是，它不能确定它的对等MEP中相关联的需要止住告警的那个子集，因为收到的ETH-AIS不包含那种信息。因此，在接收到带有ETH-AIS信息的帧时，MEP必须抑制所有对等MEP的告警，不管是否仍有连通性。

然而对于点到点的ETH连接，MEP只有单个对等的MEP。因此，在它接收到ETH-AIS信息时，有关哪个对等MEP应该止住告警，不存在任何含糊性。

只有一个MEP（包括服务器MEP）被配置成能发出带有ETH-AIS信息的帧。在检测到故障情况时，该MEP可以立即开始在配置的客户MEG等级上周期性地传送带有ETH-AIS信息的帧。MEP将继续周期性地传送带有ETH-AIS信息的帧，直到故障情况消除。一旦接收到一个带有ETH-AIS信息的帧，MEP即检测AIS情况，抑制住与它所有对等MEP相关联的失去连续性的告警。MEP在无AIS情况下检测到失去连续性故障时，将恢复产生失去连续性故障的告警。

MEP支持ETH-AIS传送所需要的特定的配置信息如下所示：

- 客户MEG的等级 – 最接近的客户层MIP和MEP所位于的MEG的等级。
- ETH-AIS的传送周期 – 它确定带有ETH-AIS信息的帧的传送周期性。
- 优先级 – 标识带有ETH-AIS信息的帧的优先等级。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-AIS信息的帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。

MEP支持ETH-AIS接收所需要的特定的配置信息如下所示：

- 本地MEG的等级 – MEP操作所处的MEG的等级。

MIP对于带有ETH-AIS信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-AIS功能特性的信息。

用于ETH-AIS信息的PDU是第9.7节中所述的AIS。载有AIS PDU的帧称为AIS帧。

7.4.1 AIS的传送

在检测出故障情况时，MEP可以在与它对等MEP相反的方向上传送AIS帧。AIS帧传送的周期性基于AIS的传送周期。建议采用1 s的AIS传送周期。其第一个AIS帧必须总是在检测出故障情况后立即传送。

客户层（子层）可能由多个MEG组成，应该通知它们抑制在服务器层（子层）MEP检测出故障情况时导致的告警。在检测出信号异常情况时，服务器层（子层）MEP需要向它的客户机层（子层）的每一个MEG传送AIS帧。在这种情况下，给客户机层（子层）所有MEG的第1个AIS帧必须在故障情况的1 s以内送出。

注 – 为了在现行设备上支持ETH-AIS，当要跨越可能多达所有4094个VLAN时，要在每1 s传送AIS帧可能会非常紧张，因此也要支持另一个1 min的AIS传送周期。AIS帧经由周期字段交换所用的AIS传送周期。

7.4.2 AIS的接收

一旦接收到AIS帧，MEP要对它进行检查，以确保其MEG等级对应于与它自身的MEG等级。其周期字段指示可望接收到AIS帧的周期。一旦接收到AIS帧，MEP要检测AIS故障情况。在检测到AIS故障情况之后，如果在AIS传送周期3.5倍的时间间隔内未收到AIS帧，该MEP将清除AIS故障状态。

7.5 以太网远程端故障指示（ETH-RDI）

以太网远程端故障指示功能（ETH-RDI）可以由MEP与它对等的MEP交换已经遇到的故障情况。ETH-RDI仅在ETH-CC传送实现时才使用。

ETH-RDI有如下两个应用：

- 单端的故障管理：接收的MEP检测到一个RDI故障情况，而它与该MEP的其他故障情况相关联，它可能会是这些故障的原因。在单个MEP中，未接收到ETH-RDI消息将指示整个MEG中无故障。
- 用于远端性能的监测：它反映远端曾有过的故障情况，可以作为性能监测进程的输入。

一个处于故障状态的MEP传送带有ETH-RDI信息的帧。一个MEP，在接收到带有ETH-RDI信息的帧时，可以确定它对等的MEP已遇到故障情况。然而，对于多点的ETH连通性，MEP在接收到带有ETH-RDI信息的帧时，不能够确定它的对等MEP中那一个遇到故障情况传送RDI信息的MEP的相关子集，因为传送的MEP本身也并不总是有这种信息的。

MEP支持ETH-RDI功能所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MEP所在的MEG的等级。
- ETH-RDI传送周期 – 是决定于应用且被配置成与ETH-CC传送周期相同的数值。
- 优先级 – 它标识带有ETH-RDI信息的帧的优先级。该优先级与ETH-CC的优先级相同。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-RDI信息的帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。

MIP对于带有ETH-RDI信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-RDI功能特性的信息。

用于承载ETH-RDI信息的PDU是第9.2节中所述的CCM。

7.5.1 带有ETH-RDI的CCM的传送

MEP在与其对等的MEP检测到故障情况时，应在故障状态持续期间，在CCM帧中设置RDI字段。CCM帧，正如第7.1.1节中所述的，在MEP的CCM帧实现传送时，是依据CCM的传送周期周期性地传送的。当故障情况清除后，MEP在随后传送的CCM帧中应清除RDI字段。

7.5.2 带有ETH-RDI的CCM的接收

一旦接收到一个CCM帧，MEP将对它进行检查，以确保其MEG等级对应于它配置的MEG等级，并在RDI字段被设置时检测RDI情况。对于点到点的ETH连接，MEP在从对等的MEP处接收到RDI被清除的第1个CCM帧时，就可以清除RDI状态。对于多点的ETH连通性，MEP只有在从清单中它的全部对等的MEP处接收到RDI字段被清除的CCM帧时，才能清除RDI状态。

7.6 以太网锁定信号（ETH-LCK）

以太网锁定信号功能（ETH-LCK）用于通告服务器层（子层）MEP的管理性锁定以及随后的数据业务流中断，该业务流是送往期待接收这业务流的MEP的。它使得接收带有ETH-LCK信息的帧的MEP能区分是故障情况，还是服务器层（子层）MEP的管理性锁定动作。需要对一个MEP进行管理性锁定的一个应用实例是第7.7节中介绍的服务中断的ETH-Test。

MEP在配置的客户MEG等级上将继续周期性地传送带有ETH-LCK信息的帧，直到该管理/诊断的情况被解除。

MEP在它自身的MEG等级上抽取带有ETH-LCK信息的帧，并检测造成该MEP出现信号异常情况的LCK状态。信号异常情况可以导致向它的客户MEP传送AIS帧。

MEP支持ETH-LCK传送所需要的特定的配置信息如下所示：

- 客户MEG等级 – 它最接近的客户机层MIP和MEP所在的MEG的等级。
- ETH-LCK传送周期 – 它确定带有ETH-LCK信息的帧的传送周期性。
- 优先级 – 它识别带有ETH-LCK信息的帧的优先等级。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-LCK信息的帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。

MEP支持ETH-LCK接收所需要的特定的配置信息如下所示：

- 本地的MEG等级 – MEP操作所处的MEG的等级。

MIP对于带有ETH-LCK信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-LCK功能特性的信息。

用于承载ETH-LCK信息的PDU是第9.8节中所述的LCK。载有LCK PDU的帧称为LCK帧。

7.6.1 LCK的传送

在由管理所锁定时，（服务器）MEP向其客户（子）层MEG传送LCK帧，如图7.6-1所示：

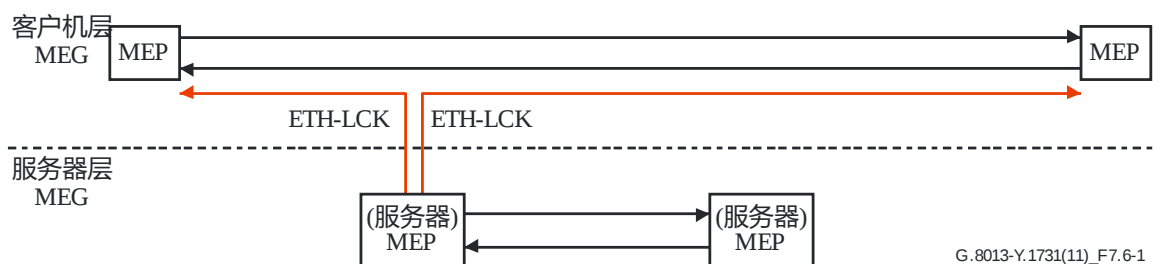


图7.6-1 – ETH-LCK传送示例

LCK帧传送的周期性基于LCK传送周期。LCK传送周期与AIS的传送周期相同。第一个LCK帧必须总是紧接在管理/诊断动作之后传送。

客户机层（子层）可以由多个MEG组成，应该通知它们抑制由于服务器层（子层）MEP上有意的维护/诊断相关的配置所形成的告警。该服务器层（子层）MEP，一经由管理所锁定，需要向它的每一个客户机层（子层）MEG传送LCK帧。在这种情况下，给所有客户机层（子层）MEG的第一个LCK帧必须在出现故障情况的1 s之内发出。

7.6.2 LCK的接收

一旦接收到一个LCK帧，MEP将对它进行检查，以确保其MEG等级对应于它配置的MEG等级。其周期字段指示可以期待的LCK帧的周期性。一旦接收到LCK帧，MEP应检测LCK状态。在检测到LCK状态之后，如果在LCK传送周期3.5倍的时间间隔内不再收到LCK帧，该MEP将清除LCK状态。

7.7 以太网测试信号（ETH-Test）

以太网测试信号功能（ETH-Test）用于进行单向按需的服务期间的或服务中断时的诊断测试，包括验证带宽吞吐量、帧丢失、比特误码等。

当配置成进行这种测试时，MEP将插入具有指定吞吐量、帧长度和传送样式的带有ETH-Test信息的帧。

当进行服务中断的ETH-Test功能时，客户的数据业务流在被诊断实体中将被中断。配置成进行服务中断测试的MEP，在紧接的客户机层ETH（子层）上将如7.6所述地那样来传送LCK帧。

当进行服务期间的ETH-Test功能时，数据业务流将不中断，带有ETH-Test信息的帧将以只使用有限的一部分带宽的方式来传送。带有ETH-Test信息的帧的这种传送速率，对于服务期间的ETH-Test功能，是预先确定的。

注1 – 对于服务期间的ETH-Test，不对数据业务流带来不良影响，且带有ETH-Test信息可以传送的帧的最大传送速率，不属于本建议书的讨论范围。它可以在ETH-Test的用户和服务的用户之间相互商定。

MEP支持ETH-Test所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MEP所在的MEG的等级。
- 拟进行ETH-Test的对等MEP的单播MAC地址。该信息可依据操作配置。

- 数据 – 这是一个可选的元素，其长度和内容可以在MEP上进行配置。内容可以是测试的样式和可选的校验和。测试样式的例子有[ITU-T O.150]和第5.8节中规定的伪随机比特序列（PRBS）（ $2^{31}-1$ ）、全零样式等。在传送侧MEP，需要对与该MEP相关联的测试信号发生器进行配置。在接收侧MEP，需要对与该MEP相关联的测试信号检测器进行配置。
- 优先级 – 它识别带有ETH-Test信息的帧的优先等级。该信息可依据操作配置。
- 丢弃适用性 – 它识别在遇到拥塞情况时带有ETH-Test信息的帧是否适合丢弃。

注2 – 还可能还需要额外的配置信息，如ETH-Test信息的传送速率，ETH-Test的总的间隔等。这些额外的配置信息不属于本建议书的讨论范围。

MIP对于带有ETH-Test信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-Test功能特性的配置信息。

MEP插入带有ETH-Test信息的帧送往对等的目标的MEP。接收的MEP检测这些带有ETH-Test信息的帧，并进行要求的测量。

用于ETH-Test信息的PDU是第9.9节中所述的TST。载有TST PDU的帧称为TST帧。

7.7.1 TST的传送

与MEP相关联的一个测试信号发生器可以如测试信号发生器配置的那样频繁地传送TST帧。每个TST帧传送时带有指定的序号。TST的每一个帧必须使用不同的序号，在1 min以内发自同一个MEP的序号不得重复。

当MEP配设置为服务中断的测试时，在紧接的客户MEG等级上，该MEP也能产生LCK帧。

7.7.2 TST的接收

在MEP接收到TST帧时，它将对它们进行检查，以确保其MEG等级对应于它自身的MEG等级。如果接收的MEP按ETH-TST功能配置，与该MEP相关联的测试信号检测器将从接收到的TST帧中的伪随机比特序列检测比特误码，并报告这种误码。此外，当接收的MEP配置成服务中断的测试时，它也能在客户MEG等级上产生LCK帧。

7.8 以太网自动保护切换（ETH-APS）

以太网自动保护切换功能（ETH-APS）用于控制保护切换的操作，以提高可靠性。保护切换操作特定的细节不属于本建议书的讨论范围。

用于ETH-APS的OAM帧的类型是第9.10节中所述的APS帧。

ETH-APS机制的应用在[ITU-T G.8031]和[ITU-T G.8032]中定义。

7.9 以太网维护通信信道（ETH-MCC）

以太网维护通信信道功能（ETH-MCC）在一对MEP之间提供维护通信的信道。ETH-MCC可用于执行远程管理。带有OUI而非ITU-T OUI（OO-19-A7）的ETH-MCC特定的使用不属于本建议书的讨论范围。

MEP可以向其对等的MEP传送带有ETH-MCC信息的帧，它带有远程维护请求、远程维护回复、通告等。

MEP支持ETH-MCC所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG等级 – MEP所在的MEG的等级。
- 拟进行ETH-MCC的远端MEP的单播MAC地址。
- OUI – 机构唯一标识符，用于识别定义ETH-MCC特定格式和意义的机构。
- 数据 – 是可能需要的额外信息，具体取决于ETH-MCC特定的应用。应用特定的信息不属于本建议书的讨论范围。
- 优先级 – 它识别带有ETH-MCC信息的帧的优先等级。该信息可依据操作配置。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-MCC信息的帧总是标志为不适合丢弃的。该信息无需配置。

一旦接收到带有ETH-MCC信息并具有正确的MEG等级的帧时，对等的MEP，应将ETH-MCC信息转交给管理代理，后者会另外给予响应。

MIP对于带有ETH-MCC信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-MCC功能特性的配置信息。

用于ETH-MCC信息的PDU是第9.11节中所述的MCC。承载MCC PDU的帧称为MCC帧。

7.10 以太网实验用OAM (ETH-EXP)

以太网试验用OAM (ETH-EXP) 用于实验性的OAM功能，它可以在一个管理域内临时使用。实验性的OAM功能的互操作性以及使用包含给定OUI的ETH-EXP，并不期望跨越不同管理域。

注 – 用于其他不同的目的，例如，用于处理嵌入式SDO特定的OUI是不可取的，也不推荐这么做。

ETH-EXP的特定应用不属于本建议书的讨论范围。

在第9.17节中所述的EXM PDU和在第9.18节中所述的EXR PDU可用作于实验性的OAM。实验性的OAM机制的细节不属于本建议书的讨论范围。

7.11 以太网供货商特定的OAM (ETH-VSP)

以太网供货商特定的OAM (ETH-VSP) 用于供货商特定的OAM功能，它可以由供货商在它的设备间使用。并不期望供货商特定的OAM功能具有跨越不同供货商设备的互操作性以及因此使用带有给定OUI的ETH-VSP。

注 – 用于其他不同的目的，例如，用于处理嵌入式SDO特定的OUI是不可取的，也不推荐这么做。

ETH-VSP的特定应用不属于本建议书的讨论范围。

在第9.19节中所述的VSM PDU和在第9.20节中所述的VSR PDU可用于供货商特定的OAM。供货商特定的OAM机制的细节不属于本建议书的讨论范围。

7.12 以太网客户信号故障（ETH-CSF）

以太网客户信号故障功能（ETH-CSF）被MEP用于向对等MEP传播在以太网客户信号中检测到的故障或缺陷方面的ETH-CSF消息，前提是客户自身不支持相应故障或缺陷检测或传播机制，如ETC-CC或ETH-AIS。ETH-CSF消息沿着与检测故障或缺陷事件的入口客户端口相关联的、从以太网MEP到以太网对等MEP的方向进行传播。

ETH-CSF仅适用于点到点以太网传输应用。特别地，在基于[IEEE 802.1Q]或其他以太网生成树协议（STP）的网络环境中使用ETH-CSF严格限于以太网流的点到点链路。在[ITU T G.806]附录VIII中描述了使用客户信号故障指示来支持客户故障应用的情况。

MEP支持ETH-CSF传送所需要的特定的配置信息如下所示：

- 本地MEG的等级 – 初始MEP操作所位于的MEG的等级。
- ETH-CSF的传送周期 – 它确定带有ETH-CSF信息的帧的传送周期性。
- 优先级 – 标识带有ETH-CSF信息的帧的优先等级。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-CSF信息的帧总是标志为不适合丢弃的。

MEP支持ETH-CSF接收所需要的特定的配置信息如下所示：

- 本地MEG的等级 – 接收MEP操作所处的MEG的等级。

MIP对于带有ETH-CSF信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-CSF功能特性的信息。

故障类型可在ETH-CSF消息中指示。目前已定义三种CSF类型：

- 客户信号损失（C-LOS）
- 客户前向缺陷指示（C-FDI）
- 客户反向缺陷指示（C-RDI）

用于ETH-CSF信息的PDU是第9.21节中所述的CSF PDU。载有ETH-CSF的帧称为CSF帧。

7.12.1 CSF传送

当从相应的入口客户端口通告以太网CSF事件时，可以由MEP发出带有ETH-CSF信息的帧。以太网CSF事件的检测规则是以太网客户和应用特定的。

带有CSF信息的分组的传送可在MEP上进行启动或消除。

一旦从入口客户端口接收到以太网CSF通告，相关联的MEP可以立即开始定期传送带有ETH-CSF信息的帧。MEP继续定期传送带有ETH-CSF信息的帧，直到源适配功能去除以太网CSF指示。

清除以太网CSF条件是以以太网客户端和应用程序特定的。通过源适配功能清除以太网CSF条件通过以下方式传送给对等MEP：

- 不传送ETH-CSF，或者
- 转发带有客户故障清除指示（C-DCI）信息的ETH-CSF PDU。

7.12.2 CSF接收

一旦接收到带有ETH-CSF信息的CSF帧，MEP将根据[ITU-T G.8021]中所述的、接收到的ETH-CSF信息，声明以太网远程CSF条件的开始或结束，并向对应的出口客户端传播该以太网客户端故障条件。当接收到不带任何C-DCI信息的ETH-CSF PDU时，以太网MEP检测以太网远程CSF条件。

在以下情况下检测以太网客户端清除以太网远程CSF条件：

- 在CSF传输周期ms的N倍（N的建议值为3.5）的间隔内未接收到任何ETH-CSF帧；或者
- 接收到带有客户端故障清除指示（C-DCI）信息的ETH-CSF PDU。

注意，通过与MEP相关联的接收器适配功能的后续动作，来把接收到的ETH-CSF信息传播到以太网客户端，从定义来看，是以太网客户端和应用特定的。

7.13 以太网带宽通告（ETH-BN）

服务器MEP使用以太网带宽通告功能（ETH-BN），来将传送方向上的服务器层链路带宽信号传送到客户机层的MEP，例如，当服务器层在具有能力的微波链路上运行时，将根据当前的大气条件，来适配其带宽。带有ETH-BN信息的帧承载服务器层链路的当前和标称带宽。一旦接收到带有ETH-BN信息的帧，客户层MEP可以使用带宽信息来调整服务策略，例如，减少流向劣化链路的流速。

可以在服务器MEP上启动或禁止传送带有ETH-BN信息的帧。只有服务器MEP可以传送带有ETH-BN信息的帧。

当启用时，一旦检测到带宽劣化条件，将由服务器MEP在客户MEG等级传送带有ETH-BN信息的帧。服务器MEP继续使用ETH-BN信息来传送周期帧，直到恢复完全带宽。另外，当没有劣化或当带宽降至0时，可以可选地传送带有ETH-BN信息的周期帧。

在多点客户MEG中，带有ETH-BN信息的帧可能需要包括端口标识（端口ID），以确定哪个端口与ETH-BN信息相关联。如果不同链路的服务器MEP使用相同的源MAC地址来传送帧，那么需要这样做。

一旦接收到带有ETH-BN信息的帧，MEP将把接收到的信息传递给管理系统。管理系统可以采取进一步措施来降低针对劣化链路的流量速率或以其他方式调整链路的服务策略。

注：对ETH-BN用于保护切换有待进一步研究。

服务器MEP支持ETH-BN传送所需的特定配置信息如下所述：

- 客户MEG等级 – 最接近的客户层MIP和MEP所在的MEG等级。
- ETH-BN的传送周期 – 确定带有ETH-BN信息的帧的传送周期性。
- 保持时间 – 确定检测到劣化与传送带有BNM信息的第一帧（指示劣化）之间的时间（最多10s）。
- 优先级 – 确定带有ETH-BN信息的帧的优先等级。

- 丢弃适用性 – 带有ETH-BN信息的帧总是被标记为不适合丢弃。该信息无需配置。
- 端口ID – 端口的32位唯一标识符；如果关于不同端口的、带有ETH-BN信息的帧因此而相同，那么在多点MEG中需要这样做；否则这是可选的。该值在客户MEG内的所有服务器链路上都必须是唯一的。

