

国际电信联盟

ITU-T G.8113.1/Y.1372.1

国际电信联盟
电信标准化部门

(11/2012)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络

经传送网的分组网 – 经传送网的MPLS概况

Y系列：全球信息基础设施，互联网的协议概况和
下一代网络

互联网的协议概况 – 传送

**分组传送网络中MPLS-TP的操作、
管理和维护机制**

ITU-T G.8113.1/Y.1372.1 建议书

ITU-T

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	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
服务质量和性能——一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据——一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的分组网概况	G.8000-G.8999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8099
经传送网的MPLS 概况	G.8100-G.8199
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。

ITU-T G.8113.1/Y.1372.1 建议书

分组传送网络（PTN）中MPLS-TP的操作、 管理和维护机制

摘要

为满足 IETF RFC 5860 中规定的MPLS-TP OAM要求，ITU-T G.8113.1/Y.1372.1建议书规定了多协议标签交换传送转化轮廓MPLS-TP网络中用户的平面操作、管理和维护（OAM）机制。该建议书还规定了MPLS-TP OAM包格式、MPLS-TP OAM包字段的句法和语意。

本建议书规定的OAM机制假设以相同的方式前转MPLS-TP用户包和MPLS-TP OAM包。在传送网络中。OAM返程路径永远在带内。

本建议书所述MPLS-TP OAM机制适用于同路由双向点对点MPLS-TP连接。单向点对点和点对多点MPLS-TP连接将在本建议书未来版本中探讨。

本建议书符合IETF规定的有关MPLS的传输概要文件。当MPLS-TP相关的架构、框架和ITU-T建议书与所参考的IETF RFC之间协议出现不一致之处时，以RFC为准。

历史沿革

版本	建议书	批准日期	研究组
1.0	ITU-T G.8113.1/Y.1372.1	2012-11-20	15

前言

国际电信联盟（国际电联）是从事电信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）是国际电联的常设机构，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)和国际电工委员会(IEC)合作制定的。

注

本建议书为简要起见而使用的“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，这可能不是最新信息，因此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 2014

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制出版物的任何部分。

目录

	页码
1 范围.....	1
2 参考文献.....	1
3 定义.....	2
3.1 其他地方定义的术语.....	2
3.2 本建议书中定义的术语.....	2
4 缩写和首字母缩略语.....	3
5 惯例.....	5
6 功能组件.....	5
6.1 维护实体(ME).....	5
6.2 维护实体组(MEG).....	6
6.3 MEG端点(MEPs).....	6
6.4 MEG中介点(MIPs).....	8
6.5 服务器MEP.....	10
7 OAM功能.....	10
7.1 确定来自用户业务包的OAM包.....	10
7.2 OAM功能规范.....	11
8 OAM包格式.....	15
8.1 通用OAM包.....	15
8.2 基于[ITU-T G.8013]的OAM PDU格式.....	16
8.3 管理通信信道(MCC).....	24
8.4 信令通信信道(SCC).....	24
9 MPLS-TP OAM 程序.....	24
9.1 基于ITU-T G.8013 PDU的MPLS-TP OAM程序.....	24
附件A – 分组传送网(PTN) MPLS-TP OAM适用声明.....	33
附录I – MPLS-TP网络方案.....	34
I.1 MEG嵌套示例.....	34
参考资料.....	35

分组传送网络（PTN）中MPLS-TP的操作、 管理和维护机制

1 范围

本建议书规定了分组传输网络（PTN）可适用的MPLS-TP OAM机制。为满足IETF RFC 5860规定的MPLS-TP OAM要求，建议书规定了MPLS-TP网络用户平面OAM（操作、管理和维护）机制。本建议书亦规定了MPLS-TP OAM包格式、MPLS-TP OAM包字段的句法和语义。

本建议书确定的OAM机制假设以同样的方式前转MPLS-TP用户包和MPLS-TP OAM包。在传输网络中，OAM返程路径永远在带内。

本建议书所述MPLS-TP OAM适用于附件A所述网络情形以及同路由双向点对点MPLS-TP连接。单向点对点和点对多点MPLS-TP连接将在本建议书的未来版本中探讨。

本建议书采用已被用于其他的传送技术的方法（例如，同步数字体系（SDH）、光传送网（OTN）和以太网），提供了MPLS-TP技术表示法。¹

2 参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其他参考文献的最新版本。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- [ITU-T G.805] ITU-T G.805建议书（2000年），传送网络的一般功能结构。
- [ITU-T G.806] ITU-T G.806建议书（2004年），传送设备的特性—描述方法和通用功能。
- [ITU-T G.826] ITU-T G.826建议书（2002年），国际、恒定比特率数字通道和连接的端到端差错性能的参数和目标。
- [ITU-T G.7710] ITU-T G.7710/Y.1701建议书（2007年），通用设备管理功能的要求。
- [ITU-T G.7712] ITU-T G.7712/Y.1703建议书（2010年），数据通信网络的体系结构和规范。
- [ITU-T G.8010] ITU-T G.8010/Y.1306建议书（2004年），以太网层网络的体系结构，加修正案1（2006年）。

¹ 本ITU-T建议书与其正式引用的IETF MPLS RFC保持一致。

- [ITU-T G.8013] ITU-T G.8013/Y.1731建议书（2011年），基于以太网的网络的OAM功能和机制。
- [ITU-T G.8021] ITU-T G.8021/Y.1341建议书（2010年），以太网传送网络设备功能块的特性。
- [ITU-T G.8110.1] ITU-T G.8110.1/Y.1370.1建议书（2011年），MPLS传送轮廓（MPLS-TP）层网络的结构。
- [ITU-T M.20] ITU-T M.20建议书（1992年），电信网络的维护理念。
- [ITU-T M.1400] ITU-T M.1400建议书（2006年），指定运营商网络之间的互连。
- [IETF RFC 3031] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
- [IETF RFC 3032] IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding*.
- [IETF RFC 4385] IETF RFC4385 (2006), *Pseudowire Emulation Edge-to-Edge (PWE3) Control Word for Use over an MPLS PSN*.
- [IETF RFC 3443] IETF RFC 3443 (2003), *Time To Live (TTL) Processing in Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Networks*.
- [IETF RFC 5462] IETF RFC 5462 (2009), *Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Stack Entry: "EXP" Field Renamed to "Traffic Class" Field*.
- [IETF RFC 5586] IETF RFC 5586 (2009), *MPLS Generic Associated Channel*.
- [IETF RFC 5654] IETF RFC5654 (2009), *Requirements of an MPLS Transport Profile*.
- [IETF RFC 5718] IETF RFC5718 (2010), *An In-Band Data Communication Network For the MPLS Transport Profile*.
- [IETF RFC5860] IETF RFC5860 (2010), *Requirements for Operations, Administration, and Maintenance (OAM) in MPLS Transport Networks*.
- [IETF RFC 6371] IETF RFC6371 (2011), *Operations, Administration and Maintenance Framework for MPLS-Based Transport Networks*.