MEP支持ETH-BN接收所需要的特定的配置信息如下所示：

- 本地MEG的等级 – MEP操作所处的MEG等级。

MIP对于带有ETH-BN信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-BN功能性的信息。

用于ETH-BN信息的PDU是第9.25节中所述的BNM。载有BNM PDU的帧称为BNM帧。

7.13.1 BNM传送

一旦检测到传送带宽劣化条件，服务器MEP可以在与其对等服务器MEP相反的方向上传送周期性的BNM帧，指示当前带宽小于标称带宽。BNM帧的传送如图7.13-1所示。

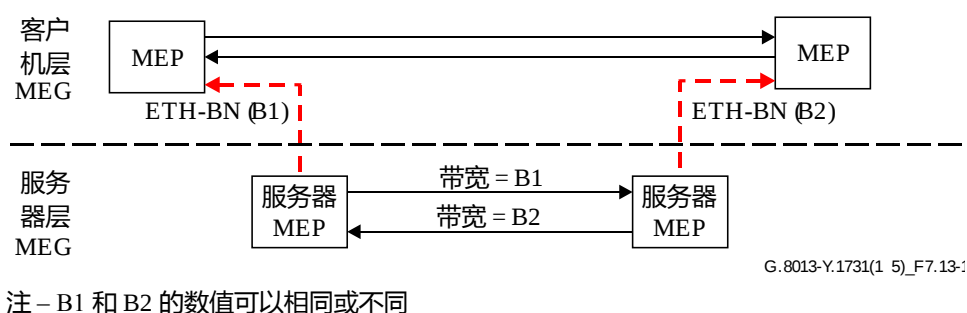


图7.13-1 – ETH-BN传送的例子

当没有任何劣化时，服务器MEP还可以传送周期性的BNM帧，指示当前带宽和标称带宽相同，或者当端口检测到故障时，指示当前带宽为0。

注1 – 当端口检测到故障时，对等服务器MEP也会传送AIS帧。

一旦检测到传送带宽的变化，如果在该时间内维持住了条件，那么在检测到传送带宽变化之后，必须在保持时间（最多10s）之后传送指示新的传输带宽的第一个BNM帧。如果变化持续时间小于保持时间，那么不传送任何指示传输带宽改变的BNM帧。

注2 – 预计将使用BNM通告，当中服务器层是使用自适应带宽调制的微波链路。如果劣化时间非常短，那么保持时间用于防止通告，例如，可能是因通过微波视线的物体而引起的。BNM通告对其他技术的适用性有待进一步研究。

第一个BNM帧被快速连续传送，这样，即使丢失或损坏一些BNM帧，接收器MEP也可以进行可靠和快速的动作。第一个BNM帧的间隔和数量特定于实施方案。

BNM帧传输的周期基于配置的数值，并且也通过所有BNM帧中的周期字段进行通信。当检测到全带宽恢复或链路故障时，在传送第一BNM帧之后，服务器MEP可以停止周期性BNM帧的传送。

即使没有任何劣化或全带宽恢复，周期性BNM帧也可以通过配置来传送。周期性基于劣化期间相同的配置值。

7.13.2 BNM接收

一旦接收到一个BNM帧，MEP就要对它进行检查，以确保其MEG等级对应它自身的MEG等级。周期字段指示可以预期之BNM帧的周期。提取源MAC、端口ID和带宽信息并传递给管理系统。随后，如果在接收的最后一个BNM帧中所指示的3.5倍BNM传输周期间隔内没有接收到任何BNM帧，那么MEP向管理系统传送信号，指示它不再具有任何带宽信息（例如，因为全带宽已经恢复）。

如第7.13.1节所述，一旦检测到传输带宽的变化，第一个BNM帧将被快速连续传送。在这种情况下，也快速连续接收BNM帧，以检测带宽的变化。

7.14 以太网期望的故障功能（ETH-ED）

MEP使用以太网预期故障功能（ETH-ED）来向其对等MEP告知CCM帧的传送预计将被中断，而不会中断数据帧，且对等MEP中随后的连续性故障丢失因此而应被抑制。带有ETH-ED信息的帧承载MEP的MEP ID和中断的预期持续时间。

如果在数据帧的转发中没有被中断，那么带有ETH-ED信息的帧将在CCM帧传送的预期中断之前不久就将由MEP予以传送。例如，当执行在用软件或固件升级时，或者当向现有的MEG添加新的MEP时。

一旦接收到带有ETH-ED信息的帧，MEP就将接收到的信息传递给元素管理功能（EMF）。如果由管理系统来启用，那么EMF可以采取行动禁止CCM的接收，从而避免任何会导致连续性故障的丢失。

注 – 关于如何使用预期故障通告的更多细节，以及关于对在对等MEP的EMF中如何处理接收到的通告的考虑，请参见[ITU-T G.8021]的附录IX。

MEP支持ETH-ED传送所需的特定的配置信息如下所述：

- MEG等级 – MEP所在的MEG等级。
- MEP ID – MEP在MEG中的身份。
- 预期故障持续时间 – 请求对等MEP抑制连续性报警丢失的持续时间。
- ETH-ED的传送周期 – 确定带有ETH-ED信息的帧的传送周期性。
- 优先级 – 确定带有ETH-ED信息的帧的优先等级。
- 丢弃适用性 – 带有ETH-ED信息的帧总是标记为不适合丢弃。该信息不必配置。

MEP支持ETH-ED接收所需的特定的配置信息如下所述：

- 本地MEG的等级 – MEP操作所处的MEG等级。

MIP对带有ETH-ED信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-ED功能性的信息。

用于ETH-ED信息的PDU是如第9.26节中所述的EDM。载有EDM PDU的帧称为EDM帧。

7.14.1 EDM传送

MEP可以在CCM帧传输的预期中断之前，或者当CCM帧传输尚未开始时，在短时间内传送一个或多个周期EDM帧。一旦发生中断或正常的CCM传输开始（重新开始），EDM帧的传输就会停止。

7.14.2 EDM接收

一旦接收到一个EDM帧，MEP要对它进行检查，以确保其MEG等级对应于它自身的MEG等级。提取源MEP ID和期望的持续时间，并将之传递给管理系统。

8 用于性能监测的OAM功能

用于性能监测的OAM功能可以测量不同的性能参数。定义了针对点到点ETH连接和多点ETH连通性的功能和测量方法。

本建议书包括以下性能参数，它们依据的是[MEF 10.3]。

- **帧丢失率**

帧丢失率定义为用百分数表示的、未传递的帧的数量除以时间间隔T内帧的总数之比。此处，未传递的帧的数量是指点到点ETH连接或多点ETH连通中，到达入口ETH流接点的帧数量与传递到出口ETH流接点的帧数量之差。可以使用属于单个CoS的服务帧或综合帧来测量帧丢失率。综合帧的使用也可以适用于多点ETH连通。服务帧的使用仅适用于到达入口ETH流接点的所有帧要传送到出口ETH流接点的点到点ETH连接。

- **帧时延**

帧时延可以表示为帧的单向时延，单向帧时延定义为：从源节点开始传送帧的第一个比特，到目的地节点接收相同帧的最后一个比特所经历的时间。当测量双向时延时，在帧的目的地节点处执行环回，并在最初的源节点处接收帧。在往返情况下，有四个可用的时间戳可实现单向和双向时延计算。理想情况下，对一组帧可以获得平均单向帧时延。平均单向帧时延在[ITU T Y.1563]中进行定义。服务帧属于与点到点ETH连接或多点ETH连通相同的CoS实例。

- **帧时延变化**

帧时延变化是对一对服务帧之间帧时延变动的度量。服务帧属于点到点ETH连接或多点ETH连通相同的CoS实例。

- **可用性**

以太网业务定义在[ITU-T Y.1563]中进行定义。尽管本建议书中定义的机制有助于可用性相关的测量，但本建议书中的测量方法的细节还有待进一步研究。

帧性能参数适用于符合约定之优先级等级 X 要求的帧，且网络认为就带宽状况符合性而言不适合丢失（即所谓的“绿色”帧）。此类“绿色”帧也被称为未超标（参见 [ITU-T G.8021]）。服务帧在点到点 ETH 网络、串联或链路连接的入口 ETH 流接点处予以通过，并应传递到出口 ETH 流接点。

此外，按照 [b-IETF RFC 2544]，还可以确定另一个性能参数：

- **吞吐量**

吞吐量指的是通信信道上实现成功流量传输的平均速率。这通常是在测试条件下进行测量的，即对于被测以太网服务没有任何服务流量的服务外测试。[ITU-T Y.1564] 定义了一种在服务激活阶段使用服务外测试来测试基于以太网的服务的方法。本建议书描述了服务配置测试，以验证带宽配置文件和其他以太网服务属性。在 [b-IETF RFC 2544] 中也可以找到用于以太网服务激活以外的服务外测试过程。在线测试的过程有待进一步研究。

8.1 帧丢失的测量（ETH-LM）

以太网丢失测量功能（ETH-LM）用于收集计数器的数值，适用于入口和出口处的服务帧，在此，计数器在一对 MEP 之间保持对所传送和所接收数据帧的计数。

ETH-LM 是通过向其对等 MEP 传送带有 ETH-LM 信息的帧，并类似地从对等 MEP 接收带有 ETH-LM 信息的帧来执行的。每个 MEP 都进行帧丢失测量，用于确定不可用时间。由于两个方向中只要有任何一个宣告为不可用，双向服务就定义为不可用，因此 ETH-LM 必须便于每个 MEP 进行近端和远端帧丢失的测量。

对一个 MEP，近端的帧丢失是指与入口数据帧相关联的帧丢失，而远端的帧丢失是指与出口数据帧相关联的帧丢失。近端和远端帧丢失的测量将分别作用于近端的严重误码秒（近端 SES）和远端的严重误码秒（远端 SES），两者将一起以类似于 [ITU-T G.826] 和 [ITU-T G.7710] 的方式作用于不可用时间。

在一个要进行丢失测量的点到点 ME 中，MEP 将为每个对等 MEP 和要监测的每个优先级类别保持如下两个本地的计数器：

- **TxFCl**：用于发往对等 MEP 的未超标数据帧的计数器。
- **RxFCl**：用于自对等 MEP 接收之未超标数据帧的计数器。

在某些条件下，TxFCl 和 RxFCl 计数器并不对 MEP 在 MEP 所在 MEG 等级上传送或接收的 OAM 帧进行计数（见注释）。然而，计数器对类似于已数据帧那样方式穿过 MEP 的、来自较高 MEG 等级的 OAM 帧要进行计数。

注1 – 主动的和按需的 ETH-LM 都如下所示来对 OAM 帧进行计数：

对单端 ETH-LM，仅对终结功能使用的主动功能（例如有关 ETH-CC 的那些功能）所用的 OAM 帧进行计数。

对双端 ETH-LM，不对终结功能使用的主动功能所用的 OAM 帧进行计数。

在两种情况下：

对适应功能（例如，有关 ETH-APS 和 ETH-CSF 的那些功能）所用的主动 OAM 帧进行计数。

不对可用于按需功能（例如，有关 ETH-LB、ETH-LT 以及按需 ETH-LM、ETH-DM 和 ETH-SLM 的那些功能）的 OAM 帧进行计数。

注2 – 由于ETH-AIS和ETH-LCK的OAM帧仅在丢失测量结果无效的故障条件下才传送，因此无需对这些帧进行计数。

有一种丢失测量方法，它用到一对对带有 ETH-LM 信息的连续帧，如第 8.1.1.2 节和第 8.1.2.3 节所示，可以减少传送和接收 MEP 计数器初始数值间的不同步。此外，当 MEP 检测到丢失连续性的故障情况时，它忽略故障情况下的丢失测量结果，并将之假设为 100%的丢失。

注3 – 丢失测量的精度取决于计数器数值复制到ETH-LM信息后，带有ETH-LM信息的帧如何加入进数据流。例如，在读出计数器数值的时间和带有ETH-LM信息的帧加入数据流的时间之间，有额外的数据帧需要传送与/或接收，复制到ETH-LM信息中的计数器数值就变得不精确了。然而，有一种基于硬件的实施方案能够增强精确性，它能在读出计数器数值后立即将带有ETH-LM信息的帧加入到数据流中。

注4 – 用于传送和接收数据帧的计数器的处理细节在[ITU-T G.8021]中进行论述。

注5 – 未超标帧称为“绿色”帧，其中丢弃资格为“假”。网络运营商或管理员可以配置编码方法来确定绿色帧。例如，绿色帧指的是那些DEI字段为“假”的帧，黄色帧指的是那些该字段为“真”的帧。PCP或PCP/DEI可用于该识别。

MEP 支持 ETH-LM 所需要的特定的配置信息如下所示：

- MEG 等级 – MEP 所在的 MEG 等级。
- 预期的ETH-LM对等MEP的单播MAC地址。组播类别1 MAC地址也是允许的。
- ETH-LM传送周期 – 默认的传送周期是100 ms（即每秒10帧的传送速率）。ETH-LM的传送周期应使即便有一个或多个ETH-LM帧丢失，数值在ETH-LM信息中承载的帧与/或字节计数器都不应该回归到同一数值上。这对于较低优先级等级上的帧丢失测量尤其重要。有关帧计数器归零周期的例子，请参见第II.2节。
- 优先级 – 确定带有 ETH-LM 信息的帧的优先等级。该信息可依据操作来配置。
- 丢弃适用性 – 带有 ETH-LM 信息的帧总是标记为不适合丢弃。该信息无需配置。

MIP 对带有 ETH-LM 信息的帧是透明的，因而不需要任何支持 ETH-LM 功能性的信息。

ETH-LM 可以以两种方式来执行：

- 双端的ETH-LM（参见第8.1.1节）；
- 单端的ETH-LM（参见第8.1.2节）。

8.1.1 双端的ETH-LM

双端的 ETH-LM 用于性能监测的主动 OAM，适用于故障管理。在这种情况下，在一个点到点的 ME 中，每个 MEP 向其对等的 MEP 周期性地传送带有 ETH-LM 信息的双端帧，以便对等 MEP 处的帧丢失测量。每个 MEP 都终结带有 ETH-LM 信息的双端帧，并进行近端和远端的丢失测量。这一功能用于在 ETH-CC 所用的同一个优先级等级上进行性能监测。

用于双端 ETH-LM 信息的 PDU 是 CCM，如第 9.2 节所述。

8.1.1.1 带有双端ETH-LM的CCM的传送

当配置成主动的丢失测量时，MEP 周期性地传送带有如下信息元素的 CCM 帧：

- TxFCf: 在 CCM 帧传送时本地计数器 TxFCI 的数值。
- RxFCb: 在从对等 MEP 接收到最后一个 CCM 帧时本地计数器 RxFCI 的数值。
- TxFCb: 在从对等 MEP 接收到的最后一个 CCM 帧中的 TxFCf 的数值。

CCM PDU 的传送有一个周期值，该周期值等于传送端 MEP 按性能监测应用配置的 CCM 传送周期。接收端 MEP 将检测出非期望周期的故障情况，如果该 CCM 传送周期与配置的数值不同的话。

8.1.1.2 带有双端ETH-LM的CCM的帧接收

当配置成主动的丢失测量时，MEP 在接收到一个 CCM 帧时，将使用如下数值来进行近端和远端的丢失测量：

- 所接收CCM帧的TxFCf、RxFCb、TxFCb的数值和接收该CCM帧时本地计数器RxFCI的数值。这些数值被表示为TxFCf[t_c]、RxFCb[t_c]、TxFCb[t_c]和RxFCI[t_c]，这里t_c是当前帧的接收时间。
- 前一个CCM帧的TxFCf、RxFCb、TxFCb的数值和接收该前一个CCM帧时本地计数器RxFCI的数值。这些数值被表示为TxFCf[t_p]、RxFCb[t_p]、TxFCb[t_p]和RxFCI[t_p]，这里t_p是前一个帧的接收时间。

$$\text{帧丢失}_{\text{远端}} = |\text{TxFCb}[t_c] - \text{TxFCb}[t_p]| - |\text{RxFCb}[t_c] - \text{RxFCb}[t_p]|$$

$$\text{帧丢失}_{\text{近端}} = |\text{TxFCf}[t_c] - \text{TxFCf}[t_p]| - |\text{RxFCI}[t_c] - \text{RxFCI}[t_p]|$$

如果所接收 CCM 帧中的周期字段数值不同于 MEP 自身配置的 CCM 传送周期，那么该 MEP 将检测出非期望周期的故障情况。

8.1.2 单端的ETH-LM

单端的 ETH-LM 用于按需和主动的 OAM。在这种情况下，为进行丢失测量，MEP 向其对等的 MEP 传送带有 ETH-LM 请求信息的帧，并从其对等的 MEP 接收带有 ETH-LM 回复信息的帧，来进行丢失测量。

用于单端 ETH-LM 请求的 PDU 是 LMM，如第 9.12 节所述。用于单端 ETH-LM 响应的 PDU 是 LMR，如第 9.13 节所述。携带 LMM PDU 的帧称为 LMM 帧。携带 LMR PDU 的帧称为 LMR 帧。相同的 LMM 和 LMR 帧格式可用于主动和按需的单端 ETH-LM。主动 LMM/LMR 帧与按需 LMM/LMR 帧的区别在于 LMM/LMR 帧中标记字段的数值。

8.1.2.1 LMM的传送

当针对单端的丢失测量进行配置时，MEP 以如下的信息元素周期地传送 LMM 帧：

- TxFCf: LMM 帧传送时本地计数器 TxFCI 的数值。

8.1.2.2 LMM的接收和LMR的传送

每当 MEP 接收到一个有效的 LMM 帧，就要生成一个 LMR 帧并将之传送给发起的 MEP。一个 LMM 帧被认为是一个有效的 LMM 帧，如果它具备有效的 MEG 等级，且目的地 MAC 地址等于接收端 MEP 的 MAC 地址。一个 LMR 帧包含如下数值：

- TxFCf: 从 LMM 帧复制的 TxFCf 的数值。
- RxFCf: LMM 帧接收时本地计数器 RxFCI 的数值。
- TxFCb: LMR 帧传送时本地计数器 TxFCI 的数值。

8.1.2.3 LMR 的接收

一旦收到 LMR 帧，MEP 将使用如下数值来进行近端和远端的丢失测量：

- 所接收 LMR 帧的 TxFCf、RxFCf、TxFCb 的数值和该 LMR 帧接收时本地计数器 RxFCI 的数值。这些数值被表示为 TxFCf[t_c]、RxFCf[t_c]、TxFCb[t_c] 和 RxFCI[t_c]，这里 t_c 是当前回复帧的接收时间。
- 前一个 LMR 帧的 TxFCf、RxFCf、TxFCb 的数值和接收该前一个 CCM 帧时本地计数器 RxFCI 的数值。这些数值被表示为 TxFCf[t_p]、RxFCf[t_p]、TxFCb[t_p] 和 RxFCI[t_p]，这里 t_p 是前一个回复帧的接收时间。

$$\text{帧丢失}_{\text{远端}} = |\text{TxFCf}[t_c] - \text{TxFCf}[t_p]| - |\text{RxFCf}[t_c] - \text{RxFCf}[t_p]|$$

$$\text{帧丢失}_{\text{近端}} = |\text{TxFCb}[t_c] - \text{TxFCb}[t_p]| - |\text{RxFCI}[t_c] - \text{RxFCI}[t_p]|$$

8.2 帧时延的测量 (ETH-DM)

帧时延的测量 (ETH-DM) 可用于按需或主动的 OAM，以测量帧时延和帧时延变化。帧时延和帧时延变化的测量是通过向对等 MEP 周期地传送带有 ETH-DM 信息的帧，并在主动测量会话与/或诊断间隔期间从对等 MEP 处接收带有 ETH-DM 信息的帧来完成的。每一个 MEP 都可以进行帧时延和帧时延变化的测量。

当一个 MEP 能生成带有 ETH-DM 信息的帧时，它向同一 ME 中它对等的 MEP 周期地传送带有 ETH-DM 信息的帧。当一个 MEP 生成带有 ETH-DM 信息的帧时，它也预期在同一 ME 中从它对等的 MEP 处接收带有 ETH-DM 信息的帧。

MEP 支持 ETH-DM 所需的特定配置信息如下所述：

- MEG 等级 – MEP 所在的 MEG 等级。
- 预期的 ETH-DM 对应之对等 MEP 的单播 MAC 地址。组播 MAC 地址也允许用于多点 ETH 连接。在多点 ETH 连接的情况下，一个 MEP 可以同时激活多个针对不同对等 MEP 的监控。在这种情况下，每个 MEP 都需要根据对等 MEP 来管理监测结果。
- DM 应用 – 确定应用，即主动对按需的时延测量。可依据操作来配置此信息。一个 MEP 可以在同一个 CoS 等级上并针对同一个对等 MEP 同时激活主动和按需的监控。在这种情况下，每个 MEP 都需要根据对等 MEP 来管理监测结果。
- 数据 – 这是一个可选的数据元素，其长度可以在 MEP 上进行配置。在 DM 帧中包括可选的数据元素旨在支持可配置的 DM 帧大小。
- 优先级 – 确定带有 ETH-DM 信息的帧的优先等级。可依据操作来配置此信息。一个 MEP 可以在不同的 CoS 等级上同时激活多个监控。在这种情况下，每个 MEP 都需要根据 CoS 等级来管理监测结果。
- 丢弃适用性 – 带有 ETH-DM 信息的帧总是标记为不适合丢弃。该信息不必配置。

- 测试ID – 如果同时激活多个测量，那么可以可选地用于区分每个DM测量。至少在针对MEG和启动MEP的任何DM测量类型（单端的/双端的和按需的/主动的）背景下，它必须是唯一的。

注1 – 可能会需要额外的配置信息元素，如ETH-DM信息的传送速率、ETH-DM总的间隔等。这些额外的配置信息元素不属于本建议书的讨论范围。

MIP对带有ETH-DM信息的帧是透明的，因而不需要任何支持ETH-DM功能性的信息。

MEP用以下信息元素来传送带有ETH-DM信息的帧：

- TxTimestampf: ETH-DM传送时的时间戳。

接收MEP可以将这一数值与ETH-DM帧的接收时间RxTimef进行比较，并按下式计算单向的帧时延：

$$\text{帧时延} = \text{RxTimef} - \text{TxTimeStampf}$$

然而，单向帧时延的测量需要传送端MEP和接收端MEP的时钟同步。就帧时延变化的测量而言，它基于前后帧时延测量之间的差值，对于时间和相位同步的要求可以放松，原因是在前后帧时延测量的差别中，相位差的间隔可以抵消。

事实上，正如在最通常情况下可看到的，要求时钟同步是不实际的，这时帧时延测量将只能在双向测量中进行，在此MEP传送一个带有ETH-DM请求信息的帧，它带有TxTimeStampf，同时接收端MEP以一个带有ETH-DM回复信息的帧进行回应，回复帧中有从ETH-DM请求信息中复制来的TxTimeStampf。MEP接收该带有ETH-DM回复信息的帧，将TxTimeStampf与ETH-DM回复信息帧的接收时间RxTimeb进行比较，并按下式进行双向帧时延的计算：

$$\text{帧时延} = \text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}$$

MEP也可以基于对两个顺次双向帧时延测量的差值进行计算的能力，做双向帧时延变化的测量。

注2 – 为了能进行更精确的双向时延测量，对ETH-DM请求信息的帧进行回复的MEP也可以在ETH-DM回复信息中纳入两个额外的时间戳：RxTimeStampf（在ETH-DM请求信息的帧接收时的时间戳）和TxTimeStampb（在ETH-DM回复信息的帧传送时的时间戳）。

ETH-DM可以用两种方式进行：

- 双端的ETH-DM（参见第8.2.1节）；
- 单端的ETH-DM（参见第8.2.2节）。

注3 – 在本建议书的之前修订中，双端ETH-DM和单端ETH-DM分别被称为单向ETH-DM和双向ETH-DM。

8.2.1 双端的ETH-DM

在这种情况下，每个MEP向其对等的MEP传送带有双端ETH-DM信息的帧，以便在对等MEP上进行单向帧时延与/或单向帧时延变化的测量。

注 – 如果两个MEP之间时钟是同步的，那么单向帧时延测量可以进行；否则将只能进行单向帧时延变化的测量。

用于双端ETH-DM的PDU是第9.14节中所述的1DM。承载1DM PDU的帧称为1DM帧。相同的1DM帧格式可用于主动和按需的双端ETH-DM。主动1DM帧与按需1DM帧的区别在于1DM帧中标记字段的数值。

注 – 在本建议书的之前修订中，双端ETH-DM被称为单向ETH-DM。

8.2.1.1 1DM的传送

当配置成双端ETH-DM时，MEP将周期地传送带有TxTimeStampf数值的1DM帧。MEP可以选择使用测试ID TLV与/或数据TLV。进行配置时，MEP使用测试ID TLV，其中包含用于同时运行多个测试的测试ID。当配置用于测量不同帧大小的时延和时延变化时，MEP使用数据TLV。

8.2.1.2 1DM的接收

当配置成双端ETH-DM时，一旦接收到有效的1DM帧，MEP将使用如下数值来做单向帧时延的测量。带有有效MEG等级和等同接收端MEP之MAC地址或组播类别1 MAC地址的目的MAC地址的1DM帧，被认为是一个有效的1DM帧。这些数值将用作单向帧时延变化测量的输入：

- 1DM帧的TxTimeStampf值。
- RxTimef，它是1DM帧接收的时间。

帧时延_{单向} = RxTimef – TxTimeStampf。

8.2.2 单端的ETH-DM

MEP向其对等的MEP传送带有ETH-DM请求信息的帧，并从其对等的MEP接收带有ETH-DM回复信息的帧，来进行双向帧时延和双向帧时延变化的测量。如果其对等MEP支持RxTimeStampf和TxTimeStampb的两个可选时间戳，那么单向帧时延和单向帧时延变化测量的结果也可以通过相同的ETH-DM请求/回复信息来计算。

注 – 关于单向测量，如果两个MEP之间的时钟同步，那么可以执行单向帧时延测量。否则，只能执行单向帧时延变化测量。

ETH-DM请求所用的PDU是第9.15节描述的DMM。ETH-DM回复所用的PDU是第9.16节描述的DMR。载有DMM PDU的帧称为DMM帧。载有DMR PDU的帧称为DMR帧。DMM和DMR帧相同的格式可用于主动和按需的单端ETH-DM。主动DMM/DMR帧与按需DMM/DMR帧的区别在于DMM/DMR帧中标记字段的数值。

注 – 在本建议书的之前修订中，单端ETH-DM被称为双向ETH-DM。

8.2.2.1 DMM的传送

当配置成单向时延测量时，MEP将周期地传送带有TxTimeStampf数值的DMM帧。MEP可以可选地使用测试ID TLV与/或数据TLV。进行配置时，MEP使用测试ID TLV，它包含用于同时运行多个测试的测试ID。当配置用于测量不同帧大小的时延和时延变化时，MEP使用数据TLV。

8.2.2.2 DMM的接收和DMR的传送

每当MEP接收到一个有效的DMM帧，就要生成一个DMR帧并将之传送给发起的MEP。一个DMM帧被认为是一个有效的DMM帧，如果它具备有效的MEG等级，且目的地MAC地址等于响应端MEP的MAC或组播类别1 MAC地址。DMM帧中的每一个字段都将复制到DMR帧中，但有以下例外：

- 将源 MAC 地址复制到目的地 MAC 地址，源 MAC 地址用 MEP MAC 地址填充。
- OpCode 字段要从 DMM 改变为 DMR。

注 – 作为一个选项，为了考虑在响应MEP时的处理时间，可以在DMR帧中使用两个额外的时间戳：RxTimeStampf（DMM帧接收时的时间戳）和TxTimeStamptb（DMR帧传送时的时间戳）。

8.2.2.3 DMR的接收

一旦收到 DMR 帧，MEP 将使用以下数值来计算双向的帧时延。该数值将用作双向帧时延变化测量的输入：

- DMR 帧的 TxTimeStampf 数值。
- RxTimeb – DMR 帧的接收时间。

$$\text{帧时延}_{\text{双向}} = \text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}$$

如果 DMR 帧中载有额外的时间戳（由 RxTimeStampf 和 TxTimeStamptb 字段的非零值确定），单向和双向帧时延的计算将为：

$$\text{帧时延}_{\text{双向}} = (\text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}) - (\text{TxTimeStamptb} - \text{RxTimeStampf})$$

$$\text{帧时延}_{\text{单向远端}} = \text{RxTimeStampf} - \text{TxTimeStampf}$$

$$\text{帧时延}_{\text{单向近端}} = \text{RxTimeb} - \text{TxTimeStamptb}$$

8.3 吞吐量的测量

[b-IETF RFC 2544]规定了吞吐量的测量，它通过递增速率来传送数据帧（最高可达理论上的最大值），图示所收到的帧的百分率，并报告帧开始被丢失的那个速率。一般地说，这一速率决定于数据帧的长度。

本建议书规定的机制，例如单播的 ETH-LB（如带有数据字段的 LBM 和 LBR 帧）和 ETH-Test（如带有数据字段的 TST 帧）可用于进行吞吐量的测量。MEP 可以在一个速率上插入带有所配置大小、样式等的 TST 帧或 LBM 帧，以测验吞吐量，并进行单向或双向的测量。

8.4 综合丢失的测量（ETH-SLM）

综合丢失测量是使用综合帧而不是数据流量来测量帧丢失的机制。传送和接收多个综合帧，因此计算丢失的帧数。这可以被视为统计样本，并用于近似数据流量的帧丢失率。

ETH-SLM 收集计数器，以便在一组 MEP 之间维持对所传送和所接收综合帧的计数。

ETH-SLM 用于通过向一个或多个对等 MEP 传送带有 ETH-SLM 信息的有限数量的帧，并且从对等 MEP 处接收带有 ETH-SLM 信息的帧，来执行按需或主动的测试。而后每个 MEP 都进行帧丢失的测量，用于确定不可用时间。由于两个方向中只要有任何一个宣告为不可用，双向服务就定义为不可用，因此 ETH-LM 必须便于每个 MEP 进行近端和远端综合帧丢失的测量。

在一个要进行丢失测量的ME中，MEP将为每个测试ID和每个要监测的对等MEP维持如下本地计数器：

- **TxFCl**：向对等MEP传送的综合帧数，是给定测试ID的一部分。启动MEP递增这个数字，以连续传送带有ETH SLM请求信息的综合帧，而响应MEP递增这个数字，以连续传送带有ETH-SLM回复信息的综合帧。
- **RxFCl**：从对等MEP接收的综合帧数，是给定测试ID的一部分。启动MEP递增这个数字，以连续接收带有ETH-SLM回复信息的综合帧，而响应MEP递增这个数字，以连续接收带有ETH-SLM请求信息的综合帧。

丢失测量的方法涉及带有ETH-SLM信息的、TxFCl值不断增加的一系列帧，如第8.4.1节和第8.4.2节所示。

注1 – 由于在启动MEP处配置了测试ID，因此在启动与响应MEP之间不需要对测试ID值进行任何同步，响应MEP使用从启动MEP处接收到的测试ID。在响应MEP处为每个测试ID分配和释放本地计数器资源不属于本建议书的讨论范围。

MEP 支持 ETH-SLM 所需的特定配置信息如下所述：

- **MEG 等级** – MEP 所在的 MEG 等级。
- **数据** – 这是一个可选的数据元素，其长度可在MEP处进行配置。在SLM帧中包含可选的数据元素旨在支持可配置的SLM帧大小。
- **目标MAC地址** – 确定目标对等MEP。
- **测试ID** – 用于区分每个SL测量，因为在给定的CoS和MEP对上也可以同时激活多个测量。至少在有关MEG和启动MEP的任何SL测量范畴内，它必须是唯一的。
- **优先级** – 确定带有 ETH-LM 信息的帧的优先级。该信息可依据操作进行配置。
- **丢弃适用性** – 带有 ETH-LM 信息的帧总是标记为不适合丢弃。该信息无需配置。

MIP 对于带有 ETH-SLM 信息的帧是透明的，因此不需要任何支持 ETH-SLM 功能性的信息。

注2 – 由于ETH-SLM是一种采样技术，因此不可避免地比计算服务帧的进度要低。此外，精度取决于所用的SLM帧数量或传送SLM帧的周期。SLM帧的数量或SLM帧的周期不属于本建议书的讨论范围，但附录VI中提供了一些有关精度的示例供参考。

8.4.1 单端的ETH-SLM

单端ETH-SLM用于主动或按需OAM。它执行适用于点到点ETH连接和多点ETH连通的综合损失测量。它允许MEP启动和报告与同一MEG的一个或一组对等MEP相关联的远端和近端丢失测量。

按需或主动的选择由启动测试的管理功能执行，但这是本地信息，不需要在PDU中传达。

对于单端操作，MEP向其对等MEP传送带有ETH-SLM请求信息的帧，并从其对等MEP处接收带有ETH-SLM回复信息的帧，以进行综合丢失测量。

用于单端ETH-SLM请求的PDU是SLM，如第9.22节所述。用于单端ETH-SLM回复的PDU是SLR，如第9.23节所述。承载SLM PDU的帧称为SLM帧。承载SLR PDU的帧称为SLR帧。

8.4.1.1 SLM的传送

MEP周期性地传送包含以下信息元素的SLM帧：

- 测试ID：测试ID是一个包含由MEP配置之数字的数值，而后用于同时运行多个测试。
- 源MEP ID：源MEP ID是MEP在MEG中的自身身份。
- TxFCf：TxFCf是SLM帧传送时本地计数器TxFCI的数值。
- TxFCb：TxFCb始终设置为零。保留用于SLR传送。

8.4.1.2 SLM的接收和SLR的传送

每当MEP接收到有效的SLM帧时，都会生成SLR帧并将之传送到启动MEP。带有有效MEG等级和目的地MAC地址等于响应MEP之MAC地址或组播类别1 MAC地址的SLM帧，被认为是有效的SLM帧。SLM帧中的每个字段都被复制到SLR帧中，但以下情况例外：

- 将源MAC地址复制到目的地MAC地址，源MAC地址用MEP MAC地址填充。
- OpCode从SLM更改为SLR。
- 应答器MEP ID：MEP在MEG中的自身身份。
- TxFCb：SLR帧传送时本地计数器RxFCI的数值。

注意，由于每次接收到SLM帧时都会生成SLR帧，因此应答器中的RxFCI等于接收到的SLM帧数量，并且也等于所传送的SLR帧数量。换句话说，在应答器中， $RxFCI = TxFCI$ 。

8.4.1.3 SLR的接收

在传送SLM帧（带有某个给定的TxFCf值）之后，MEP将期望从其对等MEP处接收相应的SLR帧（带有相同的TxTCf值）。在按需模式下，如[ITU-T G.8021]中所规定，必须丢弃终止SL测量命令后超过5s后接收到的SLR帧。

利用SLR帧中包含的信息，MEP确定给定测量周期的帧丢失。测量周期指的是这样一个时间间隔，即在此期间传送的SLM帧的数量在统计上足以以给定精度进行测量。（参见附录VI）MEP使用以下值来确定测量期间的近端和远端帧丢失：

- 在测量周期结束时，最后接收到的SLR帧的TxFCf和TxFCb值以及本地计数器RxFCI。这些值表示为TxFCf[t_c]、TxFCb[t_c]和RxFCI[t_c]，其中t_c是测量周期的结束时间。
- 测试开始后第一个接收到的SLR帧的TxFCf和TxFCb值，以及测量周期开始时的本地计数器RxFCI。这些值表示为TxFCf[t_p]、TxFCb[t_p]和RxFCI[t_p]，其中t_p是测量周期的开始时间。

$$\text{帧丢失}_{\text{远端}} = |TxFCf[t_c] - TxFCf[t_p]| - |TxFCb[t_c] - TxFCb[t_p]|$$

$$\text{帧丢失}_{\text{近端}} = |TxFCb[t_c] - TxFCb[t_p]| - |RxFCI[t_c] - RxFCI[t_p]|$$

注 – 如果在测量周期结束时存在SLM，对该周期，在超时期间内未接收到任何相应的SLR（即SLM，其序列号为接收到的最后一个SLR之序列号后的序列号），那么无法确定它们是否在近端或远端方向上丢失了。

8.4.2 双端的ETH-SLM

双端ETH-SLM可用于按需和主动的OAM。它执行适用于点到点ETH连接或多点ETH连通的丢失测量。它允许MEG中的MEP向其对等MEP传送带有ETH-SLM信息的周期性双端帧，以便在对等MEP处进行帧丢失测量。接收端MEP终结双端帧并进行近端丢失测量。

按需或主动的选择由启动测试的管理功能来执行；然而这是本地信息，不需要在PDU中传送。

双端ETH-SLM适用于测量从每个MEP到其所有对等MEP（例如，任何到任何测量）的单向FLR的要求和实际应用。

用于双端ETH-SLM信息的PDU为1SL，如第9.24节所述。承载1SL PDU的帧被称为1SL帧。

8.4.2.1 1SL的传送

当配设置为双端操作时，MEP周期性地传送带有以下信息元素的1SL帧：

- 测试ID：测试ID指的是包含由MEP配置的数字的数值，而后用于同时运行多个测试。
- 源MEP ID：源MEP ID指的是MEP在MEG中的自身身份。
- TxFCf：TxFCf指的是1SL帧传送时本地计数器TxFC1的数值。

1SL PDU 的传送周期值等于在传送 MEP 时为性能监控应用配置的 1SL 传送周期。

8.4.2.2 1SL的接收

当配设置为单向综合丢失测量时，一旦MEP接收到有效的1SL帧，使用以下值来进行单向帧丢失测量。具有有效MEG等级以及目的地MAC地址等于接收MEP的MAC地址或组播类别1 MAC地址的1SL帧被认为是有效的1SL帧。

每当带有给定TxFCf值的MEP接收到有效的1SL帧，MEP就将期望接收随后的1SL帧（TxFCf值递增1）。

对于给定的测量周期，MEP使用以下值来确定期间的近端帧丢失：

- 测量周期结束时最后接收到的1SL帧的TxFCf值和本地计数器RxFCI。这些值表示为TxFCf[tc]和RxFCI[tc]，其中tc是测量周期的结束时间。
- 测试开始后第一个接收到的1SL的1SL帧的TxFCf值以及测量周期开始时的本地计数器RxFCI。这些值表示为TxFCf[tp]和RxFCI[tp]，其中tp是测量周期的开始时间。

$$\text{帧丢失}_{\text{近端}} = | \text{TxFCf}[\text{tc}] - \text{TxFCf}[\text{tp}] | - | \text{RxFCI}[\text{tc}] - \text{RxFCI}[\text{tp}] |$$

9 OAM PDU类型

本节描述用于满足第7节和第8节中所述之OAM功能要求的、不同OAM PDU类型的信息元素和格式。

注 – 当OAM PDU字段的数值为固定值时，它们将在以下各节的OAM PDU格式中显示在括号内。

9.1 OAM共同的信息元素

一些信息元素对于本建议书中确定的不同 OAM PDU 是共同的。这些信息元素有：

- **MEG等级：**MEG等级是一个3比特的字段。它包含一个整数数值，用于确定OAM PDU的MEG等级。数值范围从0到7。
- **版本：**版本是一个5比特的字段。它包含一个整数数值，用于确定OAM协议的版本。关于该字段，第11节讨论了有关OAM PDU验证和版本控制的规定。
- **OpCode：**OpCode是一个1字节的字段。它包含一个用于确定OAM PDU类型的OpCode。OpCode用于确定OAM PDU中其余部分的内容。这一信息字段的数值在表9-1中给出。
- **标记：**标记是一个8比特的字段。这一字段中各比特的使用取决于OAM PDU的类型。
- **TLV偏移：**TLV偏移是一个1字节的字段。它包含OAM PDU中第一个TLV相对于TLV偏移字段的偏移。这一字段的数值与OAM PDU的类型有关。当TLV偏移为0时，它指向TLV偏移字段后的第一个字节。

不出现于 OAM PDU 中但由承载 OAM PDU 的帧所传送的其他信息元素包括：

- **优先级：**优先级确定一个特定OAM帧的优先级。
- **丢弃适用性：**丢弃适用性确定某个特定OAM帧的丢弃适用性。

表9-1 – OpCode值

OpCode值	OAM PDU类型	OpCode与MEPs/MIPs的相关性
与IEEE 802.1共同的OpCodes		
1	CCM	MEPs
3	LBM	MEP 和 MIP（连通性验证）
2	LBR	MEP 和 MIP（连通性验证）
5	LTM	MEPs和MIPs
4	LTR	MEPs和MIPs
0、6-31、64-255	保留（注 1）	
本建议书特定的OpCodes		
32	GNM（注4）	MEPs
33	AIS	MEPs
35	LCK	MEPs
37	TST	MEPs
39	线性APS	参见[ITU-T G.8031]
40	环回APS	参见[ITU-T G.8032]
41	MCC	MEPs
43	LMM	MEPs
42	LMR	MEPs
45	1DM	MEPs
47	DMM	MEPs
46	DMR	MEPs
49	EXM	不属于本建议书的讨论范围
48	EXR	不属于本建议书的讨论范围

表9-1 – OpCode值

OpCode值	OAM PDU类型	OpCode与MEPs/MIPs的相关性
51	VSM	不属于本建议书的讨论范围
50	VSR	不属于本建议书的讨论范围
52	CSF	MEPs
53	1SL	MEPs
55	SLM	MEPs
54	SLR	MEPs
34, 36, 38, 44, 60-63	保留（注 2）	
56-59	保留（注 3）	
注 1 – 保留由 IEEE 802.1 定义。		
注 2 – 保留供 ITU-T 将来的标准化。		
注 3 – 保留由MEF定义。定义超出了本建议书的讨论范围。		
注4 – 通用通告消息（GNM）PDU类型用于承载使用表9-1a中Sub-Opcode的其他OAM PDU。		