3 定义

本建议书提出了一些有关OAM功能网络组件需探讨的术语。这些定义符合ITU-T G.805建议书中术语的定义。

3.1 其他地方定义的术语

本建议书采用[ITU-T G.806]中定义的术语：

- 缺陷
- 故障

3.2 在本建议书中定义的术语

本建议书定义下列术语：

3.2.1 MPLS transport profile MPLS传送概要文件：一组多协议标签交换（MPLS）功能用来支持分组传送业务和网络操作。

4 缩写和首字母缩略语

本建议书采用下列缩写和首字母缩略语:

1DM	单向延迟测量
A	适配功能
ACH	相关信道字头
AIS	告警指示信号
AP	接入点
APS	自动保护转换
C	客户
CC	连续性检查
CCM	连续性检查消息
C-DCI	客户机—缺陷明确显示
CFI	客户机故障显示
CSF	客户机信号故障
CV	连通认证
DCC	数据通信信道
DM	延迟测量
DMM	延迟测量消息
DMR	延迟测量回复
DT	诊断测试
ES	具体尝试
EXM	尝试性OAM消息
EXP	尝试
EXR	尝试性OAM回复
FC	帧数
G-ACh	一般性相关信道
GAL	G-ACh标签
IANA	互联网指定号码机构
ICC	ITU-T网络运营商代码
ID	标识符
IETF	互联网工程任务组
IF	接口
IO	中介运营商
IP	中介提供商
LBM	环回消息
LBR	环回回复

LCK	锁定信号
LER	标签边缘路由器
LM	损耗测量
LMM	损耗测量消息
LMR	损耗测量回复
LOC	丢失连续性
LSE	标签堆栈条目
LSP	标签转换路径
LSR	标签转换路由器
MCC	维护通信信道
ME	维护实体
MEL	MEG水平
MEG	维护实体组
MEP	MEG端点
MIP	MEG中介点
MMG	不当合并
MPLS	多协议标签交换
MPLS-TP	MPLS传送概要文件
N	网络
NE	网元
Num	号码
O	运营商
OAM	操作、管理和维护
OpCode	运行代码
OSS	操作支持系统
OTN	光传送网络
P	提供商
PD	高延迟
PDU	协议数据单位
PDV	包延迟变化
PHB	每跳前转行为
PRBS	伪随机比特序列
PSN	分组交换网络
PW	伪线
PWE3	伪线仿真边缘对边缘
RDI	远端缺陷显示

RFC	意见征询
Rx	接收
S	堆栈
SCC	信令通信信道
SDH	同步数字系列
Sk	槽
SLA	服务水平协议
So	来源
SPME	子路径维护实体
SRV	服务器
TC	业务等级
TCM	汇接连接检测
TLV	类型、长度和价值
TrCP	业务调节点
TSB	电信标准化局
TST	测试
TTL	生存周期
Tx	发射
UNI	用户网络接口
UNL	预料外(MEG)水平
UNM	预料外MEP
UNP	预料外时段
UNPr	预料外优先
VCCV	虚拟电路连接认证
VS	具体厂商
VSM	具体厂商OAM消息
VSR	具体厂商OAM回复

5 惯例

维护实体 (ME) 组 (MEG) 端点 (MEP) 和MEG中介点 (MIP) 复合功能的图形惯例见[ITU-T G.8010]。

OAM PDU字段数值用十进位形式表示。

6 功能组件

6.1 维护实体 (ME)

维护实体 (ME) 可被看作两个MEG端点 (MEP) 之间的结合。这些端点对网络连接或汇接连接进行维护和监测操作。

在同路由双向点对点连接中，规定一个双向ME同时监测两个方向。

6.2 维护实体组（MEG）

维护实体组（MEG）是由属于相同连接的一个或多个ME组成的，作为一个组得到维护和监测。

6.2.1 汇接连接监测

汇接连接检测（TCM）可用[IETF RFC xxxx]所述子路径维护实体（SPME）的示例支持，它与所监测的连接具有1:1的关系。SPME之后使用常规LSP监测得到监控。