9.1.1 OAM PDU共同的格式

所有 OAM PDU 使用的共同格式如图 9.1-1 所示。

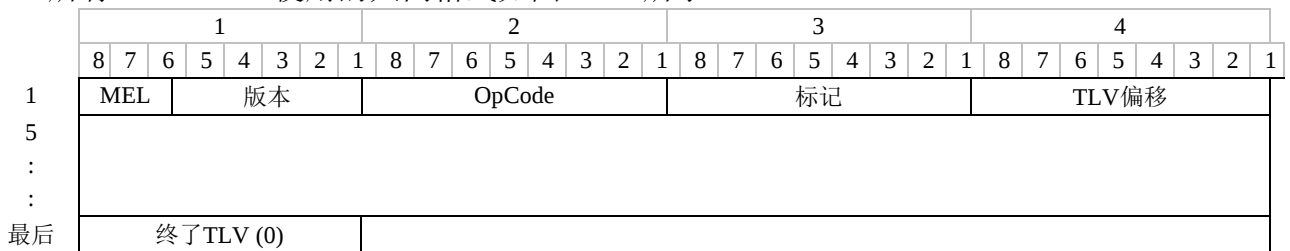


图9.1-1 – OAM PDU共同的格式

当使用OpCode 32（GNM）时，在TLV偏移字段之后有一个额外的1字节Sub-OpCode字段。Sub-OpCode的数值如表9-1a所示。

表9-1a – Sub-OpCode值

Sub-OpCode值	OAM PDU类型
1	BNM
0, 2-255	保留（注）
注 – 保留供ITU-T将来的标准化。	

TLV 的一般格式如图 9.1-2 所示。类型数值在表 9-2 中说明。

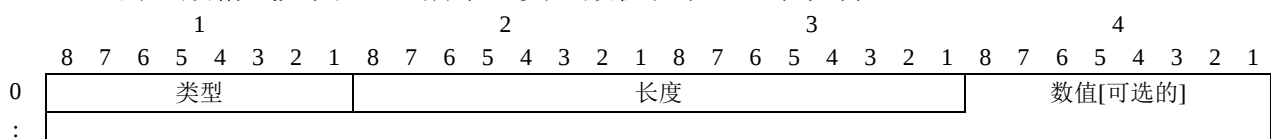


图9.1-2 – TLV的一般格式

注 – 在终了TLV中，类型 = 0，长度和数值字段都不用。

表9-2 – 类型数值

类型数值	TLV名称
与IEEE 802.1共同的类型	
0	终了TLV
3	数据TLV
5	入口回复TLV
6	出口回复TLV
7	LTM出口标识符TLV
8	LTR出口标识符TLV
2, 4, 9-31, 64-255	保留（注1）
建议书特定的类型	
32	测试TLV
33-35	保留（注2）
36	测试ID TLV
37, 38	保留（注3）
39-63	保留（注4）
注 1 – 保留由IEEE 802.1定义。 注2 – 保留由[ITU-T G.8113.1]定义。 注3 – 保留由MEF定义。定义超出了本建议书的讨论范围。 注4 – 保留供ITU-T将来的标准化。	

9.2 CCM PDU

CCM 用于支持第 7.1 节中所述的 ETH-CC 功能、第 7.5 节中所述的 ETH-RDI 功能和第 8.1.1 节中所述的双端 ETH-LM 功能。

9.2.1 CCM信息元素

载于 CCM 用于支持 ETH-CC 的信息元素有：

- 周期：周期是一个3比特的信息元素，它载于标记字段中3个最低位比特。周期包含在CCM源点配置的CCM的传送周期值。CCM周期值在表9-3中说明。
- MEG ID：MEG ID是一个48字节的字段，它包含传送CCM帧的MEP所属之MEG的MEG ID。见附件A。
- MEP ID：MEP ID是一个2字节的字段，在此13个最低位比特用于确定传送CCM帧的MEP。MEP ID在MEG内是唯一的。

载于 CCM 以支持 ETH-RDI 的信息元素有：

- RDI：RDI是一个1比特的信息元素，载于标记字段中的最高比特位。当RDI为1时，传送端MEP指示已检测出故障。当RDI为0时，传送端MEP没有传送任何故障指示。

载于 CCM 以支持双端 ETH-LM 的信息元素有：

- TxFCf：TxFCf是一个4字节的字段，它在CCM帧传送时，承载MEP向其对等MEP传送的未超标数据帧计数器的数值。

- **RxFCb:** RxFCb是一个4字节的字段，它是MEP在从其对等MEP接收最后一个CCM帧时，从该对等MEP接收到的未超标数据帧计数器的数值。
- **TxFCb:** TxFCb是一个4字节的字段，它载有MEP从其对等MEP接收到的最后一个CCM帧中的TxFCf字段的数值。

MEP 用于传送 CCM 信息的 CCM PDU 格式如图 9.2-1 所示。

图9.2-1 – CCM PDU的格式

- **MEG等级：**参见第9.1节。
- **版本：**参见第9.1节，在本建议书的当前版本中，值为0。
- **OpCode：**这种PDU类型的数值是CCM（1）。
- **标记：**CCM PDU标记字段中的两个信息元素RDI和周期如下图所示：

图9.2-2 – CCM PDU中标记的格式

表9-3 – CCM周期的数值

标记[3:1]	周期值	说明
000	无效的数值	对CCM PDU为无效的数值
001	3.33 ms	每秒300帧
010	10 ms	每秒100帧
011	100 ms	每秒10帧
100	1 s	每秒1帧
101	10 s	每分钟6帧
110	1 min	每分钟1帧
111	10 min	每小时6帧

- TLV偏移：设置为70。
- 序号：该字段在本建议书中设置为全零。
- MEP ID：是一个13比特的整数值，用于确定MEG中的传送端MEP。第一个字节中的三个MSB不使用，设置为零。

MSB								LSB							
字节9								字节10							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	MEP ID												

图9.2-3 – CCM PDU中MEP ID的格式

- MEG ID：48字节的字段。有关MEG ID字段所用的格式，请参见附件A。
- TxFCf、TxFCb、RxFCb：4字节的整数值，它带有第9.2.1节规定之归零帧计数器的样本。这些字段在不用时设置为全零。
- 保留：保留字段设置为全零。
- 终了TLV：一个全零字节的数值。

9.3 LBM PDU

如第 7.2 节中所述，LBM 用于支持 ETH-LB 请求。

9.3.1 LBM的信息元素

LBM 所载的信息元素有：

- 交易ID/序号：交易ID/序号是一个4字节的字段，它包含LBM的交易ID/序号。可以期望接收器将在第9.4节中所述的LBR PDU中复制交易ID/序号。
- 数据/测试样式：数据是一个可选的字段，其长度和内容在传送端MEP处确定。数据字段的内容可以是一个测试样式，并可可选地带有额外的校验和。测试样式可以是 [ITU-T O.150]第5.8节中规定的伪随机比特序列（PRBS）（ $2^{31}-1$ ）、全零样式等。

9.3.2 LBM PDU的格式

MEP 用于传送 LBM 信息的 LBM PDU 格式如图 9.3-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	类型 (32)								长度																样式种类							
:	测试样式 (NULL, PRBS)																															
:																																
:																																
:																																
:	CRC-32 (可选的)																															
:																																

图9.3-4 – 测试TLV的格式

测试 TLV 格式的字段如下所示：

- 类型：确定TLV的类型；这一TLV类型的数值是测试信号（32）。
- 长度：确定包含有测试样式和CRC-32的数值字段以字节计算的长度。在一个PDU限制为1492字节的帧中，最大长度值是1480（因为需要8个字节的LBM PDU的开销、3个字节的数据TLV开销和1个字节的终了TLV，共需12个字节）。如果LBM中、有其他的TLV，还将进一步减少这1480的最大长度值。（由于有一个字节将用于样式种类，测试样式可用的是1479字节。）
- 样式种类：确定测试样式的类型；数值有：
 - 0 “不带 CRC-32 的空信号”
 - 1 “带 CRC-32 的空信号”
 - 2 “不带 CRC-32 的 PRBS $2^{31}-1$ ”
 - 3 “带 CRC-32 的 PRBS $2^{31}-1$ ”
 - 4-255 保留用于将来的标准化
- 测试样式：一个 n （ $n \leq$ 长度）字节的测试样式，是PRBS $2^{31}-1$ 或零（全零）样式。
- CRC-32：覆盖所有字段（从类型到CRC-32之前的最后一个字节）。

9.4 LBR PDU

LBR 用于支持第 7.2 节中所述的 ETH-LB 回复。

9.4.1 LBR的信息元素

LBR 中承载的信息元素包括：

- 交易 ID/序号：交易 ID/序号是一个 4 字节的字段，它从 LBM 的交易 ID/序号字段复制而来。
- 数据：数据是一个从 LBM 的数据字段复制而来的字段。

9.4.2 LBR PDU的格式

MEP 或 MIP 用于传送 LBR 信息的 LBR PDU 格式如图 9.4-1 所示。

	1							2							3							4														
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1				
1	MEL			版本				OpCode (LBR=2)							标记							TLV偏移														
5	交易ID/序号																																			
9	[可选的TLV从这里开始，否则是终了TLV]																																			
13																																				
17																																				
:																																				
最后																																				
																															终了TLV (0)					

图9.4-1 – LBR PDU的格式

LBR PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，它的数值从接收到的LBM PDU复制而来。
- 版本：一个5比特的字段，它的数值从LBM PDU复制而来。
- OpCode：这一PDU类型的数值是LBR（2）。
- 标记：一个1字节的字段，它的数值从LBM PDU复制而来。
- TLV偏移：一个1字节的字段，它的数值从LBM PDU复制而来。
- 交易ID/序号：一个4字节的字段，它的数值从LBM PDU复制而来。
- 可选的TLV：如果LBM PDU中存在，那么从LBM PDU复制而来。
- 终了TLV：一个1字节的字段，它的数值从LBM PDU复制而来。

9.5 LTM PDU

LTM 用于支持第 7.3 节中所述的 ETH-LT 请求。

9.5.1 LTM的信息元素

LTM 中承载的信息元素包括：

- 交易ID：交易ID是一个4字节的字段，它包含LTM的交易号码。可以期望接收器将复制第9.6节中所述的LTR PDU的交易ID。
- TTL：TTL是一个1字节的字段，用于指示LTM是否应该由接收器来终了。当一个MIP接收到TTL=1的LTM时，将不中继该LTM。接收LTM的网络元素应将接收到的TTL值递减1，并将之复制到第9.6节中所述的LTR PDU的TTL字段，并将之复制到要转发到下一跳的LTM中。
- TargetMAC：TargetMAC是一个6字节的字段，用于承载目标端点的MAC地址。中间的MIP应将这一字段复制到要转发到下一跳的LTM中。
- OriginMAC：OriginMAC是一个6字节的字段，用于承载初始MEP的MAC地址。中间的MIP应将这一字段复制到要转发到下一跳的LTM中。

9.5.2 LTM PDU的格式

MEP 或 MIP 用于传送 LTM 信息的 LMT PDU 格式如图 9.5-1 所示。

注 – MIP仅传送LTM信息，以响应接收到的LTM信息。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL			版本 (0)					OpCode (LTM=5)					标记					TLV偏移 (17)													
5	交易ID																															
9	TTL								OriginMAC地址																							
13																																
17	TargetMAC地址																															
21									[额外的TLV从这里开始]																							
25																																
29																																
:																																
最后																									终了TLV (0)							

图9.5-1 – LTM PDU的格式

LTM PDU 格式的字段如下所示:

- **MEG等级：**参见第9.1节。
- **版本：**参见第9.1节，在本建议书的当前版本中，数值为0。
- **OpCode：**这一PDU类型的数值是LTM（5）。
- **标记：**其格式如图9.5-2所示。

MSB						LSB	
8	7	6	5	4	3	2	1
HWonly		保留(0)					

图9.5-2 – LTM PDU中标记的格式

- **HWonly**: 比特8设置为1。数值1指示仅将从网桥现行数据转发表中学到的MAC地址用于将LTM转发到下一跳。当转发一个接收到的LTM时，HWonly将从输入的LTM数值中复制而来。
- **TLV偏移**: 设置为17。
- **交易ID**: 一个4字节的数值，包含LTM PDU的交易ID。
- **TTL**: 1个字节的字段，用于承载第9.5.1节中规定的TTL值。
- **OriginMAC地址**: 第9.5.1节中规定的一个6个字节的OriginMAC。
- **TargetMAC地址**: 第9.5.1节中规定的一个6个字节的TargetMAC。
- **额外的TLV**: LTM出口标识符TLV，如图9.5-3所示。
- **終了TLV**: 全零字节的数值。

	1							2							3							4										
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	类型 (7)							长度																								
2	出口标识符																															
3																																

图9.5-3 – LTM出口标识符TLV的格式

LTM出口标识符TLV格式的字段如下所示:

- 类型：确定TLV类型；该TLV类型的数值是LTM出口标识符（7）。

- 长度：确定包含出口标识符的数值字段的大小（以字节为单位）。这被设置为8。
- 出口标识符：确定启动LTM帧的MEP或者中继修改之LTM帧的ETH-LT应答器。字节4和字节5为零，而剩余的六个字节6-11包含48比特IEEE MAC地址，该MAC地址对MEP或ETH-LT应答器所在之网络元素而言是唯一的。

9.6 LTR PDU

LTR 用于支持第 7.3 节中所述的 ETH-LT 回复。

9.6.1 LTR的信息元素

LTR 中承载的信息元素包括：

- 交易ID：交易ID是一个4字节的字段，从LTM中的交易ID字段复制而来。
- TTL：TTL是一个1字节的字段，它包含TTL字段值，LTR为之传送的LTM对之递减1。

9.6.2 LTR PDU的格式

MEP 或 MIP 为传送 LTR 信息所用的 LTR PDU 格式，如图 9.6-1 所示。



图9.6-1 – LTR PDU的格式

LTR PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，它的数值从接收到的LTM PDU复制而来。
- 版本：参见第9.1节，本建议书的当前版本中数值为0。
- OpCode：这一PDU类型的数值是LTR（4）。
- 标记：格式如图9.6-2所示。

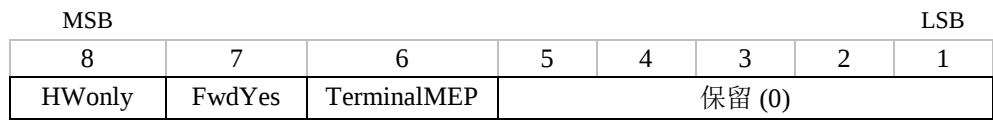


图9.6-2 – LTR PDU中标记的格式

- HWOonly：比特8（HWOonly）拷贝自输入LTM值。
- FwdYes：如果经修改的LTM帧被中继，那么比特7设置为1，或者如果没有中继任何LTM帧，那么将其设置为0。
- TerminalMEP：如果回复出口TLV（或者回复入口TLV，如果回复出口TLV不存在的话）是一个MEP，那么比特6设置为1，否则设置为0。

- TLV偏移：设置为6。
- 交易ID：一个4字节的字段，它的数值从LTM PDU复制而来。
- TTL：一个1字节的字段，它的数值从LTM PDU复制而来，复制前先递减1。
- 中继行动：一个1字节的字段，报告LTM针对的数据帧如何通过MAC中继实体传递到出口网桥端口，如[IEEE 802.1Q]第21.9.5节所述。该值在[IEEE 802.1Q]的表21-表27中进行定义。
- TLV：LTR出口标识符TLV，回复入口TLV与/或回复出口TLV分别在图9.6-3、图9-6.4和图9.6-5中进行规定。
- 終了TLV：全零字节的数值。

1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
类型 (8)								长度																							
								最后一个出口标识符																							
								下一个出口标识符																							

图9.6-3 – LTR出口标识符TLV的格式

LTR出口标识符TLV格式的字段如下所述:

- 类型：确定TLV类型；该TLV类型的数值是LTR出口标识符（8）。
- 长度：确定包含最后一个出口标识符和下一个出口标识符的数值字段的大小（以字节为单位）。这个设置为16。
- 最后一个出口标识符：确定发起MEP，或者中继LTM帧作为响应LTR帧的ETH-LT应答器。该字段与输入LTM帧的LTM出口标识符TLV中的出口标识符相同。
- 下一个出口标识符：确定传送此LTR帧的ETH-LT应答器，它可将经修改的LTM帧中继到下一跳。如果标记字段的FwdYes位为0，那么该字段的内容未被定义，LTR帧接收器将忽略之。当未定义时，字节12和字节13为零，而剩余的6个字节14-19包含一个48比特的IEEE MAC地址，对ETH-LT应答器所在的网络元素而言它是唯一的。

1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
类型 (5)								长度 (7)																入口动作							
入口MAC地址																															

图9.6-4—入口回复TLV的格式

回复入口 TLV 格式的字段如下所示:

- 类型：确定TLV的类型；这一TLV类型的数值为入口回复（5）。
- 长度：确定以字节计数的数值字段的长度。它设置为7。
- 入口动作：一个1字节的字段，保留由IEEE 802.1来定义。
- 入口MAC地址：一个6字节的字段，保留由IEEE 802.1来定义。

表9-4 – AIS/LCK的周期值

标记[3:1]	周期值	说明
000-011	无效的值	对AIS/LCK PDU为无效数值
100	1 s	每秒钟1帧
101	无效的值	对AIS/LCK PDU为无效数值
110	1 min	每分钟1帧
111	无效的值	对AIS/LCK PDU为无效数值

- TLV偏移：设置为 0。
- 終了TLV：全零字节的数值。

9.8 LCK帧

LCK PDU 用于支持第 7.6 节中所述的 ETH-LCK 功能。

9.8.1 LCK的信息元素

LCK 承载的信息元素有：

- 周期：周期是一个3比特的信息元素，承载于标记字段的3个最低位比特中。周期包含LCK传送周期性的数值。LCK的周期值如表9-4所示。

9.8.2 LCK PDU的格式

MEP 用于传送 LCK 信息的 LCK PDU 格式如图 9.8-1 所示。

1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL		版本 (0)					OpCode (LCK=35)								标记								TLV偏移 (0)							
5	终了TLV (0)																														

图9.8-1 – LCK PDU的格式

LCK PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，用于承载客户MEG的MEG等级。
- 版本：参见第9.1节，本建议书当前版本的数值为0。
- OpCode：这一PDU类型的数值是LCK（35）。
- 标记：周期，LCK PDU标记字段中的一个信息元素，如下图所示。

MSB				LSB			
8	7	6	5	4	3	2	1
保留 (0)				周期			

图9.8-2 – LCK PDU中标记的格式

- 周期：比特3到比特1指示传送的周期，其编码如表9-4所示。
- TLV偏移：设置为0。
- 終了TLV：全零字节的数值。

9.9 TST PDU

TST PDU 用于支持第 7.7 节中所述的单向 ETH-Test 功能。

9.9.1 TST的信息元素

TST 承载的信息元素有：

- 序号：序号是一个4字节的字段，它包含TST帧的序号。
- 测试：测试是一个可选的字段，其长度和内容由传送端MEP确定。测试字段的内容指示一个测试样式，也可以承载可选的校验和。测试样式可以是[ITU-T O.150]第5.8节中规定的一个伪随机比特序列（PRBS）（2^31-1）、全零样式等。

9.9.2 TST PDU的格式

MEP 用于传送 TST 信息的 TST PDU 格式如图 9.9-1 所示。



图9.9-1 – TST PDU的格式

TST PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：参见第9.1节，本建议书当前版本的数值为0。
- OpCode：这一PDU类型的数值是TST（37）。
- 标记：设置为全零。

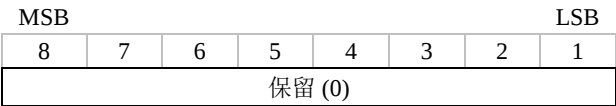


图9.9-2 – TST PDU标记的格式

- TLV偏移：设置为4。
- 序号：是一个4字节的字段，它包含对后续TST PDU而言是递增的序号。
- 测试TLV：测试TLV如图9.3-4所示。
- 终了TLV：全零字节的数值。

9.10 APS PDU

APS 用于支持第 7.8 节中所述的 ETH-APS 功能。

9.10.1 APS的信息元素

APS 承载的信息元素不属于本建议书的讨论范围。

9.10.2 APS PDU的格式

[ITU-T G.8031]和[ITU-T G.8032]中规定之实体用于传送 APS 信息的 APS PDU 格式如图 9.10-1 所示。

1 5	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
	MEL		版本 (0)						OpCode (APS)								标记(0)								TLV偏移							
	[APS数据]																															
	終了TLV (0)																															

图9.10-1 – APS PDU的格式

APS PDU 格式的字段如下所述：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：参见第9.1节，值超出了本建议书的讨论范围，对线性APS，在[ITU-T G.8031]中进行定义，对环回APS，在[ITU-T G.8032]中进行定义。
- OpCode：对线性APS，这一PDU类型的数值是（39）；对环回APS，这一PDU类型的数值是（40）；
- 标记：其APS特定的数值超出了本建议书的讨论范围。
- TLV偏移：1字节的字段，它用于APS的特定数值不属于本建议书的讨论范围。
- APS数据：这一字段的格式和长度不属于本建议书的讨论范围。
- 終了TLV：全零字节的数值。

9.11 MCC PDU

MCC PDU 用于支持第 7.9 节中所述的 ETH-MCC。

9.11.1 MCC的信息元素

MCC 承载的信息元素包括：

- OUI：OUI是一个3字节的字段，它包含规定MCC数据格式和SubOpCode数值之机构的机构唯一标识符。
- SubOpCode：SubOpCode是一个1字节的字段，用于解释MCC PDU的其余字段。
- MCC数据：依据OUI指示的功能性和机构特定的SubOpCode，MCC数据可以承载一个或多个TLV。MCC数据不属于本建议书的讨论范围。

9.11.2 MCC PDU的格式

MEP 用于传送 MCC 信息的 MCC PDU 格式如图 9.11-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL			版本 (0)					OpCode (MCC=41)								标记 (0)								TLV偏移							
5	OUI																								SubOpCode							
9	[可选的MCC数据; 否则是终了TLV]																															
:																																
:																																
最后																									终了TLV (0)							

MCC PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：ETH-ED使用这一字段，如第9.26节所述。该字段的其他用途不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OpCode：这一PDU类型的数值是MCC（41）。
- 标记：ETH-ED使用这一字段，如第9.26节所述。该字段的其他用途不属于本建议书的讨论范围；然而，如果没有另外规定，那么应设置为全零。

MSB				LSB			
8	7	6	5	4	3	2	1
保留 (0)							