当SPME在非临近节点之间建立后，SPME边缘在客户机子层网络相互临近，之前处于节点之间的中介节点便成为SPME的中介节点。

可以套放，但不可重叠。

6.3 MEG端点（MEP）

MEG端点（MEP）标志着负责起始和终接用于故障管理和性能监测的OAM包的MEG的终止点。

MEP可启动OAM包向相应的对等MEP的传送，或向作为MEG组成部分的中介MIP的传送。

由于MEP对应于相关（子）层MEG前转路径的终点，OAM包在配置适当的无误码实施中从来不会漏出MEG。

MEP可能是节点MEP或接口MEP。

节点MEP位于节点内。在相同节点内的相同MEG内没有其它MEG中介点（MIP）或MEP。

接口MEP是位于节点内具体接口的MEP。特别需要提到的是，节点MEP根据相对连接功能的位置²称为“上MEP”或“下MEP”，见图6-1。

注 — 一个MEG可能设置两个UP-MEP，连接功能每端一个，使MEG完全置于节点内。

² 连接功能在[IETF RFC 6371]中被称为前转引擎。

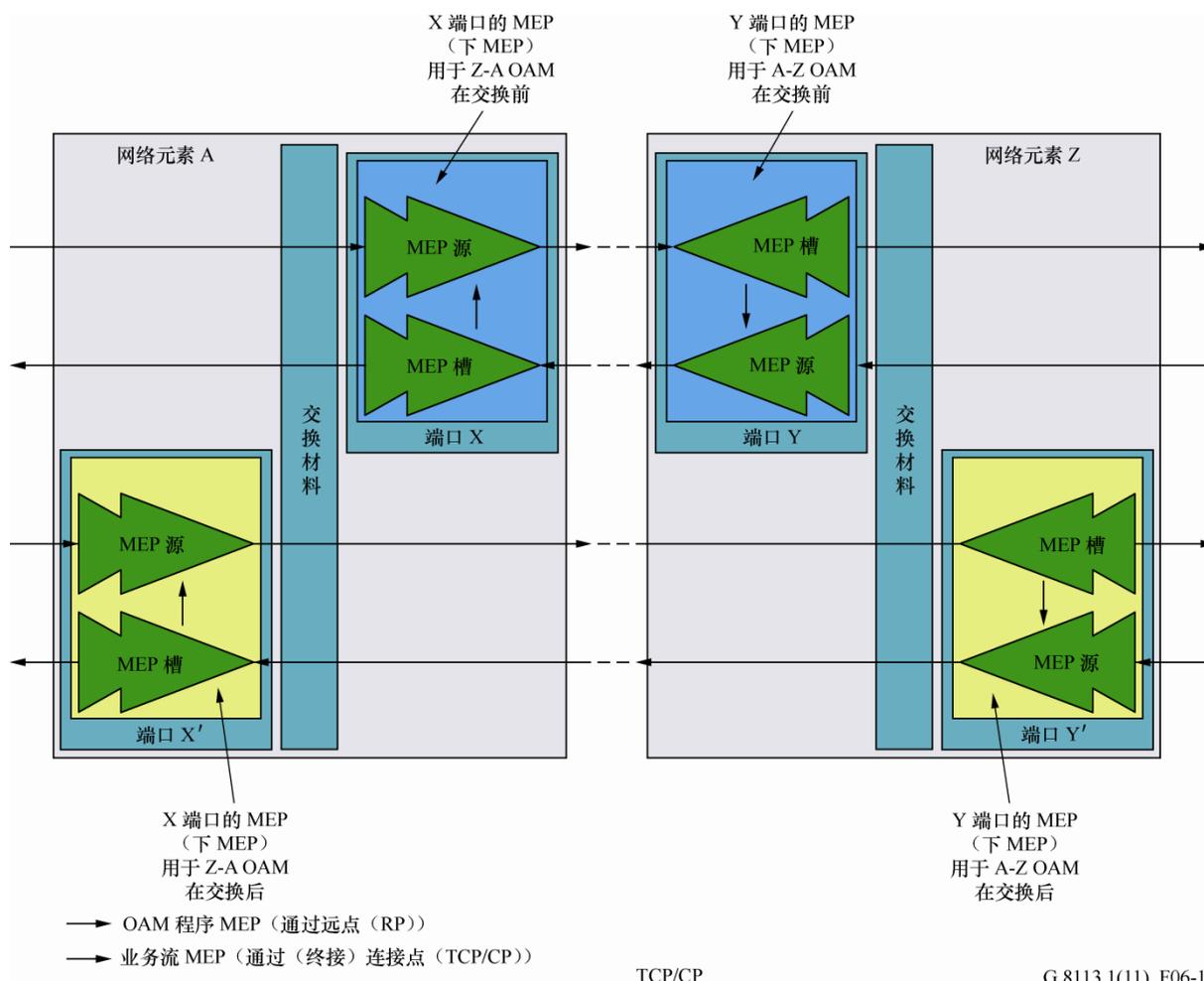


图6-1 — 上/下MEP

在以上图6-1中，通过NE-A X接口端口的传输实体是一个下MEP。同样，NE-Z Y接口端口的MEP也是一个下MEP。请注意，接口端口可支持多个传送实体。在此图中，只显示了一个传送实体。为简化，将两个MEP分别称为 MEP_{AX} 和 MEP_{ZY} 。如果这两个MEP属于同一个MEG（即相互对等），从 MEP_{AX} 到 MEP_{ZY} 的OAM流（如环回OAM包）将通过 MEP_{ZY} 处理（环回），NE-Z连接功能不在此OAM流中。同样，从 MEP_{ZY} 到 MEP_{AX} 的OAM包将通过 MEP_{AX} 处理，不对NE-A连接功能进行经转。

在以上图6-1中，通过NE-A接口端口X'的传输实体是一个上MEP。同样，NE-Z接口端口Y'的MEP也是一个上MEP。如果这两个MEP（ $MEP_{AX'}$ 和 $MEP_{ZY'}$ ）属于同一个MEG，从 $MEP_{AX'}$ 到 $MEP_{ZY'}$ 的OAM包（如环回包）将通过NE-Z的连接功能穿越，之后得到 $MEP_{ZY'}$ 的处理，因此NE-Z的连接功能包含在此OAM流中。同样，从 $MEP_{ZY'}$ 到 $MEP_{AX'}$ 的OAM包将得到 $MEP_{AX'}$ 的处理，并对NE-A连接功能进行经转。