图9.11-2 – MCC PDU标记的格式

- TLV偏移：1字节的字段。ETH-ED使用这一字段，如第9.26节所述。该字段的其他用途不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OUI：3字节的字段，它包含规定MCC数据格式和SubOpCode数值之机构的机构唯一标识符。
- SubOpCode：1字节的字段，当OUI字段包含ITU-T OUI（00-19-A7）时，ETH ED使用SubOpCode（1），如第9.26节所述，其他值被保留。当使用不同的OUI时，SubOpCode的数值不属于本建议书的讨论范围。
- MCC数据：ETH-ED使用这一字段，如第9.26节所述。这一字段的其他用途不属于本建议书的讨论范围。
- 終了TLV：全零字节的数值。

9.12 LMM PDU

LMM 用于支持第 8.1.2 节中所述的单端主动和按需 ETH-LM 请求。

9.12.1 LMM的信息元素

LMM 承载的信息元素有：

- TxFCf：TxFCf是一个4字节的字段，它承载计数器的数值，该计数器负责在LMM帧传送时，MEP向其对等MEP传送的未超标数据帧的计数。

9.12.2 LMM PDU的格式

MEP 用于传送 LMM 信息的 LMM PDU 格式如图 9.12-1 所示。

1								2								3								4								
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	MEL		版本 (1)					OpCode (LMM=43)								标记								TLV偏移(12)								
5	TxFCf																															
9	保留用于LMR中的RxFCf																															
13	保留用于LMR中的TxFCb																															
17	终了TLV (0)																															

图9.12-1 – LMM PDU的格式

LMM PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：参见第9.1节，在本版本中，LMM PDU的数值设置为1。
- OpCode：这一PDU类型的数值是LMM（43）。
- 标记：标记字段中的一个信息元素，LSB位（类型），用于指示LMM操作的类型，如下所示：

MSB							LSB
8	7	6	5	4	3	2	1
保留 (0)							类型

图9.12-2 – LMM PDU标记的格式

- 类型：如果是主动操作，那么比特1设置为1，或者如果是按需操作，那么将其设置为0。
- TLV偏移：设置为12。
- TxFCf：4字节的整数值，承载第9.12.1节中规定的帧计数器的样本。
- 保留：保留字段设置为全零。
- 終了TLV：全零字节的数值。

9.13 LMR PDU

LMR PDU 用于支持第 8.1.2 节中所述的单端主动和按需 ETH-LM 的回复。

9.13.1 LMR的信息元素

LMR 承载的信息元素有：

- TxFCf：TxFCf是一个4字节的字段，它承载MEP从其对等MEP接收的最后一个LMM PDU中TxFCf字段的数值。
- TxFCb：TxFCb是一个4字节的字段，它承载LMR帧传送时，MEP向其对等MEP传送的未超标数据帧的计数器数值。
- RxFCf：RxFCf是一个4字节的字段，它承载从对等MEP接收最后一个LMM帧时，MEP从其对等MEP接收的未超标数据帧的计数器数值。

9.13.2 LMR PDU的格式

MEP 用于传送 LMR 信息的 LMR PDU 格式如图 9.13-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL			版本					OpCode (LMR=42)								标记								TLV偏移							
5	TxFCf																															
9	RxFCf																															
13	TxFCb																															
17	终了TLV (0)																															

图9.13-1 – LMR PDU的格式

LMR PDU 格式的字段如下所示:

- **MEG等级**: 一个3比特的字段, 它的数值从最后一个接收到的LMM PDU复制而来。
- **版本**: 一个5比特的字段, 它的数值从最后一个接收到的LMM PDU复制而来。
- **OpCode**: 这一PDU类型的数值是LMR (42)。
- **标记**: 一个1字节的字段, 它的数值从最后一个接收到的LMM PDU复制而来。
- **TLV偏移**: 一个1字节的字段, 它的数值从最后一个接收到的LMM PDU复制而来。
- **TxFCf**: 一个4字节的字段, 它的数值从最后一个接收到的LMM PDU复制而来。
- **RxFCf**: 4字节整数, 它带有第9.13.1节中规定的帧计数器的样本。
- **TxFCb**: 4字节整数, 它带有第9.13.1节中规定的帧计数器的样本。
- **终止TLV**: 一个1字节的字段, 它的数值从LMM PDU复制而来。

9.14 1DM PDU

1DM PDU 用于支持第 8.2.1 节中所述的主动和按需双端单向 ETH-DM。

9.14.1 1DM的信息元素

1DM 承载的信息元素是:

- TxTimeStampf: TxTimeStampf是一个8字节的字段，它包含1DM传送的时间戳。TxTimeStampf的格式等同于[IEEE 1588]中TimeRepresentation的格式。

9.14.2 1DM PDU的格式

MEP 用于传送 1DM 信息的 1DM PDU 格式如图 9.14-1 所示。

1								2								3								4																
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1									
1	MEL		版本 (1)					OpCode (1DM=45)								标记								TLV偏移 (16)																
5	TxTimeStamp																																							
9																																								
13																																								
17	保留用于1DM的接收设备(0) (用于RxTimeStamp)																																							
21	[可选的TLV从这里开始， 否则是终了TLV]																																							
25																																								
29																																								
:																																								
最后																																	终了TLV (0)							

图9.14-1 – 1DM PDU的格式

1DM PDU 格式的字段如下所示:

- **MEG等级：**参见第9.1节。
- **版本：**参见第9.1节，该版本上1DM PDU的数值设置为1。
- **OpCode：**这一PDU类型的数值是1DM（45）。
- **标记：**标记字段中的一个信息元素，LSB位（类型），用于指示1DM操作的类型，如下所示：

MSB							LSB
8	7	6	5	4	3	2	1
保留 (0)							类型

图9.14-2 – 1DM PDU标记的格式

- 类型：如果是主动操作，那么比特1设置为1，或者如果是按需操作，那么将其设置为0。

- TLV偏移：设置为16。
- TxTimeStampf：一个如9.14.1所述的8字节的传送时间戳字段。
- 保留：一个8字节保留字段，设置为全零。
- 可选TLV：如果存在，如图9.14-3所示的测试ID TLV与/或如图9.3-3所示的数据TLV，大小可配置，以字节为单位。当测试ID TLV包含在该区域时，建议首先放置测试ID TLV（在数据TLV之前）。出于ETH-DM的目的，数据TLV的数值部分是未指定的。
- 终了TLV：全零字节的数值。

1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
类型 (36)								长度																测试ID							
								测试ID																							

图9.14-2 – 测试ID TLV的格式

测试ID TLV格式的字段如下所示：

- 类型：确定TLV类型；此TLV类型的数值为测试ID（36）。
- 长度：确定大小。必须是32。
- 测试ID：测试ID是传送MEP设置的4字节的字段，用于在MEP之间同时运行多个测试。

9.15 DMM PDU

DMM 用于支持第 8.2.2 节中所述的主动或按需单端 ETH-DM 的请求。

9.15.1 DMM的信息元素

DMM 承载的信息元素有：

- TxTimeStampf：TxTimeStampf 是一个 8 字节的字段，它包含 DMM 传送的时间戳。TxTimeStampf 的格式等同于[IEEE 1588]中 TimeRepresentation 的格式。

9.15.2 DMM PDU的格式

MEP 用于传送 DMM 信息的 DMM PDU 格式如图 9.15-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL			版本 (1)					OpCode (DMM=47)								标记								TLV偏移 (32)							
5	TxTimeStampf																															
9																																
13																																
17																																
21	保留用于DMM接收设备(0) (用于RxTimeStampf)																															
25	保留用于DMR(0) (用于TxTimeStampb)																															
29	保留用于DMR接收设备(0)																															
33																																
37	[可选的TLV从这里开始， 否则是终了TLV]																															
41																																
45																																
:																																
最后																									终了TLV(0)							

图9.15-1 – DMM PDU的格式

DMM PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：参见第9.1节，DMM PDU的数值设置为1。
- OpCode：这一PDU类型的数值是DMM（47）。
- 标记：设置为全零。标记字段中的一个信息元素，LSB位（类型），用于指示DMM操作的类型，如下所示：

MSB							LSB	
8	7	6	5	4	3	2	1	
保留 (0)							类型	

图9.15-2 – DMM PDU标记的格式

- 类型：如果是主动操作，那么比特1设置为1，或者如果是按需操作，那么将其设置为0。
- TLV偏移：设置为32。
- TxTimeStampf：一个8字节的传送时间戳字段，如第9.15.1节所述。
- 保留：24字节保留字段设置为全零。
- 可选TLV：如果存在的话，如图9.14-3所示的测试ID TLV与/或如图9.3-3所示的数据TLV，大小可配置，以字节为单位。当测试ID TLV包含在该区域时，建议首先放置测试ID TLV（在数据TLV之前）。出于ETH-DM的目的，数据TLV的数值部分是未指定的。
- 终了TLV：全零字节的数值。

9.16 DMR PDU

DMR 用于支持第 8.2.2 节所述的单端 ETH-DM 回复。

9.16.1 DMR的信息元素

DMR 承载的信息元素有：

- TxTimeStampf：TxTimeStampf 是一个8字节的字段，它包含接收到的DMM中TxTimeStampf的副本。

- **RxTimeStampf**: RxTimeStampf是一个可选的8字节的字段，它包含DMM接收的时间戳。RxTimeStampf的格式等同于[IEEE 1588]中TimeRepresentation的格式。当不使用时，采用全零数值。
- **TxTimeStampb**: TxTimeStampb是一个可选的8字节的字段，它包含DMR传送的时间戳。TxTimeStampb的格式等同于[IEEE 1588]中TimeRepresentation的格式。当不使用时，采用全零数值。

MEP 用于传送 DMR 信息的 DMR PDU 格式如图 9.16-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL				版本				OpCode (DMR=46)								标记								TLV偏移							
5	TxTimeStamp																															
9																																
13	RxTimeStamp																															
17																																
21	TxTimeStamb																															
25																																
29	保留用于DMR接收设备(0) (用于RxTimeStamb)																															
33																																
37	[可选的TLV从这里开始； 否则终止TLV]																															
41																																
45																																
:																																
最后																									终止TLV (0)							

图9.16-1 – DMR PDU的格式

DMR PDU 格式的字段如下所示:

- **MEG等级**: 一个3比特的字段, 它的数值从最后一个接收到的DMM PDU复制而来。
- **版本**: 一个5比特的字段, 它的数值从最后一个接收到的DMM PDU复制而来。
- **OpCode**: 这一PDU类型的数值是DMR (46)。
- **标记**: 一个1字节的字段, 它的数值从最后一个接收到的DMM PDU复制而来。
- **TLV偏移**: 一个1字节的字段, 它的数值从最后一个接收到的DMM PDU而来。
- **TxTimeStampf**: 一个8字节的字段, 它的数值从最后一个接收到的DMM PDU复制而来。
- **RxTimeStampf**: 一个8字节的传送时间戳字段, 如第9.16.1节所述。
- **TxTimeStamph**: 一个8字节的传送时间戳字段, 如第9.16.1节所述。
- **保留**: 保留字段设置为全零。
- **可选TLV**: 如果存在于DMM PDU中, 那么从DMM PDU复制而来。可选TLV的顺序被保留。
- **终止TLV**: 一个1字节的字段, 它的数值从DMM PDU复制而来。

9.17 EXM PDU

EXM 用作实验用 OAM 请求的 PDU。

9.17.1 EXM PDU的信息元素

EXM 承载的信息元素包括：

- OUI: OUI是一个3字节的字段，它包含使用该EXM之机构的机构唯一标识符。
- SubOpCode: SubOpCode是一个1字节的字段，用于解释EXM帧中的其余字段。
- EXM数据: 依据OUI指示的功能性和机构特定的SubOpCode，EXM可以承载一个或多个TLV。EXM数据不属于本建议书的讨论范围。

9.17.2 EXM PDU的格式

MEP 用于传送 EXM 信息的 EXM PDU 格式如图 9.17-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL			版本 (0)					OpCode (EXM=49)								标记								TLV偏移							
5	OUI																SubOpCode															
9	[可选的EXM数据； 否则为终了TLV]																															
:																																
:																																
:																									终了TLV (0)							

图9.17-1 – EXM PDU的格式

EXM PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级: 参见第9.1节。
- 版本: 它用于EXM的特定数值不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OpCode: 这一PDU类型的数值是EXM（49）。
- 标记: 不属于本建议书的讨论范围。
- TLV偏移: 1字节的字段，它用于EXM的特定数值不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OUI: 3字节的字段，它的数值不属于本建议书的讨论范围。
- SubOpCode: 1字节的字段，它的数值不属于本建议书的讨论范围。
- EXM数据: 这一字段的格式和长度不属于本建议书的讨论范围。
- 终了TLV: 全零字节的数值。

9.18 EXR PDU

EXR 用作实验用 OAM 回复的 PDU。

9.18.1 EXR的信息元素

EXR 承载的信息元素包括：

- OUI: OUI是一个3字节的字段，它包含使用该EXR之机构的机构唯一标识符。
- SubOpCode: SubOpCode是一个1字节的字段，用于解释EXR帧中的其余字段。

- EXR数据：依据OUI指示的功能性和机构特定的SubOpCode，EXR数据可以承载一个或多个TLV。EXR数据不属于本建议书的讨论范围。

9.18.2 EXR PDU的格式

用于传送 EXR 信息的 EXR PDU 格式如图 9.18-1 所示。

1								2								3								4								
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	MEL		版本				OpCode (EXR=48)								标记								TLV偏移									
5	OUI																								SubOpCode							
9	[可选的EXR数据； 否则为终了TLV]																															
:																																
:																																
:																									终了TLV (0)							

图9.18-1 – EXR PDU的格式

EXR PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，它的数值从最后一个接收到的EXM PDU复制而来。
- 版本：一个5比特的字段，它的数值从最后一个接收到的EXM PDU复制而来。
- OpCode：这一PDU类型的数值是EXR（48）。
- 标记：不属于本建议书的讨论范围。
- TLV偏移：1字节的字段。它用于EXR的特定数值，不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OUI：一个3字节的字段，它的数值从最后一个接收到的EXM PDU复制而来。
- SubOpCode：1字节的字段，它的数值不属于本建议书的讨论范围。
- EXR数据：这一字段的格式和长度不属于本建议书的讨论范围。
- 终了TLV：全零字节的数值。

9.19 VSM PDU

VSM 用作供货商特定的 OAM 请求的 PDU。

9.19.1 VSM PDU的信息元素

VSM 承载的信息元素包括：

- OUI：OUI是一个3字节的字段，它包含使用该VSM之机构的机构唯一标识符。
- SubOpCode：SubOpCode是一个1字节的字段，用于解释VSM帧中的其余字段。
- VSM数据：依据OUI指示的功能性和机构特定的SubOpCode，VSM数据可以承载一个或多个TLV。VSM数据不属于本建议书的讨论范围。

9.19.2 VSM PDU的格式

MEP 用于传送 VSM 信息的 VSM PDU 格式如图 9.19-1 所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL		版本(0)						OpCode (VSM=51)								标记								TLV偏移							
5	OUI																								SubOpCode							
9	[可选的VSM数据; 否则为终了TLV]																															
:																																
:																																
:																									终了TLV (0)							

图9.19-1 – VSM PDU的格式

VSM PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：它用于VSM的特定数值不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OpCode：这一PDU类型的数值是VSM（51）。
- 标记：不属于本建议书的讨论范围。
- TLV偏移：1字节的字段。它用于VSM的特定数值不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OUI：3字节的字段，它的数值不属于本建议书的讨论范围。
- SubOpCode：1字节的字段，它的数值不属于本建议书的讨论范围。
- VSM数据：这一字段的格式和长度不属于本建议书的讨论范围。
- 终了TLV：全零字节的数值。

9.20 VSR PDU

VSR 用作供货商特定的 OAM 回复的 PDU。

9.20.1 VSR的信息元素

VSR 承载的信息元素包括：

- OUI：OUI是一个3字节的字段，它包含使用VSR之机构的机构唯一标识符。
- SubOpCode：SubOpCode是一个1字节的字段，用于解释VSR帧中的其余字段。
- VSR数据：依据OUI指示的功能性和机构特定的SubOpCode，VSR数据可以承载一个或多个TLV。VSR数据不属于本建议书的讨论范围。

9.20.2 VSR PDU的格式

MEP 用于传送 VSR 信息的 VSR PDU 格式如图 9.20-1 所示。

1								2								3								4								
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	MEL		版本					OpCode (VSR=50)								标记								TLV偏移								
5	OUI																								SubOpCode							
9	[可选的VSR数据；否则为终了TLV]																															
:																																
:																																
:																																
:																									终了TLV (0)							

图9.20-1 – VSR PDU的格式

VSR PDU 格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，它的数值从最后一个接收到的VSM PDU复制而来。
- 版本：一个5比特的字段，它的数值从最后一个接收到的VSM PDU复制而来。
- OpCode：这一PDU类型的数值是VSR（50）。
- 标记：不属于本建议书的讨论范围。
- TLV偏移：1字节的字段。它用于EXR的特定数值不属于本建议书的讨论范围，但必须符合第9.1节的规定。
- OUI：一个3字节的字段，它的数值从最后一个接收到的VSM PDU复制而来。
- SubOpCode：1字节的字段，它的数值不属于本建议书的讨论范围。
- VSR数据：这一字段的格式和长度不属于本建议书的讨论范围。
- 终了TLV：全零字节的数值。

9.21 客户信号故障（CSF）

CSF PDU用于支持ETH-CSF功能，如第7.12节所述。

CSF PDU格式如图9.21-1所示。

1								2								3								4								
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	MEL		版本 (0)					OpCode (CSF= 52)								标记								TLV偏移 (0)								
5	终了TLV (0)																															

图9.21-1 – CSF PDU的格式

CSF PDU格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，用于承载本地MEG等级。
- 版本：参见第9.1节；本建议书当前版本中的数值为0。
- OpCode：这一PDU类型的数值为CSF（52）。
- 标记：CSF PDU标记字段中的一个信息元素。它由3比特类型子元素和3比特周期元素组成，格式如下所示：

MSB						LSB	
8	7	6	5	4	3	2	1
保留(0)			类型			周期	

图9.21-2 – CSF PDU中标记的格式

- 类型：利用表9-5中的编码，比特6到比特4指明CSF类型。

表9-5 – CSF类型4

标记[6:4]	类型	注释
000	LOS	客户丢失信号
001	FDI/AIS	客户前向故障指示
010	RDI	客户后向故障指示
011	DCI	客户故障清除指示

- 周期：利用表9-6中的编码，比特3到比特1指明传送周期。

表9-6 – CSF周期值

标记[3:1]	周期值	注释
000	无效的值	对CSF PDU无效的值
001	供进一步研究用	供进一步研究用
010	供进一步研究用	供进一步研究用
011	供进一步研究用	供进一步研究用
100	1 s	每秒钟 1 帧
101	供进一步研究用	供进一步研究用
110	1 min	每分钟 1 帧
111	供进一步研究用	供进一步研究用

- TLV偏移：设置为0。
- 终了TLV：全零字节值。

9.22 SLM PDU

SLM用于支持第8.4.1节所述的单端ETH-SLM请求。

9.22.1 SLM的信息元素

SLM承载的信息元素包括：

- 源MEP ID：源MEP ID是一个2字节的字段，其中最后13个最低有效位用于确定传送SLM帧的MEP。MEP ID在MEG中是唯一的。
- 测试ID：测试ID是由传送MEP设置的一个4字节的字段，用于在MEP之间同时进行多个测试时确定某个测试，包括并发按需和主动测试。
- TxFCf：TxFCf是一个4字节的字段，用于承载由MEP向其对等MEP传送的SLM帧数。

9.22.2 SLM PDU的格式

MEP用于传送SLM信息的SLM PDU格式如图9.22-1所示。

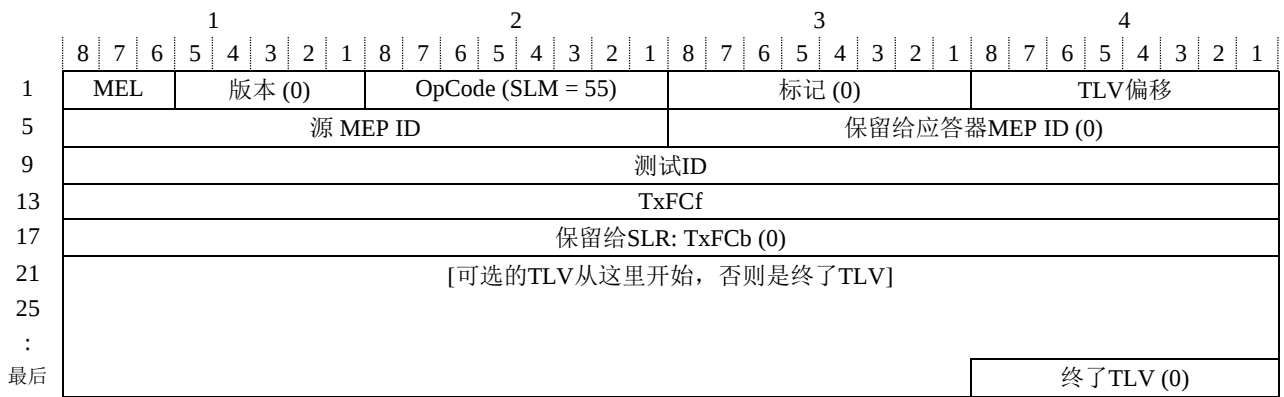


图9.22-1 – SLM PDU的格式

SLM PDU格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：参见第9.1节；本建议书当前版本中的数值为0。
- OpCode：这一PDU类型的数值为SLM（55）。
- 标记：设置为全零。
- TLV偏移：设置为16。
- 保留：保留字段设置为全零。
- 源MEP ID：一个2字节的字段，用于确定传送SLM帧的MEP，如第9.22.1节所述。
- 测试ID：用于确定MEP中唯一测试的一个4字节的字段，如第9.22.1节所述。
- TxFCf：表示所传送SLM帧数量的一个4字节的整数值，如第9.22.1节所述。
- 可选TLV：数据TLV可包括在所传送的任何SLM中（图9.3-3）。出于ETH-SLM的目的，数据TLV的数值部分是未指定的。
- 终了TLV：全零字节值。