详情见[IETF RFC 6371]。

6.4 MEG中介点（MIP）

MEG中介点（MIP）是一个能够对一些OAM包做出响应并前转所有其它OAM包，同时确保与用户平面向间插的MEG内两个MEP之间的中介点。

一个MIP无法启动推介性OAM包，但可得到MEG的一个MEP启动的OAM包的处理。一个MIP仅在响应发送到所属的MEG的OAM包时生成OAM包。

MIP对MEP之间或MEP与其它MIP之间运行的OAM流是无知的。MIP只能接收或处理向它发送的OAM包。

MIP可能是一个节点MIP，或是一个接口MIP。

节点MIP是位于节点内的MIP。相同节点的相同MEG内没有其它MIP或MEP。

接口MIP是节点接口上的MIP，与连接功能³无关。MIP可与MEG一起处于任何节点的接口入口或接口出口。

具有接口上MEP的MEG边缘节点还可支持连接功能另一端的接口MIP，见图6-2。

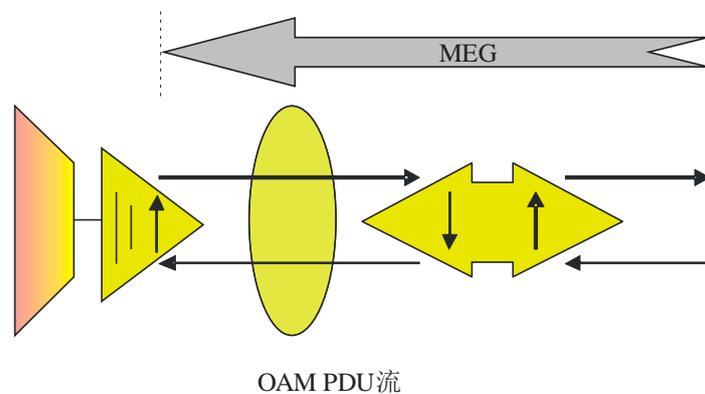


图6-2 — 接口上MEP和MEG边缘节点中的MIP

MEG内中介节点可：

- 支持节点MIP（即节点内非确定位置的节点单一MIP）；或
- 支持接口MIP（即节点两个MIP，前转引擎每端一个，用于共同选择路由的点对点双向连接）。

根据[ITU-T G.8110.1]，MIP在功能上确定为两个背对背半MIP，如图6-3所示。

³ 连接功能在[IETF RFC 6371]中称为前转引擎。

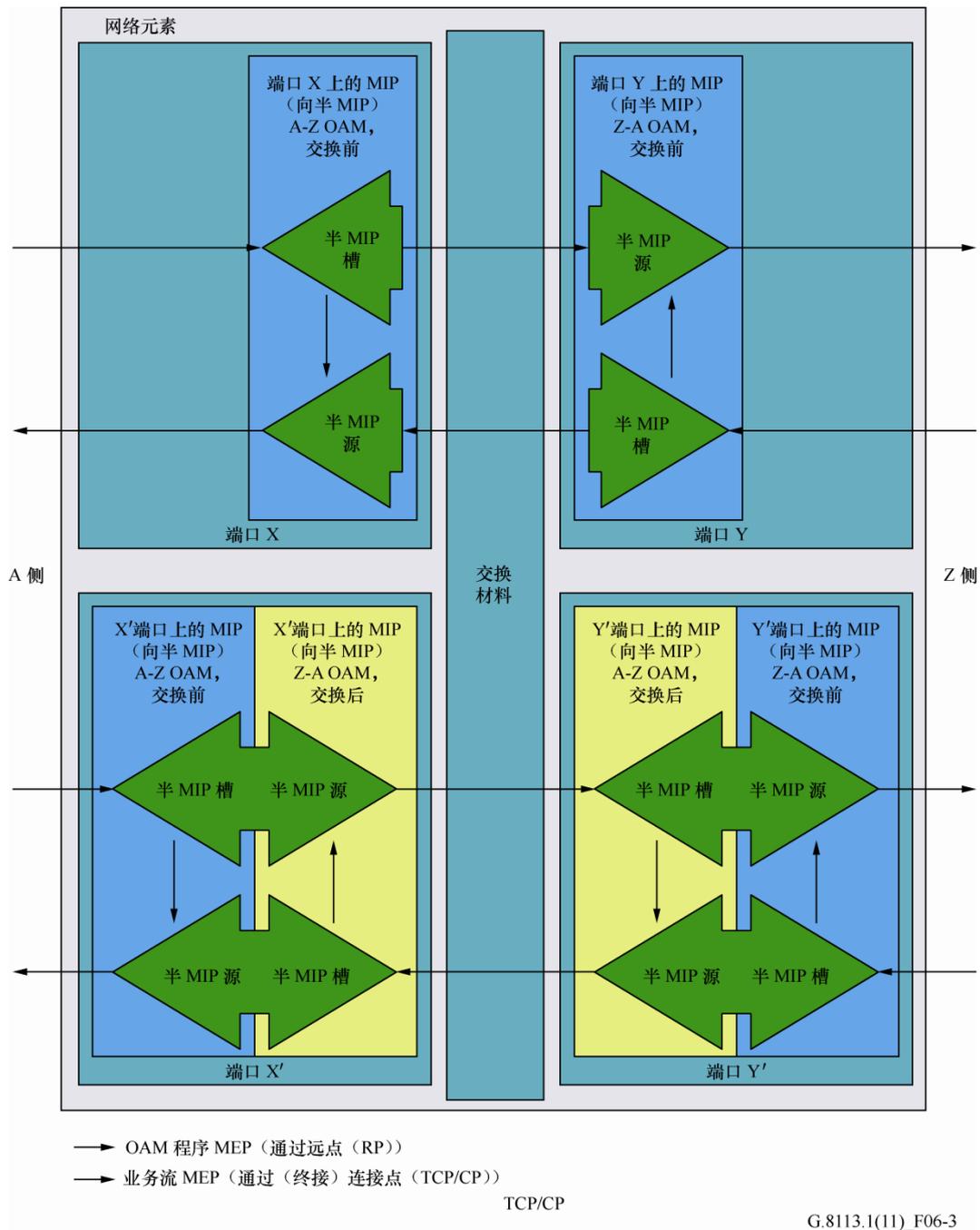


图6-3 上/下半MIP

在以上图6-3中， MIP_{AX} 在NE A侧的接口端口X上， MIP_{ZY} 位于NE Z侧接口端口Y上， $MIP_{AX'}$ 在NE A侧接口端口X'上，而 $MIP_{ZY'}$ 在NE Z侧接口端口Y'上。

MIP_{AX} 是一个下半MIP。它可以对来自A侧的OAM流做出响应并以其为目标。它无法对来自Z侧的OAM流做出响应（即使以其为目标）。

MIP_{ZY} 是一个下半MIP。它可对来自Z侧OAM流做出响应并以此为目标。它无法对来自A侧的OAM流做出响应（即使以其为目标）。

$MIP_{AX'}$ 是一个全MIP，它包括一个下半MIP和一个上半MIP。它可以对来自A侧的OAM流做出响应并以此为目标。它还可以对来自Z侧的OAM流做出回应，并穿越连接功能。

MIP_{ZY}是一个全MIP，它包括一个下半MIP和一个上半MIP。它可以对来自Z侧的OAM流做出响应并以此为目标。它还可对来自A侧并以A侧为目标的OAM流做出响应并穿越连接功能。

6.5 服务器MEP

服务器MEP是具有以下特点的MEG的MEP：

- 定义于“低”层网络，包含并传送所提及的MPLS-TP层网络，或
- 定义于“低”MPLS-TP层网络子层，包含并传送所提及的子层。

服务器MEP与客户端MPLS-TP（子）层网络中的MIP或MEP对应。

服务器MEP还向服务器/MPLS-TP适配功能提供服务器层OAM指示。适配功能保持在服务器（子）层线索上建立的MPLS-TP连接映射状态。

服务器MEP将运行专门针对其（子）层的OAM机制。

7 OAM功能

7.1 确定来自用户业务包的OAM包

为确保适当的操作控制，MPLS-TP网元交换与用户业务包采用完全相同路径的OAM包，也就是说，OAM包将以完全相同的方式得到前转（如间插模式）。这些OAM包可利用[IETF RFC 5586]规定的G-ACh和GAL结构与用户业务包区分开来。

G-ACh是有关各节、LSP和PW的一般性相关控制信道机制，通过该机制可以交换OAM和其它控制消息。

GAL是向LER/LSR通报相关信道字头（ACH）在堆栈底部后出现的基于标签的例外机制。

TTL到期是另外一个例外机制，向中介LSR通报需要处理的OAM包的出现。

7.1.1 G-Ach

一般性相关信道（G-ACh）与承载OAM和其它控制消息的PW控制信道，即虚拟电路连接认证（VCCV）相似，不同的是，它具有一般性，可以通过节、PW、LSP或汇接连接承载这类消息。

具体而言，VCCV使用相关信道字头（ACH）在PW端点之间提供与PW相关的控制信道，交换OAM和其它控制消息。G-ACh是一个相关控制信道，概括ACH对LSP和各节的适用性，同时保持与PW相关信道的兼容性。[IETF RFC 4385]规定的ACH可使用附加代码点支持G-ACh之上的附加OAM功能，对各节、LSP、PW和汇接连接具有共用性。G-ACh的格式[IETF RFC 5586]规定见第8.1小段。

7.1.2 GAL

G-ACh告警标签（GAL）用来标记G-ACh。具体而言，GAL用来表示，包含一个ACH的包后边有一个非业务载荷（即G-ACh包载荷），因此，形成针对LSP、各节和汇接连接的相关控制信道。

GAL提供基于告警的例外机制：

- 将G-ACh包（如OAM、DCC、APS等）与用户业务包区分开来，
- 表明ACH在标签堆后迅速出现。

[IETF RFC 3032]规定的预留标签值专门用于此项功能：所分配的预留标签值为13。GAL必须处于标签堆底部（即S比特设为0）。GAL格式见按照[IETF RFC 5586]拟定的第8.1小段。

7.2 OAM功能规范

表7-1 — OAM功能

应用	OAM功能	
故障管理	主动	连续性检查和连接验证（CC/CV）
		远端缺陷显示（RDI）
		告警显示信号（AIS）
		客户机信号故障（CSF） ⁴
	按需	连接认证（CV）
		诊断测试（DT）
锁定信号（LCK） ⁵		
性能管理	主动	损耗测量（LM）
		延迟测量（DM）
	按需	损耗测量（LM）
		延迟测量（DM）
其它应用	自动保护转换（APS）	
	管理通信信道/信令通信信道（MCC/SCC）	
	具体厂商（VS）	
	实验（EXP）	

7.2.1 用于故障管理的OAM功能

7.2.1.1 用于故障管理的主动OAM功能

7.2.1.1.1 连续性检查和连接认证

来源MEP以配置速率定期发送CC/CV OAM包。MEP槽监测以配置速率到达的这些CC/CV OAM并检测到丢失连续性（LOC）的缺陷。

以下连接认证缺陷也是由此功能发现的：

- 不当合并：两个MEG之间的意外连接；
- 预料外MEP：MEG内部与预料外MEP的意外连接；

以下不当配置缺陷也是由此功能发现的：

⁴ 客户机信号故障（CSF）在[IETF RFC 5860]中称为客户机故障识别（CFI）。

⁵ 锁定信号（LCK）在[IETF RFC 5860]称为锁定报告。

a) 预料外时段：收到CC/CV OAM包的时段字段值不同于配置的CC/CV OAM包速率。

CC/CV主要用于故障管理、性能监测和保护转换。MEP定期在配置的传输时段发送主动CC/CV OAM包。在传送网络中，定义了以下默认传输时段：

- a) 3.33 ms：用来保护转换应用（传输速率为300包/秒）的默认传输时段
- b) 100 ms：用于性能监测应用（传输速率为10包/秒）的默认传输时段
- c) 1 s：用于故障管理应用（传输速率为1包/秒）的默认传输时段

其它传输时段不包含在内，但是，除非使用默认值，否则无法保证预期应用。

7.2.1.1.2 远程缺陷显示

RDI是由MEP向其对等MEP发出的指示，表示存在信号故障条件。当MEP发现信号故障条件时，向对等MEP发出RDI。

RDI仅用于双向连接，与主动CC/CV启动相关。

7.2.1.1.3 告警显示

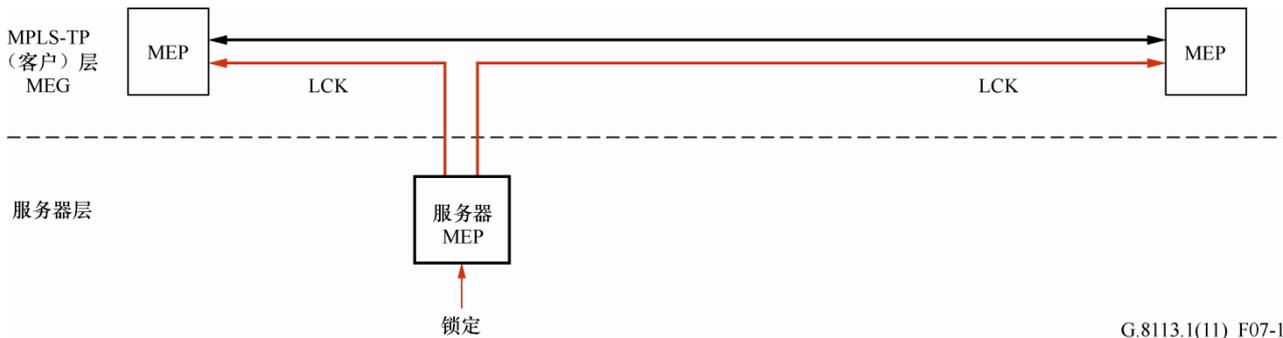
该功能主要用来抑制在服务器（子）层发现缺陷条件后的告警。当服务器MEP确定LOC或信号故障时，设定标志，由此生成OAM包，将AIS信息按下流方向发送至客户（子）层的MEP槽内，从而抑制客户（子）层中的次要告警（LOC等）。

7.2.1.1.4 锁定信号

锁定信号（LCK）功能用来向客户（子）层MEP沟通服务器（子）层MEP的行政锁定和相应的数据业务在客户（子）层的中断。它允许接收具有LCK信息的客户（子）层MEP区分缺陷条件和服务器（子）层MEP的行政锁定行动。需要MEP行政锁定的应用实例包括第7.2.1.2.2段所述业务中断诊断测试。

当服务器MEP受到行政锁定时，它设置一个标志，产生具有LCK信息的OAM包并通过上游和下游方向前转至客户（子）层MEP，直至行政锁定条件消除（见图7-1）。

注 — 当服务器MEP受到行政锁定时，服务器（子）层被阻止承载用户业务。服务器MEP来源阻挡任何客户（子）层从上游收到的将通过服务器（子）层前转的业务。然而，它允许在本地生成客户（子）层LCK包，通过服务器（子）层加以传送。服务器MEP槽阻止任何客户（子）层将从服务器层收到的业务转发至下游。



G.8113.1(11)_F07-1

图 7-1 – LCK传输实例

7.2.1.1.5 客户信号故障

该功能使用OAM包处理客户缺陷并将客户信号缺陷传播至相关远端MEP。该功能通常用于以下情况，即MPLS-TP线索客户不支持原缺陷/告警显示机制。

7.2.1.2 用于故障管理的应需OAM功能

7.2.1.2.1 连接认证

应需连接认证（CV）可以为排除故障检测故障。应需CV可用来检查整个MEG（端对端）或只检查MEP和具体MIP之间的部分。当应需CV功能在MEP上得到启动时，OMA CV请求包从MEP发往目标MIP或MEG之内的MEP。始发MEP预期收到来自目标MIP或MEP的具有CV应答信息的OAM包。在收到OAM CV请求包信息后，接收MIP或MEP予以认证并将具有CV应答信息的OAM包发送至始发MEP。

7.2.1.2.2 诊断测试

诊断测试（DT）功能用来进行带宽通量、包耗损和比特误码估算等诊断测试，在MEG的一个方向发送OAM诊断测试包。

- a) 在进行业务中断测试时，来源MEP经中断业务测试配置后发送LCK包以抑制次要告警，客户数据业务在MEG中中断，OAM诊断测试包发出以实现该功能。

注一 当进行中断业务测试时，MEP亦在相同方向的临近客户（子）层生成LCK包，同时发送DT包（见图7-1），在进行通量衡量测试时需将此考虑在内。

- b) 在执行业务中测试功能时，数据业务不得中断，OAM诊断测试包必须如此发送以便使用有限的业务带宽。

注 – 在进行业务中测试时，DT包可影响到数据业务。

当启动MEP上的诊断测试功能时，与MEP相关的测试信号生成器可发送OAM诊断测试包，频次与信号生成配置相同。各DT包使用具体序号发送。不同的序号用于不同DT包，在同一分钟内不得重复相同MEP的序号。