9.23 SLR PDU

SLR用于支持第8.4.1节所述的单端ETH-SLM回复。

9.23.1 SLR的信息元素

SLR承载的信息元素包括：

- 源MEP ID：源MEP ID是一个2字节的字段，它包含接收到的SLM中源MEP ID字段的副本。
- 应答器MEP ID：应答器MEP ID是一个2字节的字段，其中最后13个最低有效位用于确定传送SLR帧的MEP。MEP ID在MEG中是唯一的。
- 测试ID：测试ID是一个4字节的字段，它包含接收到的SLM中测试ID字段的副本。
- TxFCf：TxFCf是一个4字节的字段，它包含接收到的SLM中TxFCf字段的副本。
- TxFCb：TxFCb是一个4字节的字段，它承载由MEP向其对等MEP传送的SLR帧数。

9.23.2 SLR PDU的格式

MEP用于传送SLR信息的SLR PDU格式如图9.23-1所示。

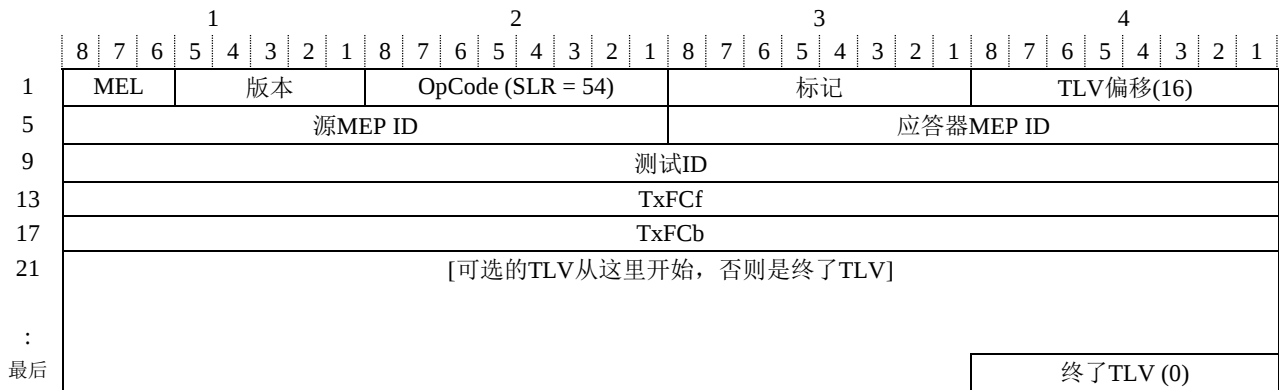


图9.23-1 – SLR PDU的格式

SLR PDU格式的字段如下所示：

- MEG等级：一个3比特的字段，其值从最后接收到的SLM PDU复制而来。
- 版本：一个5比特的字段，其值从最后接收到的SLM PDU复制而来。
- OpCode：这一PDU类型的数值为SLR（54）。
- 标记：一个1字节的字段，其值从SLM PDU复制而来。
- TLV偏移：一个1字节的字段，其值从SLM PDU复制而来。
- 保留：保留字段设置为全零。
- 源MEP ID：一个2字节的字段，其值从SLM PDU复制而来。
- 应答器MEP ID：一个2字节的字段，用于确定传送SLR帧的MEP，如第9.22.1节所述。
- 测试ID：一个4字节的字段，其值从SLM PDU复制而来。
- TxFCf：一个4字节的字段，其值从SLM PDU复制而来。
- TxFCb：一个4字节的整数，表示所传送的SLR帧数，如第9.22.1节所述。
- 可选TLV：如果存在于SLM PDU中，那么从SLM PDU复制而来。
- 终了TLV：一个1字节的字段，从SLM PDU复制而来。

9.24 1SL PDU

1SL用于支持第8.4.2节所述的主动和按需双端ETH-SLM。

9.24.1 1SL的信息元素

1SL承载的信息元素包括：

- 源MEP ID：源MEP ID是一个2字节的字段，其中最后13个最低有效位用于确定传送1SL帧的MEP。MEP ID在MEG中是唯一的。
- 测试ID：测试ID是由传送MEP设置的一个4字节的字段，用于确定什么时候对不同的MEP（包括并发的按需和主动测试）同时进行多个测试。
- TxTCf：TxTCf是一个4字节的字段，用于承载由MEP向其对等MEP传送的1SL帧数。

9.24.2 1SL PDU的格式

MEP用于传送1SL信息的1SL PDU格式如图9.24-1所示。

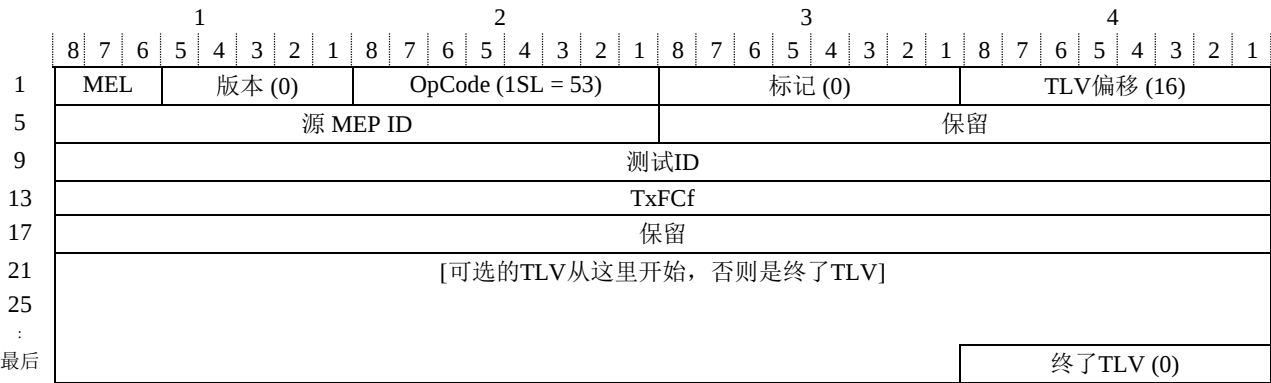


图9.24-1 – 1SL PDU的格式

1SL PDU格式的字段如下所示：

- MEG等级：参见第9.1节。
- 版本：参见第9.1节；本建议书当前版本中的数值为0。
- OpCode：这一PDU类型的数值为1SL（53）。
- 标志：设置为全零。
- TLV偏移：设置为16。
- 保留：保留字段设置为全零。
- 源MEP ID：一个2字节的字段，用于确定传送1SL帧的MEP，如第9.24.1节所述。
- 测试ID：一个4字节的字段，用于确定MEP中的唯一测试，如第9.24.1节所述。
- TxFCf：一个4字节的整数值，表示所传送的1SL帧数，如第9.24.1节所述。
- 可选TLV：数据TLV（图9.3-3）可包括在所传送的任何1SL中。出于ETH-SLM的目的，数据TLV的数值部分是未指定的。
- 终了TLV：全零字节值。

9.25 BNM PDU

BNM PDU用于支持第7.13节所述的ETH-BNM功能。

9.25.1 BNM的信息元素

BNM中承载的信息要素是：

- 周期：周期是在标记字段的三个最低有效位中承载的3比特信息元素。周期包含BNM传送周期的数值。BNM周期值如表9-7所示。
- 标称带宽：标称带宽是链路的标称全带宽，以整数Mb/s来表示。
- 当前带宽：当前带宽是链路的当前带宽，以整数Mb/s来表示。

- 端口ID：端口ID是端口的非零唯一标识符，或者如果未使用此标识符，那么为零。
- 标称全带宽和当前带宽值表示服务器层的可用带宽。

9.25.2 BNM PDU的格式

服务器MEP用于传送BNM信息的BNM PDU格式如图9.25-1所示。

1								2								3								4							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL		版本 (0)					OpCode (GNM=32)								标记								TLV偏移 (13)							
5	Sub-OpCode (BNM=1)							标称带宽																							
9	标称带宽 (续)							当前带宽																							
13	当前带宽 (续)							端口ID																							
17	端口ID (续)							终了TLV (0)																							

图9.25-1 – BNM PDU的格式

BNM PDU格式的字段如下所示：

- MEG等级：用于承载客户MEG之MEG等级的3位字段。
- 版本：参见第9.1节；本建议书当前版本中的数值为0。
- OpCode：此PDU类型的数值为GNM（32）。
- 标记：BNM PDU周期之标记字段中的一个信息元素，如下所示：

MSB				LSB			
8	7	6	5	4	3	2	1
保留 (0)					周期		

图9.25-2 – BNM PDU中标记的格式

- 周期：利用表9-7中的编码，比特3到比特1指明传送周期。

表9-7 – BNM周期值

标记[3:1]	周期值	注释
000	无效的值	对BNM PDU而言无效的值
001	供进一步研究用	供进一步研究用
010	供进一步研究用	供进一步研究用
011	供进一步研究用	供进一步研究用
100	1 s	每秒1帧
101	10 s	每10秒1帧
110	1 min	每分1帧
111	无效的值	对BNM PDU而言无效的值

- TLV偏移：设置为13。
- Sub-OpCode：此PDU类型的数值为BNM（1）。
- 标称带宽：链路的标称全带宽，以整数Mb/s来表示。
- 当前带宽：链路的当前带宽，以整数Mb/s来表示。

- 端口ID：带宽信息所属端口的、可选用的非零32比特标识符。该值在客户MEG中的所有服务器链路上必须是唯一的。如果不使用该标识符，那么该值应为零。
- 终了TLV：全零字节值。

9.26 EDM PDU

EDM PDU用于支持第7.14节所述的ETH-ED功能。

9.26.1 EDM的信息元素

EDM中承载的信息元素是：

- MEP ID：MEP ID是一个2字节的字段，其中13个最低有效位用于确定传送EDM帧的MEP。MEP ID在MEG中是唯一的。
- 预期的持续时间：请求对等MEP预期的持续时间，以防止连续性故障的丢失。

9.26.2 EDM PDU的格式

MEP用于传送EDM信息的EDM PDU格式如图9.26-1所示。

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	MEL			版本 (0)					OpCode (MCC=41)								标记 (0)								TLV偏移(10)							
5	OUI																SubOpCode(EDM=1)															
9	MEP ID																期望的持续时间															
13	期望的持续时间（续）																终了TLV (0)															

图9.26 – EDM PDU的格式

EDM PDU格式的字段如下所示：

- MEG等级：用于承载客户MEG之MEG等级的3位字段。
- 版本：参见第9.1节；本建议书当前版本中的数值为0。
- OpCode：此PDU类型的数值为MCC（41）。
- 标记：设置为全零。
- TLV偏移：设置为10。
- OUI：设置为ITU-T OUI，00-19-A7。
- Sub-OpCode：该PDU类型的数值为EDM（1）。
- MEP ID：确定MEG内传送端MEP的13位整数值。第一个八位字节的三个MSB不被使用，并设置为零。
- 预期持续时间：连续性损失预计持续的持续时间（以秒为单位）（从传送第一个EDM开始）。
- 终了TLV：全零字节值。

10 OAM帧的地址

OAM 帧是由唯一的 EtherType 来标识的，它的数值为 0x8902。对于单播和组播 DA 而言，OAM 帧在 MEP 中的处理和过滤都将基于 OAM EtherType 和 MEG 等级字段。

正如第 7 节和第 8 节所指出的那样，取决于 OAM 具体的功能特性，OAM 帧中的 DA 可以是组播的或单播的。OAM 帧中的 SA 总是为单播的。

本节就特定 OAM 功能中的 DA 选择做进一步的讨论。表 10-1 列出了可用于不同 OAM 类型的 DA。

注 – 以太网OAM帧MAC DA的选择特定于应用。不要求实施方案支持本建议书中规定的所有地址；然而，需要支持[ITU-T G.8021]中规定的那些地址。

10.1 组播目的地地址

取决于 OAM 功能的类型，需要有以下类型的组播地址：

- 组播类别1 DA：用于对MEG中所有对等MEP寻址的OAM帧（例如，CCM、组播 LBM、AIS等）。
- 组播类别2 DA：用于对MEG中所有MIP和对等MEP寻址的OAM帧（例如：LTM）
- 环回APS的组播DA：用于以太网环回保护的OAM帧。

一般来说，有单个组播类别1 DA的地址和单个组播类别2 DA的地址就足够了。然而，要跨越现行以太网设备在短期内部署以太网OAM功能，组播DA也将隐性地承载MEG等级。这将需要组播类别1 DA和组播类别2 DA各有8个不同的地址，用于8个不同的MEG等级。

类别1的8个组播地址和类别2的8个组播地址的特定值分别为01-80-C2-00-00-3x和01-80-C2-00-00-3y；x表示MEG等级，x为0-7之间的一个值，y表示MEG等级，y为8-F之间的一个值。

此外，环回APS帧使用带有ITU OUI（01-19-A7）的组播DA的特定范围。更多细节请参见[ITU-T G.8032]。

10.2 CCM

CCM 帧采用多点 MEG 中的组播类别 1 DA 来生成，除了以下所述之外，典型地，采用点到点 MEG 中的组播 DA 来生成。

当使用组播 DA 时，CCM 帧能够找到与接收 MEP 之对等 MEP 相关联的各 MAC 地址。使用组播 DA 还可以检测流域段间的错误连接。错误连接的检测在第 7.1 节中予以描述。

当上述条件的检测是重要的时候，CCM 帧必须使用组播 DA。当不会有或者不要求检测上述条件且需要使用单播 DA 对不同服务实例中的数据帧加以区分时（例如在用于点对点连接的配置环境下），采用对等 MEP 的单播 DA 来生成 CCM 帧。

10.3 LBM

可分别依据单播 ETH-LB 或组播 ETH-LB 功能，采用单播或组播类别 1 来生成 LBM 帧。

10.4 LBR

LBR 帧总是采用单播 DA 来生成。

10.5 LTM

LTM 帧采用组播类别 2 DA 来生成。

LTM 帧采用组播 DA 而非单播 DA 是因为在现行的网桥中，MIP 不能够截取一个单播 DA 不是其自身地址的帧。因此，MIP 将不能进行回复而只能简单地转发带有该单播 DA 的 LTM 帧。这种限制在于现行的端口在读取 DA 之前并不先阅读 EtherType。

10.6 LTR

LTR 帧总是采用单播 DA 来生成。

10.7 AIS

在多点MEG中采用组播类别1 DA来生成AIS帧，除了如下所述之外，通常以点到点MEG中的组播类别1 DA来生成。

在使用单播DA来区分不同业务实例中的数据帧的、点到点连接的配置环境中，采用下游MEP的单播DA来生成AIS帧。

10.8 LCK

在多点MEG中采用组播类别1 DA来生成LCK帧，除了如下所述之外，通常以点到点MEG中的组播类别1 DA来生成。

在使用单播DA来区分不同业务实例中的数据帧的、点到点连接的配置环境中，采用下游MEP的单播DA来生成LCK帧。

10.9 TST

TST 帧采用单播 DA 来生成。当需要进行多点诊断时，TST 帧可以采用组播类别 1 DA 来生成。

10.10 APS

对线性APS，参见[ITU-T G.8031]。对环回APS，参见[ITU-T G.8032]。

10.11 MCC

MCC 帧采用单播 DA 来生成。对使用点到点 VLAN 的情况，可以采用组播类别 1 DA。

10.12 LMM

LMM 帧采用单播 DA 来产生。当需要进行多点测量时，LMM 帧可以采用组播类别 1 DA 来生成。

10.13 LMR

LMR 帧总是采用单播 DA 来生成。

10.14 1DM

1DM 帧采用单播 DA 来生成。当需要进行多点测量时，1DM 帧可以采用组播类别 1 DA 来生成。

10.15 DMM

DMM 帧采用单播 DA 生成。当需要进行多点测量时，DMM 帧可采用组播类别 1 DA 生成。

10.16 DMR

DMR 帧总是采用单播 DA 来生成。

10.17 EXM

EXM 帧的 DA 不属于本建议书的讨论范围。

10.18 EXR

EXR 帧的 DA 不属于本建议书的讨论范围。

10.19 VSM

VSM 帧的 DA 不属于本建议书的讨论范围。

10.20 VSR

VSR 帧的 DA 不属于本建议书的讨论范围。

10.21 CSF

CSF 帧在多点 MEG 中采用组播类别 1 DA 来生成，除了如下所述之外，通常以点到点 MEG 中的组播类别 1 DA 来生成。

在使用单播 DA 来区分不同业务实例中的数据帧的、点到点连接的配置环境中，采用下游 MEP 的单播 DA 来生成 CSF 帧。

10.22 SLM

SLM 帧采用单播 DA 来生成。如需多点测量，那么可以采用组播类别 1 DA 来生成 SLM 帧。

10.23 SLR

SLR 帧总是采用单播 DA 来生成。

10.24 1SL

1SL 帧采用单播 DA 来生成。如需多点测量，那么可以采用组播类别 1 DA 来生成 1SL 帧。

10.25 BNM

BNM 帧在多点 MEG 中采用组播类别 1 DA 来生成，除了如下所述之外，通常以点到点 MEG 中的组播类别 1 DA 来生成。

在使用单播 DA 来区分不同业务实例中的数据帧的、点到点连接的配置环境中，采用下游 MEP 的单播 DA 来生成 BNM 帧。

10.26 EDM

在多点 MEG 中采用组播类别 1 DA 来生成 EDM 帧，除了如下所述之外，通常以点到点 MEG 中的组播类别 1 DA 来生成。

在使用单播 DA 来区分不同业务实例中数据帧的、点到点连接的配置环境中，采用下游 MEP 的单播 DA 来生成 EDM 帧。

表10-1 – OAM帧的DA

OAM类型	带有OAM PDU的帧的DA
CCM	组播类别1 DA或单播DA
LBM	单播DA或组播类别1 DA
LBR	单播DA
LTM	组播类别2 DA
LTR	单播DA
AIS	组播类别1 DA或单播DA
LCK	组播类别1 DA或单播DA
TST	单播DA或组播类别1 DA
线性APS	参见[ITU-T G.8031]
环回APS	参见[ITU-T G.8032]
MCC	单播DA或组播类别1 DA
LMM	单播DA或组播类别1 DA
LMR	单播DA
1DM	单播DA或组播类别1 DA
DMM	单播DA或组播类别1 DA
DMR	单播DA
EXM、EXR、VSM、VSR	不属于本建议书的讨论范围
CSF	组播类别1 DA或单播DA
SLM	单播DA或组播类别1 DA
SLR	单播DA
1SL	单播DA或组播类别1 DA
BNM	组播类别1 DA或单播DA
EDM	组播类别1 DA或单播DA

11 OAM PDU验证和版本控制

本节描述了用于OAM PDU验证和版本控制的规则，旨在确保本建议书的实施方案将与本建议书未来版本的实施方案可实现互操作。此外，这些规则允许实施方案以不损害与本建议书未来版本之互操作性的方式来向协议提供专有的、非标准的扩展，或者限制本建议书未来版本扩展建议书功能性的能力。

注1 – 本建议书2006年版与2008年版之间对LTM格式的更改不会更改版本号；然而，本建议书的未来修订必须符合这些规则。

注2 – 此处描述的规则仅适用于如何解释具有不同版本的PDU。关于如何后续处理PDU（如果适用的话）的更多细节可以在[ITU-T G.8021]和[ITU-T G.8032]中的原子功能定义中找到。

注3 – 这些规则不适用于ITU-T建议书未规定的PDU部分，例如VSM、VSR、EXM和EXR PDU的数据字段。

11.1 OAM PDU传送

OAM PDU传送需要满足以下要求：

- 固定报头字段应严格按照本建议书的规定进行传送。
- 本建议书中定义为“保留”的所有位都应传送为0。
- 附加字段不得添加到本建议书规定的固定报头中。
- 本建议书或[IEEE 802.1]中保留的代码点不得在任何OAM PDU中进行传送；例如，OpCode字段（表9-1）的保留值、TLV类型字段（表9-2）或MEG ID格式字段（表A.1）。
- 对本建议书规定的任何TLV都不得添加其他字段。

11.2 OAM PDU接收中的验证

接收到的OAM PDU需要进行多次验证测试，如果它们未能通过测试，那么将被丢弃，而无需做进一步处理。本节不提供这些测试的详尽清单，它仅涵盖对未来兼容性而言最重要的那些问题。除了这里规定的测试之外，可以假设，如果带有特定OpCode的OAM PDU不符合第9节中的相应描述，那么测试失败。初始验证测试旨在确保OAM PDU足够长，以包含MEG等级和版本字段。丢弃未能通过此测试的OAM PDU。