当MEP收到OAM诊断测试包时，进行审查以确保有效。如接收MEP为诊断测试功能而配置，与MEP相关的测试信号检测器检测到所接收的DT包伪随机比特序列中的比特误码并报告这些错误。此外，当接收MEP为中断业务测试而配置时，它也会在客户（子）层收到DT包的方向生成LCK包。

7.2.2 用于性能监测的OAM功能

7.2.2.1 用于性能监测的主动OAM功能

7.2.2.1.1 主动损耗测量

主动损耗测量功能用于性能监测。它的执行具有延续性，结果用来认证性能是否符合服务水平协议（SLA）。该功能用来测量连接中的包丢失情况。为执行损耗测量功能（LM），MEP定期向对等MEP发送具有LM信息的OAM包。同样，从对等MEP接收具有LM信息的包。各MEP执行对造成不可用时间的包丢失测量。由于双向服务在两个方向中任何一个方向不可用时被定义为不可用，LM必须使各MEP执行近端和远端包丢失测量。

注 — 对于MEP，近端包丢失指与入口数据包相关的包丢失，而远端包丢失指与出口数据包相关的包丢失。近端和远端包丢失测量造成近端严重误码秒（近端SES）和远端严重误码秒（远端SES），二者共同造成不可用时间，与[ITU-T G.826]和[ITU-T G.7710]的规定相似。

7.2.2.2 用于性能监测的应需OAM功能

7.2.2.2.1 应需损耗测量

应需损耗测量（LM）功能用于维护。该功能是在所配置的具体时间间隔内进行的，其结果可用于诊断和分析。该功能用来测量连接的包丢失情况。为执行LM功能，MEP将具有LM信息的OAM包发送至对等MEP，同时从对等MEP接收具有LM信息的包。各MEP执行包丢失测量，但测量不会造成SES和连接的不可用时间。

对于MEP，近端包丢失指与入口数据包相关的包丢失，而远端包丢失指与出口数据包相关的包丢失。

7.2.2.2.2 应需延迟测量

应需延迟测量（DM）功能用于维护。它是在配置的具体时间间隔内执行的，其结果用于诊断和分析。该功能用来测量连接中的包延迟和包延迟变化。DM功能可以两种方式执行：单向DM和双向DM。

当启动MEP执行应需延迟测量功能（DM）时，它向其对等MEP定期发送具有DM信息的DM包（如时间标记）。它还从对等MEP收到具有DM信息的包。包延迟（PD）和包延迟变化（PDV）测量来源于DM包中的DM信息。单个PD和PDV原始测量（而不是摘要统计数据）将报告给维护系统或用于分析和诊断。

应需DM执行的处理细节类似于主动DM。

7.2.3 其它功能

7.2.3.1 自动保护转换（APS）通信

自动保护转换（APS）通信使MPLS-TP节点得以通过通用相关信道(G-ACh)交换保护转换控制。

APS通信的具体使用情况不在本建议书范围之内

7.2.3.2 管理通信信道/信令通信信道

管理通信信道（MCC）和信令通信信道（SCC）使MPLS-TP节点得以通过通用相关信道（G-ACh）交换管理平面和控制平面消息。

MCC和SCC的具体使用情况不在本建议书范围之内。

注 — MPLS-TP MCC和SCC定义见[ITU-T G.7712]和[IETF RFC 5718]。

7.2.3.3 具体厂商

具体厂商（VS）功能可由设备厂商使用。具体厂商功能的互操作性不得跨越不同厂商设备。

协议设计可以使不同具体厂商协议相互区别/并与标准协议区、实验协议以及其它具体厂商协议区分开来。

具体厂商功能的应用不在本建议书范围内。

7.2.3.4 实验

实验（EXP）功能可临时在行政范围内使用。实验功能的互操作性不得跨越不同行政领域。

有关协议涉及可以使不同协议相互区别开来/与标准协议、具体厂商协议以及其它实验协议相区别。

试验功能的具体应用不在本建议书范围内。

8 OAM包格式

8.1 通用OAM包

GAL格式见以下图8-1：

1								2								3								4							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
标签 (13)																TC		S	TTL												

图8-1 — GAL格式

[IETF RFC 5586]将GAL值规定为13。

标签堆栈条目（LSE）的业务登记（TC）字段（之前成为EXP字段）包含GAL，符合[IETF RFC 5462]规定的定义和处理规则。

S比特设为1。GAL永远处于标签堆的底部。

LSE的生存周期（TTL）字段包含GAL，必须至少设置为1，符合[IETF RFC 3443]规定的定义和处理规则。

相关信道字头格式见以下图8-2:

1				2				3				4											
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
0001				版本(0)				预留(0)				信道类型											

图8-2 — ACH格式

第一个四位字节设为0001b, 表示与[IETF RFC 5586]规定的PW、LSP或节相关的控制信道。

版本字段按[IETF RFC 5586]设为0。

预留字段按[IETF RFC 5586]设为0并忽略接收。

信道类型表示相关控制信道承载的具体OAM协议。

划分的信道类型值的登记由IANA维护[b-IANA PW Reg]。本建议书使用的数值见以下表8-1:

表8-1 — 信道类型值

信道类型值	描述	参考条款
0x0001	管理通信信道 (MCC)	8.3
0x0002	信令通信信道 (SCC)	8.4
0xXXXX	基于G.8013的OAM	8.2

8.2 基于ITU-T G.8013的OAM PDU格式

该条款阐述了为满足[ITU-T G.8013]第7条所述OAM功能要求而使用的不同OAM PDU类型的信息元素和格式。

在MPLS-TP OAM框架[IETF RFC xxxx]中, OAM包不同于使用G-ACh结构(见7.1段)的用户数据包, 它们针对利用现有MPLS转发机制的MEP或MIP标签堆栈和TTL到期。因此可以重复使用[ITU-T G.8013]定义的MPLS-TP之内的OAM PDU并将其纳入G-ACh。

ACH信道类型(0xXXXX)必须识别OAM PDU的出现。在OAM PDU中, [ITU-T G.8013]定义的OpCode字段确定具体的OAM PDU, 见以下图8-3:

	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
1	0	0	0	1	版本(0)				0	0	0	0	G.8013 OAM PDU (0xXXXX)											
1	MEL		版本(0)		OpCode				标志				TLV偏移											
5																								
:																								
:																								
最后	终止 TLV (0)																							

图8-3 — 基于[ITU-T G.8013]的通用OAM包格式

MEL 字段可配置。传输默认值设为“111”，在接收时检查是否符合[ITU-T G.8013]。

OpCode字段确定OAM PDU类型。ITU-T在[ITU-T G.8013]中维护所划分的OpCode值登记。本建议书使用的数值见以下表8-2:

表8-2 — OpCode 值

OpCode 值	OAM PDU 类型	OpCode与MEP/MIP的相关性
1	CCM	MEPs
3	LBM	MEPs和MIPs (连接认证)
2	LBR	MEPs和MIPs (连接认证)
33	AIS	MEPs
35	LCK	MEPs
37	TST	MEPs
39	APS	MEPs
43	LMM	MEPs
42	LMR	MEPs
45	IDM	MEPs
47	DMM	MEPs
46	DMR	MEPs
49	EXM	不在本建议书范围内
48	EXR	不在本建议书范围内
51	VSM	不在本建议书范围内
50	VSR	不在本建议书范围内
52	CSF	MEPs

版本、标志和TLV偏移的设置与具体OpCode相关，见[ITU-T G.8013]。

TLV的一般格式见[ITU-T G.8013]图9.1-2。

所划分类型值登记由ITU-T维护在[ITU-T G.8013]中。本建议书使用的数值见以下表8-3。

表8-3 — 类型值

类型值	TLV名称
0	终止TLV
3	数据TLV
32	测试TLV
33	目标MEP/MIP ID TLV
34	回复MEP/MIP ID TLV
35	请求MEP ID TLV

8.2.1 连续性检查消息 (CCM)

[ITU-T G.8013]定义了CCM PDU。按照第8.2段所述，当纳入MPLS-TP时，它可用来支持以下MPLS-TP OAM功能要求：

- 主动连续性检查 ([IETF RFC 5860]第2.2.2节)；
- 主动连接认证 ([IETF RFC 5860]第2.2.3节)；
- 主动远程缺陷显示 ([IETF RFC 5860]第2.2.9节)；
- 主动包丢失测量 ([IETF RFC 5860]第2.2.11节)；

生成并处理CCM PDU的程序见第9.1.1段。

为执行主动连接认证，CCM包包含来源MEP全球独一无二的标示符，它是全球独一无二的MEG ID与MEP ID的组合，在维护实体组中独树一帜。

MEG ID的一般性格式定义见[ITU-T G.8013]图A-1。MEG ID可以采用不同格式：MEG ID格式类型是由MEG ID格式字段确定的。

基于ICC的MEG ID格式规定见[ITU-T G.8013]附件A。该格式适用于MPLS-TP各节、LSP和PW。

MPLS-TP亦支持基于IP的MEG ID格式。这些格式不在本版建议书范围内⁶。

8.2.2 OAM环回 (LBM/LBR)

[ITU-T G.8013]定义了LBM/LBR PDU。在按照第8.2段包含在MPLS-TP时，它可用来支持以下MPLS-TP OAM功能：

- 应需双向连接认证 (见[IETF RFC 5860]第2.2.3节)；
- 双向业务中或业务中断诊断测试 ([IETF RFC 5860]第2.2.5节)。

生成和处理LBM和LBR PDU的程序见第9.1.2段。

为适当确定对象MEP/MIP，须针对LBM。LBM PDU必须包含目标MEP/MIP ID TLV：该TLV总是出现在LBM PDU中，并永远处于TLV顶端（即它开始于TLV偏移字段所显示的偏移）。

为适当确定以下LBM PDU作出回复的实际MEP/MIP，LBR PDU必须将回复MEP/MIP ID TLV包含在内：该TLV总是出现在LBR PDU中，同时总处于TLV顶端（即它开始于TLV偏移字段所属偏移）。

注 一 为简化基于硬件的实施，这些TLV已确定具有固定位置（通过TLV偏移字段显示）和固定长度（见第8.2.2.1段）。

值得注意的是，目标MEP/MIP ID以及回复MEP/MIP ID TLV使用的MEP/MIP标识在MEG范围内必须是独一无二的。当LBM/LBR OAM用于连接认证时，仅依赖于这些TLV在一些情况下很难确定连接不当问题。为确定这些连接不当的配置，LBM PDU可承载请求MEP ID TLV，以便提供启动LBM PDU的MEP全球独一无二的标识。当请求MEP ID TLV出现在LBM PDU中时，回复MIP MEP必须检查所收到的请求MEP标识符是否与预期请求MEP标识符匹配。在此情况下LBR PDU必须承载请求MEP ID TLV以便向MEP确认，LBR PDU已发送至请求MEP ID TLV，并在回复前得到检查。

⁶ IETF正在定义MEG ID基于IP的格式：见[b-IETF tp-id]。

当LBM/LBR OAM用于双向诊断测试时，请求MEP ID TLV从不包含在内。

LBM LBR PDU格式见图8-4和图8-5。

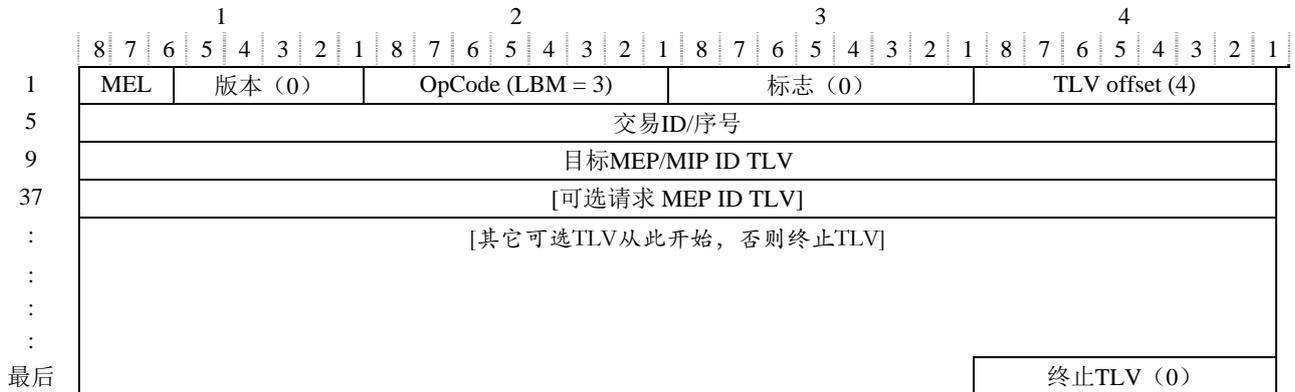


图8-4 — LBM PDU格式

目标MEP/MIP ID TLV总是作为LBM PDU中第一个TLV出现。在出现时，请求MEP ID TLV总是跟在LBM PDU内目标MEP/MIP ID TLV之后。