随后根据OAM PDU 1) 版本字段和2) 接收实施方案已知最高版本号中数值较低的那个版本号来处理OAM PDU。也就是说，接收版本0 OAM PDU的版本1实施方案将根据版本0来处理它，并根据版本1来处理版本1 OAM PDU。注意，对本建议书未来版本强制要求所有的早期版本实施方案都应能够正确处理接收到的OAM PDU，即当根据版本0进行处理时，本建议书的后继版本规定的OAM PDU必须保持有效。

根据上述选择的版本，使用以下验证测试：

- 由TLV偏移字段确定的固定报头长度不得小于所选版本规定的长度。
- OAM PDU足够长，可以包含所选版本规定之长度的固定报头。

如果OAM PDU包含需要处理的TLV，那么根据上述选择的版本，使用以下验证测试：

- OAM PDU足够长，以包含TLV值字段，其长度由TLV长度字段来规定。
- TLV长度字段不指示比所选版本规定之该TLV最小长度还短的长度。

以下准则不得用于验证接收到的OAM PDU：

- 固定报头可能长于所选版本规定的长度。
- 可以在标记字段的保留位中设置位。
- TLV可以具有未被选定版本的标准指定的类型字段。
- TLV的长度字段可以大于在所选版本的标准中规定的数值（如果有的话）。

- TLV偏移字段或OAM PDU中最后一个TLV的长度字段，可以指示与OAM PDU的结尾相一致的第一个（下一个）TLV的位置。也就是说，可以从OAM PDU丢失终了TLV。
- TLV可能以OAM PDU中的任何顺序发生，除非第9节另有说明。

注 – 如果需要生成OAM PDU回复，那么选择用于处理接收之OAM PDU的版本不会影响版本复制要求。这意味着接收版本1 OAM PDU请求的版本0实施方案将依据版本0来解释它，但根据回复规则来回复，除非该规则具有版本依赖性。在这种情况下，不能将接收版本1 OAM PDU回复作为已依据版本1对OAM PDU请求进行处理的指示。

11.3 OAM PDU验证后的接收

接收到的、通过上述验证测试的OAM PDU必须按照以下规则来处理，并且根据为验证测试选择的相同版本（即OAM PDU中版本字段数字较小的一个和接收实施方案已知的最高版本号）。

- 仅处理在所选版本中定义的OAM PDU固定报头部分中的那些字段；固定报头中的任何额外字节（如果长于所选版本规定的长度）都将被忽略。
- 除非OAM PDU被转发或重传（有或没有修改），所选版本未规定的、带有类型字段的任何TLV将被忽略；或者如果为响应接收的OAM PDU而传送了新的OAM PDU，那么将不做任何修改地将TLV复制到所转发或所重传的PDU中或进入响应PDU中。
- 忽略终了TLV之后的OAM PDU的任何部分（缺少终了TLV不是一个错误）。
- 如果任何TLV的长度字段都大于所选版本规定的数值（如果有的话），那么忽略由所选版本规定的其之后的任何字节。
- 本建议书中未定义的所有位，例如标记字段中的保留位，将均被忽略。

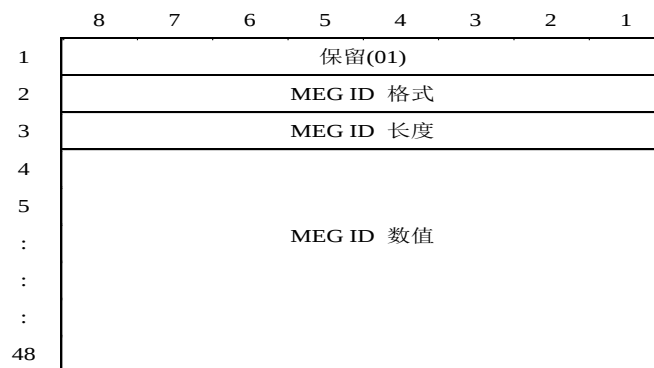
附件A

MEG ID的格式

（此附件是本建议书的组成部分）

维护实体组标识符（MEG ID）的特征如下所示：

- 每一个MEG ID都必须是全球唯一的。
- 如果期望MEG要用于跨越运营商边界建立通道时，MEG ID对其他的网络运营商必须是可用的。
- 当MEG继续存在时，MEG ID不应该改变。
- MEG ID应该能标识对该MEG负有责任的网络运营商。
- 本建议书特定的MEG ID的一般格式如图A.1所示。



图A.1 – MEG ID的一般格式

MEG ID的格式类型由MEG ID格式字段来确定。MEG ID格式类型特定的数值定义在表A.1中，并在下面的第A.1节和第A.2节中进行描述。

表A.1 – MEG ID的格式类型

MEG ID的格式类型值	TLV名称
00, 5-31, 64-255	保留（注1）
1-4	见下（注2）
本建议书特定的类型	
32	基于ICC的格式
33	基于ICC和CC的格式
33-63	保留（注3）
注1 – 保留由IEEE 802.1定义。	
注2 – 使用[IEEE 802.1Q]表21-20中定义的数值。	
注3 – 保留用于ITU-T将来的标准化。	

A.1 基于ICC的MEG_ID格式

图 A.2 示出了使用国际电联运营商编码（ICC）的格式。ICC 是一种分配给网络运营商/服务提供商的编码，由 ITU-T 电信标准化局（TSB）按照 ITU-T M.1400 建议书进行维护。

	8	7	6	5	4	3	2	1
1	保留 (01)							
2	MEG ID 格式 (32)							
3	MEG ID 长度 (13)							
4	0	MEG ID 数值[1]						
5	0	MEG ID 数值[2]						
15	0	MEG ID 数值[12]						
16	0	MEG ID 数值[13]						
19	没有使用 (= 全零)							
20								
47								
48								

图A.2 – 基于ICC的MEG ID格式

MEG ID 数值是由按 ITU-T T.50 建议书（国际参考字母表 – 用于信息交换的 7 比特编码字符集）的类型 32 来确定，由 13 个字符编码组成。

需要注意的是，MEG_ID类型32可以不是全局唯一的，原因是，如[ITU-T M.1400]中所述，相同的ICC可存在于不同的国家中。因此，MEG_ID类型32仅在一个国家内提供唯一性。

图A.3显示了基于ICC的MEG ID值的结构。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ICC		UMC										
ICC			UMC									
ICC				UMC								
ICC					UMC							
ICC						UMC						
ICC							UMC					

图A.3 – 基于ICC的MEG ID值的结构

它由两个子字段构成：国际电联运营商编码（ICC），随后是一个唯一的 MEG ID 编码（UMC）。

国际电联运营商编码由1-6个字母（即A到Z）与/或数字（即0到9）、以左侧为准的字符组成。UMC编码紧随着ICC，由7-12个字符连同后面的NULL组成，使MEG ID值正好为13个字符。只要在一个国家内唯一性有保证，则UMC为已分配了ICC的机构的事务。

A.2 基于CC和ICC的全球MEG ID格式

图A.4显示了使用带有国家代码（CC）的国际电联运营商代码（ICC）的格式。MEG ID 值由类型33来确定，由15个依据[ITU-T T.50]编码的字符组成。

图A.5显示了由CC和ICC确定的MEG ID值的结构。它由3个子字段组成：国家代码（CC）、国际电联运营商代码（ICC），之后是唯一的MEG ID代码（UMC）。国家代码（字母-2）是一个由2个字母字符组成的字符串，用大写字母表示（即A到Z）。国家代码格式在[ISO 3166-1]中进行定义。国际电联运营商代码由1-6个字母（即A到Z）与/或数字（即0到9）、以左侧为准的字符组成。

UMC代码紧跟ICC之后，由7-12个字符连同后面的NULL组成，使MEG ID值正好为15个字符。如果ICC小于6个字符（如图A.5所示），那么UMC应以字符“/”开始，并在已分配国际电联运营商代码的组织范围内是唯一的。

	8	7	6	5	4	3	2	1
1	保留 (01)							
2	MEG ID格式 (33)							
3	MEG ID长度 (15)							
4	0	MEG ID 值[1]						
5	0	MEG ID 值[2]						
17	0	MEG ID值[14]						
18	0	MEG ID值[15]						
19	未用 (= 全零)							
20								
47								
48								

图A.4 – 基于CC和ICC的全局MEG ID的格式

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CC		ICC	/	UMC										
CC		ICC		/	UMC									
CC		ICC			/	UMC								
CC		ICC				/	UMC							
CC		ICC					/	UMC						
CC		ICC						UMC						

图A.5 – 基于CC和ICC的全局MEG ID值的格式

附件B

有关[ITU-T Y.1731]互操作性方面考虑的 以太网链路追踪（ETH-LT）

（此附件是本建议书的组成部分）

本附件描述了以太网MEP和MIP的互通，支持不同类型的以太网链路跟踪（ETH-LT）（即在[ITU-T Y.1731]和本建议书中定义的ETH-LT），并确定基本要求以支持ME下的互通，当中存在两种类型的MEP或MIP。

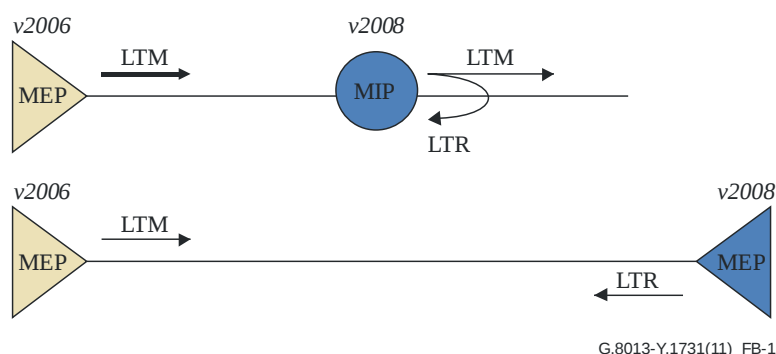
B.1 如[ITU-T Y.1731]定义的以太网链路追踪（ETH-LT）

[ITU-T Y.1731]中定义的ETH-LT与本建议书中定义的ETH-LT不同之处在于：

- [ITU-T Y.1731]第7.3.1节和第9.5节中给出的LTM传送及其PDU未定义LTM出口标识符TLV及其格式，而在本建议书中它们被定义为是强制性的。
- [ITU-T Y.1731]第7.3.2节和第9.6节中给出的LTR传送及其PDU未定义LTR出口标识符TLV及其格式，而在本建议书中它们被定义为是强制性的。此外，在[ITU-T Y.1731]建议书中，回复入口TLV和回复出口TLV是可选的，而在本建议书中它们被定义为是强制性的。
- FwdYes和TerminalMEP在本建议书第9.6.2节的LTR PDU格式字段描述的位7和位6中进行定义，而在[ITU-T Y.1731]中未定义。
- 在MIP中，未定义ETH-LT应答器，入口和出口端口可以在v2006设备中设置为MIP，而在本建议书中ETH-LT应答器定义为是每个设备只能有一个MIP。

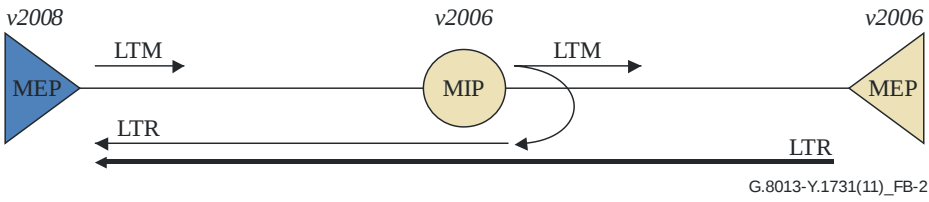
B.2 与[ITU-T Y.1731]的互通

在由传送ETH-LTM和某些v2008MIP的v2006MEP组成的ME情况下，或者由传送ETH-LTM的v2006MEP组成的ME情况下以及v2008MEP接收ETH-LTM和传送ETH-LTR的情况下，由于没有LTM出口标识符TLV，v2008MIP或v2008MEP可以从v2006MEP丢弃ETH-LTM。在这种情况下，为了保持互操作性，v2008MIP可以通过认可ETH-LTM没有TLV并作为一个v2006MIP来转发ETH-LTM和传送ETH-LTR。类似地，v2008MEP可以通过认可ETH-LTM没有TLV并作为一个v2006MEP来传送ETH-LTR。参见图B.1。



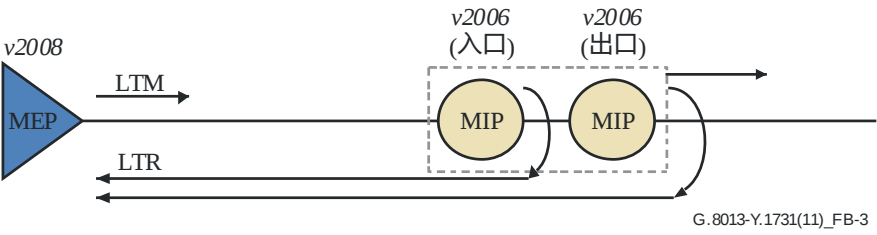
图B.1 – 互操作性情况1

在由传送ETH-LTM和某些v2006 MIP的v2008MEP组成的ME情况下，与/或v2008MEP接收ETH-LTM和传送ETH-LTR的情况下，v2008MEP接收不带LTR出口标识符TLV以及不带由v2006MIP与/或MEP生成之回复入口TLV或回复出口TLV的ETH-LTR。在v2008版本中，ETH-LTR中没有这些TLV被认为是无效的。为了保持互操作性，可以将v2008版本配设置为认同此ETH-LTR。参见图B.2。



图B.2 – 互操作性情况2

在由传送ETH-LTM的v2008MEP和位于设备的入口与出口端口的某些v2006MIP组成的ME情况下，设备可以向v2008MEP传送两个ETH LTR。在v2008MEP处接收ETH-LTR时，其行为与上述情况提到的相同（参见图B.3）。需要注意的是，只要减少LTM TTL字段的每个MP也返回一个LTR，那么这种行为与[IEEE 802.1Q]附件J.5的LTR分析相兼容。



图B.3 – 互操作性情况3

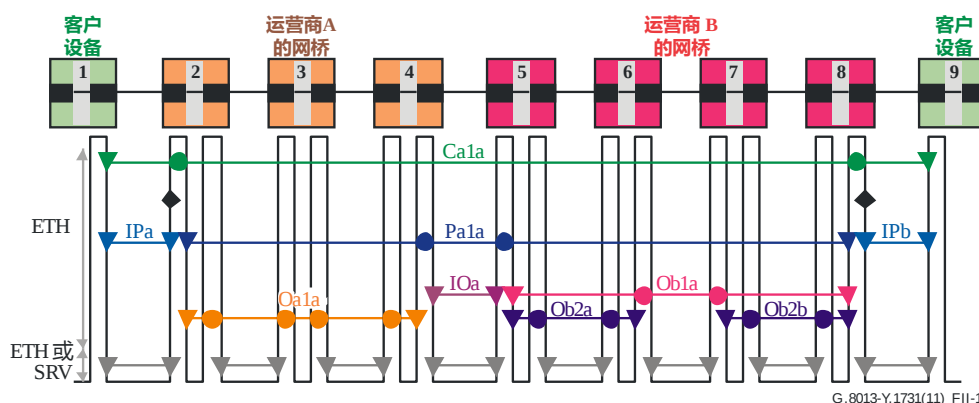
附录I

以太网网络部署情景

（此附录非本建议书的组成部分）

I.1 分享MEG等级的例子

图 I.1 提供了部署情景的一个例子，其中客户、提供商和运营商角色分享 MEG 等级，并采用 MEG 等级默认的分配安排。图中三角形代表 MEP，小圆圈代表 MIP，菱形代表 TrCP。

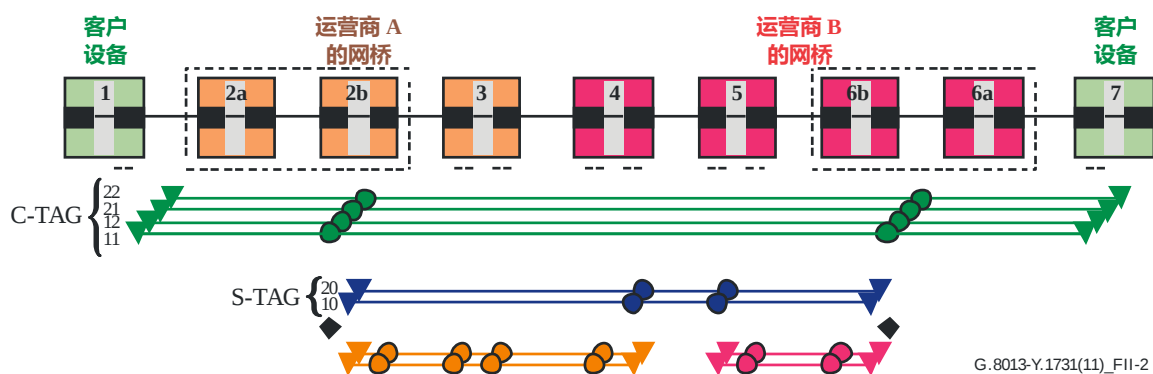


图I.1 – 分享MEG等级时MEG等级分配的例子

- 客户ME（Ca1a）可以分配一个客户MEG等级5。它使得，当需要在额外的客户MEG等级建立客户ME时，可以在较高MEG等级（也即6和7）建立更多的客户ME。
- 提供商ME（Pa1a）可以分配一个提供商的MEG等级4。它使得当需要在较低的提供商MEG等级建立额外的ME时，可以在较低的MEG等级（也即3）建立更多的提供商ME。
- 端到端运营商ME（Oa1a和Ob1a）可以分配一个运营商的MEG等级2。它使得在每个运营商网络中当需要在额外的运营商MEG等级建立运营商ME时，可以在较低的MEG等级（也即1和0）建立更多的运营商ME。
- 在运营商B的网络中，如果运营商B需要ME，运营商网段的ME（Ob2a和Ob2b）现在可分配一个较低的MEG等级，例如1。
- 在客户和提供商之间的ME（IPa和IPb）可以分配一个MEG等级0。它使得提供商可以在UNI_N过滤这种OAM帧，因为只要求提供商对客户MEG等级7、6和5提供透明性。
- 运营商之间的（IOa）可以分配一个MEG等级0。它使得运营商可以过滤这种OAM帧，因为只要求运营商对客户和提供商的MEG等级提供透明性。

I.2 MEG等级相互独立的例子

图 I.2 提供了部署情景的一个例子，其中客户和服务提供商并不分享 MEG 等级。然而，服务提供商和运营商分享着 MEG 等级。在图中三角形代表 MEP，小圆圈代表 MIP，菱形代表 TrCP。



G.8013-Y.1731(11)_FII-2

图I.2 – MEG等级相互独立时MEG分配的例子

- 在上述例子中，四个客户VLAN（11、12、21和22）和对应的客户MEG（图中的C-TAG）完全独立于两个服务提供者VLAN（20和10）和对应的服务提供者MEG（图中的S-TAG）。
- 其结果是客户和服务提供者将可独立地使用所有八个MEG等级。
- 然而，服务提供者和运营商，以类似于图I.1方式分享着MEG等级空间。在此情况下，这八个MEG等级可以在服务提供者和运营商之间相互商定。
- 在上面的例子中，客户必须传送作为VLAN标签或优先级标签的OAM帧，以便独立地使用所有这八个MEG等级。然而，如果客户使用非标签的OAM帧，其MEG等级可能就不再独立了，客户和提供者的MEG等级需要在客户和服务提供者之间相互商定。

附录II

帧丢失的测量

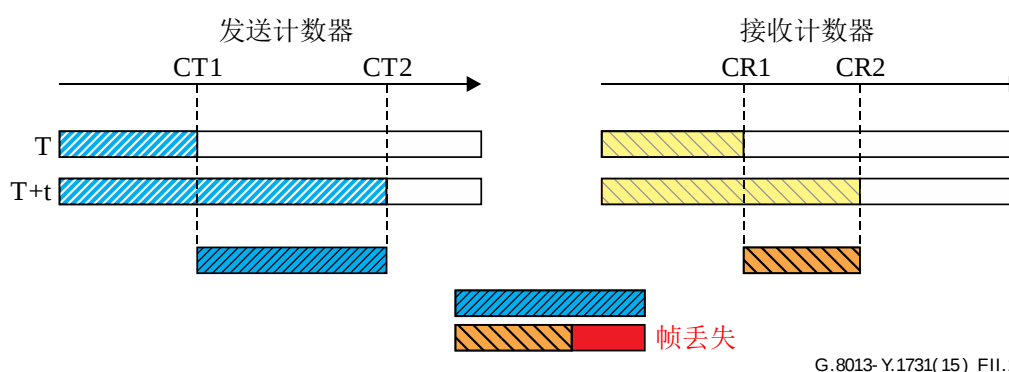
（此附录非本建议书的组成部分）

对于帧丢失的计算，应该考虑以下四种情况：

- 传送和接收计数器都没有归零。
- 只有传送计数器归零；
- 只有接收计数器归零；
- 传送和接收两个计数器都归零。

对于每一种情况，帧丢失可以如下计算。

- 传送和接收计数器两者都没有归零。

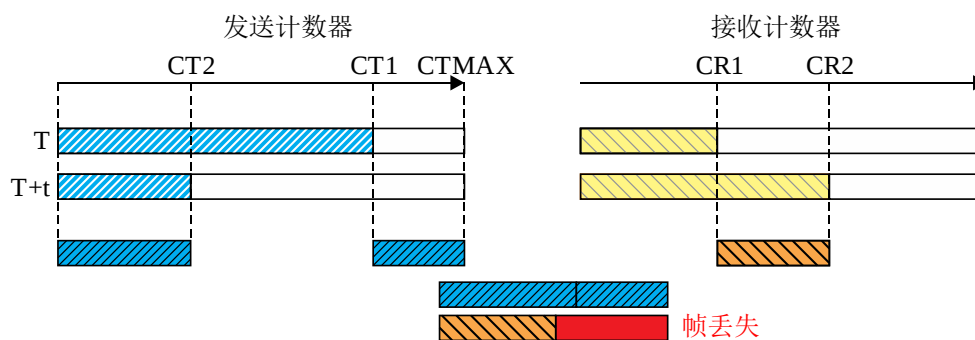


图II.1 – 未归零

在这种情况下，帧丢失可以用以下简单的公式进行计算：

$$\text{帧丢失} = (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$$

- 只有传送计数器归零。

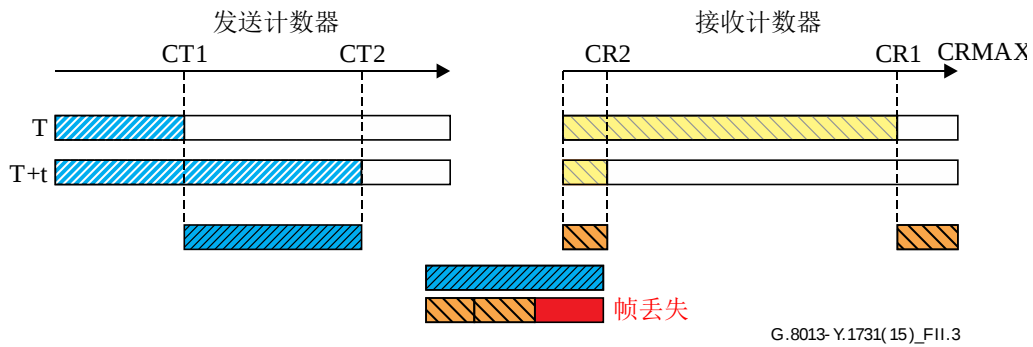


图II.2 – 传送计数器归零

在这种情况下，帧丢失可以用项目 a 中所述的如下公式进行计算：

$$\begin{aligned} \text{帧丢失} &= ((CTMAX - CT1) + CT2 + 1) - (CR2 - CR1) \\ &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + (CTMAX + 1) \end{aligned}$$

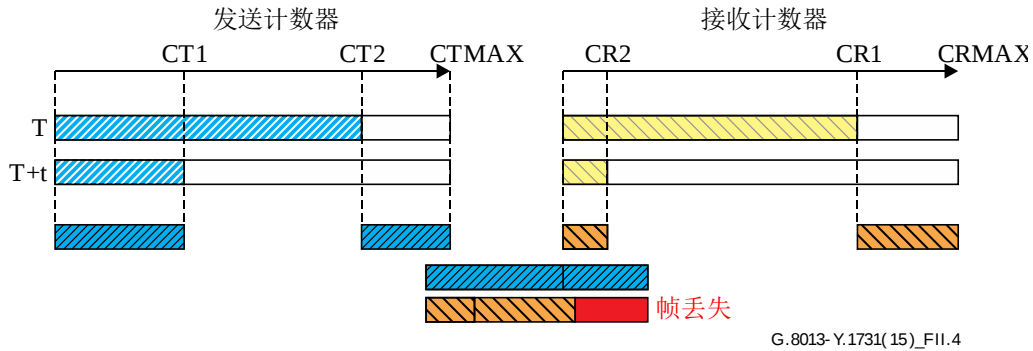
c) 只有接收计数器归零。



图II.3 – 接收计数器归零

$$\begin{aligned}\text{帧丢失} &= (CT2 - CT1) - ((CRMAX - CR1) + CR2 + 1) \\ &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) - (CRMAX + 1)\end{aligned}$$

d) 传送和接收两个计数器都归零（见图 III.4）：



图II.4 – 两个计数器都归零

$$\begin{aligned}\text{帧丢失} &= ((CTMAX - CT1) + CT2 + 1) - ((CRMAX - CR1) + CR2 + 1) \\ &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + (CTMAX + 1) - (CRMAX + 1)\end{aligned}$$

II.1 帧丢失的简化计算

如果计算采用无符号的数值方案来处理，帧丢失的计算公式可以简化为如下等式：

$$N + (MAX + 1) \equiv N \bmod (MAX + 1)$$

$$N - (MAX + 1) \equiv N \bmod (MAX + 1)$$

于是帧丢失的公式（第 8.1.1 节和第 8.1.2 节中所述的）可以转换如下所示：

- a) 帧丢失 = $\underline{(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)}$
- b) 帧丢失 = $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + CTMAX + 1$
 $= ((CT2 + (CTMAX + 1)) - CT1) - (CR2 - CR1)$
 $= \underline{(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)}$
- c) 帧丢失 = $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) - (CRMAX + 1)$
 $= (CT2 - CT1) - ((CR2 + CRMAX + 1) - CR1)$
 $= \underline{(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)}$

$$\begin{aligned}
d) \quad \text{帧丢失} &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + (CTMAX+1) - (CRMAX+1) \\
&= ((CT2 + (CTMAX+1)) - CT1) - ((CR2 + (CRMAX+1)) - CR1) \\
&= \underline{(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)}
\end{aligned}$$

正如上面所介绍的，只要采用无符号的数值方案来计算，帧丢失在任何情况下都可以用简单的计算公式来计算。

II.2 帧计数器归零的周期性

该节对 4 字节帧计数器在不同接口速率和不同帧长度情况下归零的周期性提供一个概貌。所考虑的接口速率有 1 Gbit/s、10 Gbit/s 和 100 Gbit/s。所考虑的帧长度有 64 字节（最小的以太网帧长度）和 1522 字节（最大的以太网帧长度）。

表II.1 – 帧计数器归零的周期

接口速率	帧长度	4字节帧计数器归零的周期
1 Gbit/s	64字节	$(2^{32})/((10^9)/((64+12)*8)) = 2611 \text{秒}$
1 Gbit/s	1522字节	$(2^{32})/((10^9)/((1522+12)*8)) = 52707 \text{秒}$
10 Gbit/s	64字节	$(2^{32})/(((10*(10^9))/((64+12)*8))) = 261 \text{秒}$
10 Gbit/s	1522字节	$(2^{32})/(((10*(10^9))/((1522+12)*8))) = 5270 \text{秒}$
100 Gbit/s	64字节	$(2^{32})/(((100*(10^9))/((64+12)*8))) = 26 \text{秒}$
100 Gbit/s	1522字节	$(2^{32})/(((100*(10^9))/((1522+12)*8))) = 527 \text{秒}$

附录III

网络OAM的互通

（此附录非本建议书的组成部分）

分层网络之间互通的要求如下所示：

- 一旦检测到服务器层的故障情况，服务器层和客户机层之间的适配功能应能在客户机层中插入AIS；
- 插入的AIS的格式是客户机层所特定的。

举例来说，当客户机层是以太网时，使用一个服务器 MEP。

附录IV

错误混入检测的局限性

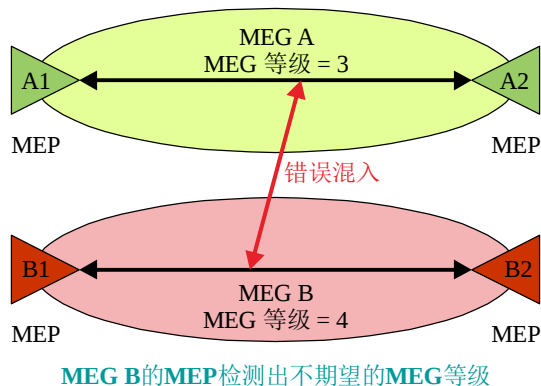
(此附录非本建议书的组成部分)

MEP在故障检测时考虑的只是具有它们自身的或较低的MEG等级的CCM帧。具有较高MEG等级的CCM帧将穿越而过，以提供第5.4节中定义的OAM透明性。这一行为会导致如下面图IV.1中所示的错误混入检测的局限性。

当不同MEG等级的MEG之间发生错误混入时，由于来自具有较高MEG等级的MEG的CCM帧将由MEP透明地进行传送，因此具有较低MEG等级的MEG的MEP将不检测任何故障。具有较高MEG等级的MEG的MEP将检测不期望的MEG等级。

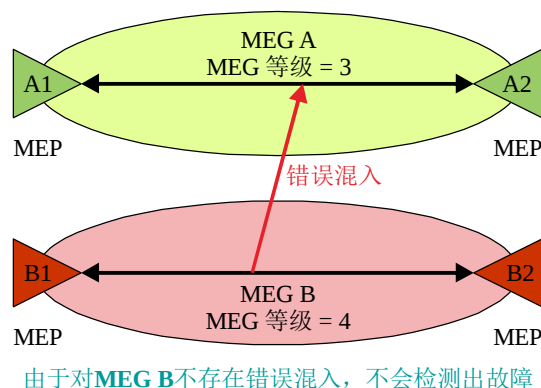
当发生从具有较高MEG等级的MEG到具有较低MEG等级的MEG的单向错误混入时，将检测不出任何故障。

由于只考虑MEG等级3和更低的等级，MEG A的MEP不会检测出故障!



a) 双向的错误混入

由于只考虑MEG等级3和更低的等级，MEG A的MEP不会检测出故障!



b) 单向的错误混入

G.8013-Y.1731(15)_FIV-1

图IV.1 – 错误混入检测的局限性

附录V

与[IEEE 802.1Q]之间术语的对照

（此附录非本建议书的组成部分）

本建议书和[IEEE 802.1Q]所使用的术语间的关系可归纳如下。

表V.1 – 术语对照

ITU-T G.8013/Y.1731术语	IEEE 802.1Q术语	注释
MEG	MA	
MEG ID	MAID （域名+MA的简短名称）	与[IEEE 802.1Q]不同，在[ITU-T Y.1731]建议书中，MEG ID并不意味着域名和MEG简短名称之间的分割。
MEG等级	MA等级	

附录VI

显示ETH-SLM测量精度的例子

（此附录非本建议书的组成部分）

综合丢失测量是测量帧丢失情况的采样技术；因此，测得的FLR将根据二项式分布围绕实际的丢失值进行分布。测得的平均FLR将始终等于实际的FLR，而标准偏差取决于样本的数量。因此，标准偏差可用于说明测得的FLR结果的精度。表VI.1显示了各种实际丢失值和样本数量（即传送的SLM帧数）的标准偏差。当使用ETH-SLM时，与用于触发某个动作的任何FLR阈值进行比较时，应选择样本数量，以使标准偏差较小。这将确保较低的误报几率。

表VI.1 – 各种实际丢失值和样本数量的标准偏差

实际FLR	样本数量	传输间隔	标准偏差（FLR %点）
50%	10	100 ms	15.81%
50%	100	10 ms	5.00%
50%	1000	1 ms	1.58%
10%	10	100 ms	9.49%
10%	100	10 ms	3.00%
10%	1000	1 ms	0.95%
1%	10	100 ms	3.15%
1%	100	10 ms	0.99%
1%	1000	1 ms	0.31%
0.1%	10	100 ms	1.00%
0.1%	100	10 ms	0.31%
0.1%	1000	1 ms	0.1%

注：如果样本数量增加一个因子 n ，那么标准差减小一个因子 $\sqrt{n}$ 。

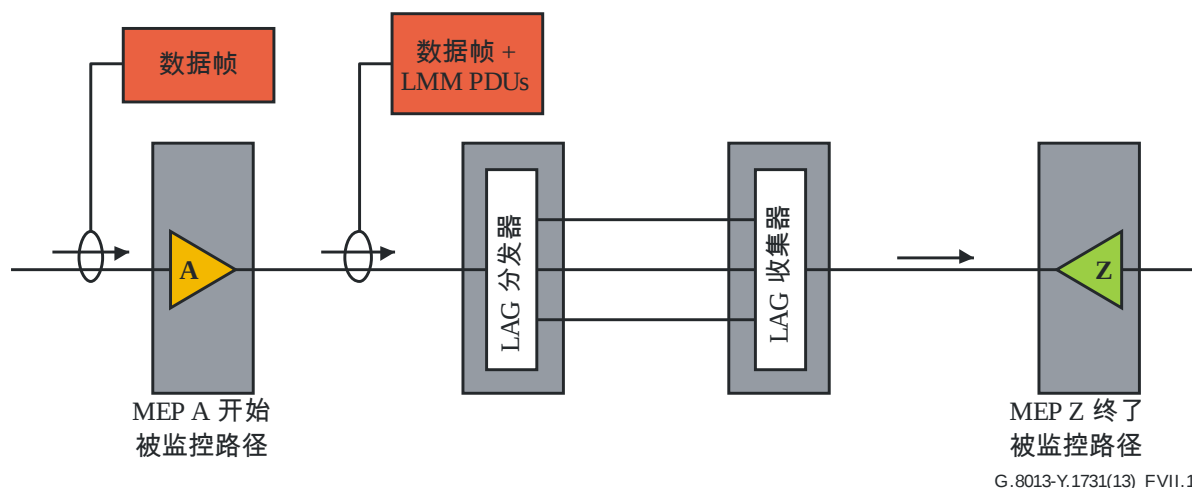
附录VII

ETH-LM和链路的聚合

（此附录非本建议书的组成部分）

如[b-IEEE 802.1AX]中规定的链路聚合（LAG）可能会影响本建议书以及[ITU-T G.8021]和[IEEE 802.1Q]中规定的OAM机制的有效性。基于诸如ETH-LM的服务帧的这些OAM机制需要帧排序保存，而基于诸如ETH-DM和ETH-SLM（和ETH-CC）的综合帧的OAM机制假设对所有可行的传输链路/路径都进行适当的采样。虽然本附录着重于ETH-LM，但当其监控预期业务流的一小部分时，其他OAM机制可能会遇到类似的问题。可以避免这些问题，例如，如果LAG用于保护切换（即具有两个聚合链路的LAG，其中的所有流量都转发到活动的传送实体上），或者如果LAG与业务流感知散列一起使用（即在某个给定业务流中的所有流量放置在相同的聚合链路上）。

具体考虑以太网帧丢失测量，ETH-LM机制原则上能够精确检测两个终结MEP之间的点到点ETH连接上的单帧丢失事件（例如，图VII.1中的MEP A和MEP Z，用于说明以下讨论的情形）。然而，该精度可能会受到ETH连接上的帧重新排序的影响。ETH-LM PDU相对于所计数帧的顺序很重要。



图VII.1 – 监控两个终结MEP之间帧丢失情况的路径

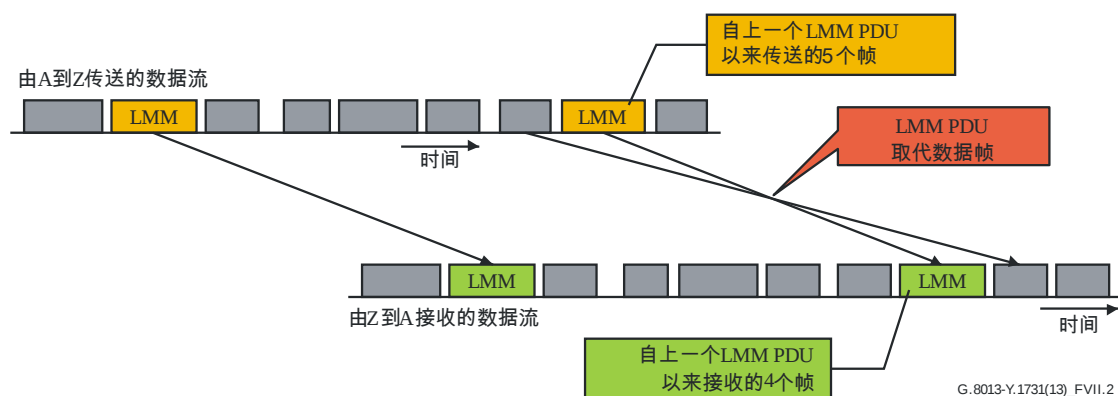
ETH-LM测量方法基于以下假设：信源/信宿MEP之间所计数帧流中的ETH-LM PDU的位置保持不变。这提供了在链路两端的计数器之间所需的同步。以太网网桥中转发的特性是保留MAC服务的帧顺序。然而，链路聚合（LAG）的某些实施方案可能不能保证在整个聚合带宽上的帧顺序保持。LAG通过将给定“对话”中的所有帧分配给单个聚合链路来避免帧重新排序。这确保了在每个“对话”内帧顺序的维持，但不一定在“对话”之间。

LAG帧分发器功能（“分发器”）的常见实施方案大部分自主运行，并通过散列来检测“对话”，不一定只在VLAN标识符（VID）以及交换的ETH-LM PDU和所计数帧的优先级上，而是例如在源和目的MAC与/或IP地址上。ETH-LM PDU集以及假定计数的帧通常在字段中包含各种各样的数值，基于这些字段，分发器来分配散列值，并因此来分配聚合的链路。

假设沿着两个终结MEP之间路径的某个地方遍历LAG部分/聚合，ETH-LM PDU和所计数帧可以被转发到不同的聚合链路上。即使它们都以相同的VID和相同的优先级进行传送，也可以，原因是分发器可以考虑更多的帧字段来决定聚合的链路分配。如果所计数帧本身属于不同的“对话”，那么它们可能会被分散在不同的聚合链路上。重新排序还可能取决于其他因素，例如LAG部分的流量、帧长度的种类或分发者可检测到的“对话”数量。

与分发器相比，LAG帧收集器功能（“收集器”）相对简单，原因是对帧排序，它依赖于后者（在“对话”内）。因此，它只是按照接收到的聚合链路的顺序来传递帧。因此，由分发器转发到不同聚合链路上的、具有相同VID和相同优先级的帧不会被收集器重新排序，并在遍历LAG部分之前和之后顺序可能不同。

信宿MEP在接收到LMM PDU时精确读取其本地计数器，并将该读数与LMM PDU本身中的计数器进行比较，从信源MEP提供等效计数。如图VII.2所示，如果LMM PDU相对于其周围的帧移动了位置，即计数的帧，那么这样的一种比较将指示人为帧丢失（或增益），即使事实上没有任何实际的帧损失（或增益）。这限制了使用这种测量帧丢失的方法可以实现的精度。



图VII.2 – LMM PDU取代造成人为帧丢失（或增益）的数据帧

由于影响LAG部分排序的诸多因素，很难预测这种错误发生的频率。错误可能是加或减几帧。由于ETH-LM PDU很短，因此它们倾向于在LAG部分取代较长的帧。因此，可以在测量补偿人为帧增益之前，对人为帧丢失进行测量。此外，可能存在最终用户流量非常少的测量间隔（例如，在待机连接上）。在这样的间隔中，由重新排序引起的、所报告帧丢失率中的（相对）误差可显著增加。需要注意的是，LAG部分通常处理比ETH-LM测量之流量更多的流量，因此，重新排序的概率可能不会在很大程度上取决于ETH-LM所监控流量本身的流量。

实际上，由于服务帧计数器连续运行，因此人为帧丢失或增益在下一个LMR处被消除，但是如果次序混乱继续，那么可能会被新的错误所替代。如果在给定测量间隔（通常为15分钟或24小时）中使用的最后一个LMM和LMR PDU都不进行重新排序，那么对该点上的任何错误进行补偿。当测量间隔较长时，与服务帧数相比，错误可能较小。然而，在用于评估可用性的小时间间隔中，可能只有几个服务帧，因此，重新排序错误可能足以造成错误或错过的不可用性FLR阈值交叉，导致错误的不可用时间。

参考书目

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2008), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Link Aggregation*.
- [b-IETF RFC 2544] IETF RFC 2544 (1999), *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*.
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>>

ITU-T Y系列建议书
全球信息基础设施、网际协议问题和下一代网络

全球信息基础设施	
概要	Y.100-Y.199
业务、应用和中间件	Y.200-Y.299
网络问题	Y.300-Y.399
接口和协议	Y.400-Y.499
编号、寻址和命名	Y.500-Y.599
运营、管理和维护	Y.600-Y.699
安全性	Y.700-Y.799
性能	Y.800-Y.899
网际协议问题	
概要	Y.1000-Y.1099
业务和应用	Y.1100-Y.1199
架构、接入、网络能力和资源管理	Y.1200-Y.1299
传送	Y.1300-Y.1399
互通	Y.1400-Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500-Y.1599
信令	Y.1600-Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700-Y.1799
计费	Y.1800-Y.1899
NGN上的IPTV	Y.1900-Y.1999
下一代网络	
框架和功能架构模型	Y.2000-Y.2099
服务质量和性能	Y.2100-Y.2199
业务问题：业务能力和业务架构	Y.2200-Y.2249
业务问题：NGN中业务和网络的互操作性	Y.2250-Y.2299
NGN增强功能	Y.2300-Y.2399
网络管理	Y.2400-Y.2499
网络控制架构和协议	Y.2500-Y.2599
基于分组的网络	Y.2600-Y.2699
安全性	Y.2700-Y.2799
通用移动性	Y.2800-Y.2899
运营商开放的环境	Y.2900-Y.2999
未来网络	Y.3000-Y.3499
云计算	Y.3500-Y.3999

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运营、电话业务、业务运营和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传送系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其他多媒体信号的传送
K系列	干扰的防护
L系列	环境和信息通信技术、气候变化、电子垃圾、能效；电缆和外部设备其他组件的建设、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传送电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	终端及主观和客观的评估方法
Q系列	交换和信令
R系列	电报传送
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、网际协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题