注 — 当LBM包发送至目标MIP时，来源MEP便知道向目标MIP的跳数，同时按照[IETF RFC xxxx]设定TTL字段。

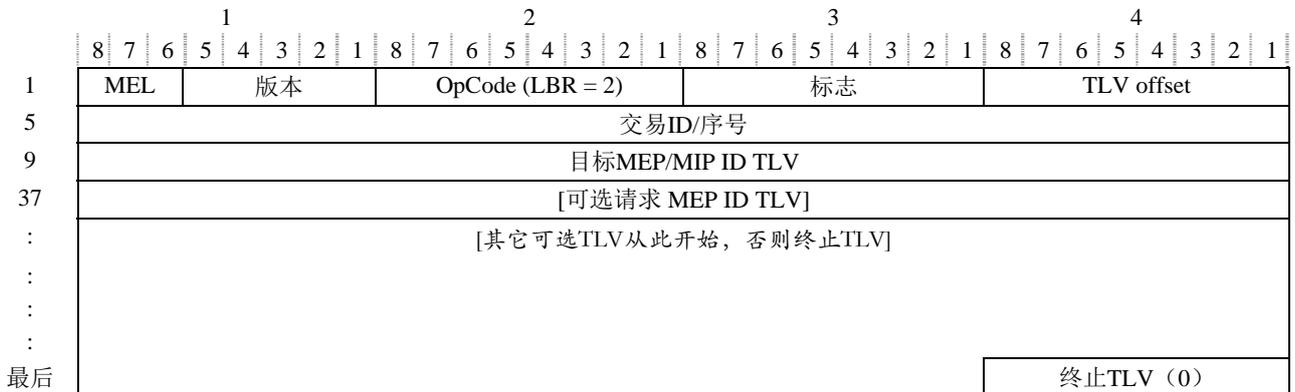


图8-5 — LBR PDU格式

回复MEP/MIP ID在LBR PDU中总是作为第一个TLV出现。在出现时，请求MEP ID TLV总是跟随LBR PDU之内的回复MEP/MIP ID TLV。

8.2.2.1 目标和回复MIP/MEP ID TLV

MIP/MEP ID TLV的格式见图8-6和图8-7。

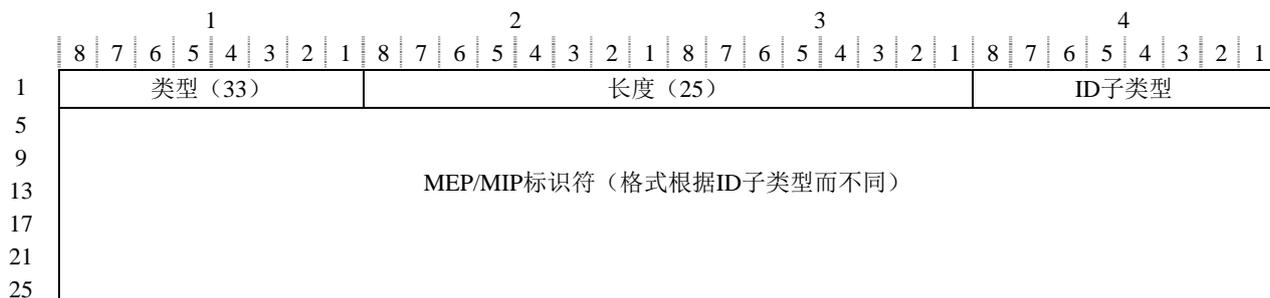


图8-6 — 目标MEP/MIP ID TLV格式



图8-7 — 回复MEP/MIP ID TLV格式

MEP/MIP标识的不同格式可定义为：格式类型由MEP/MIP ID子类型字段确定（见表8-4）。

表8-4 — MEP/MIP标识符子类型值

ID子类型	MEP/MIP标识符名称	MEP/MIP标识符长度
0x00	发现入口/节点MEP/MIP	0
0x01	发现出口MEP/MIP	0
0x02	基于ICC的MEP ID	2字节
0x03	基于ICC的MIP ID	14字节
0x04-0xFF	预留	

“发现入口/节点MEP/MIP”和“发现出口MEP/MIP”标识符只能在LBM PDU之内使用（不得出现在LBR PDU中），用来发现与启动LBM PDU的MEP具有TTL距离的MEP或MIP标识符。

承载“发现入口/节点MEP/MIP”的目标MEP/MIP TLV格式见图8-8。

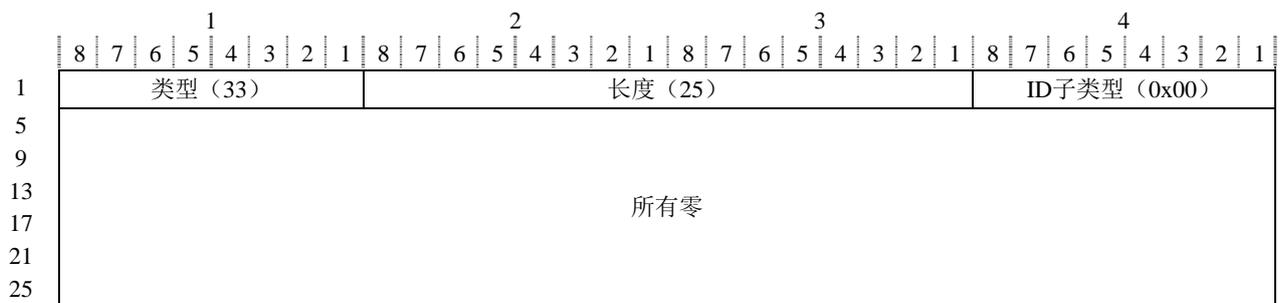


图8-8 — 目标MEP/MIP ID TLV格式(发现入口/节点MEP/MIP)

承载“发现出口MEP/MIP”的目标MEP/MIP ID TLV格式见图8-9。



图8-9 — 目标MEP/MIP ID TLV格式（发现出口MEP/MIP）

承载“基于ICC的MEP ID”的目标或回复MEP/MIP ID TLV格式见图8-10。

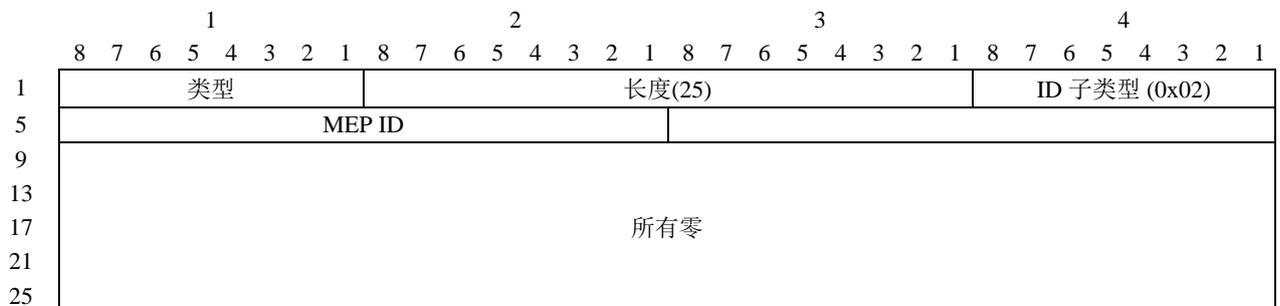


图8-10 — 目标或回复MEP/MIP ID TLV格式（基于MCC的MEP ID）

MEP IP是确定MEG内发射MEP的16位整数值。

承载“基于ICC的MIP ID”的目标或回复MEP/MIP ID TLV格式见图8-11。

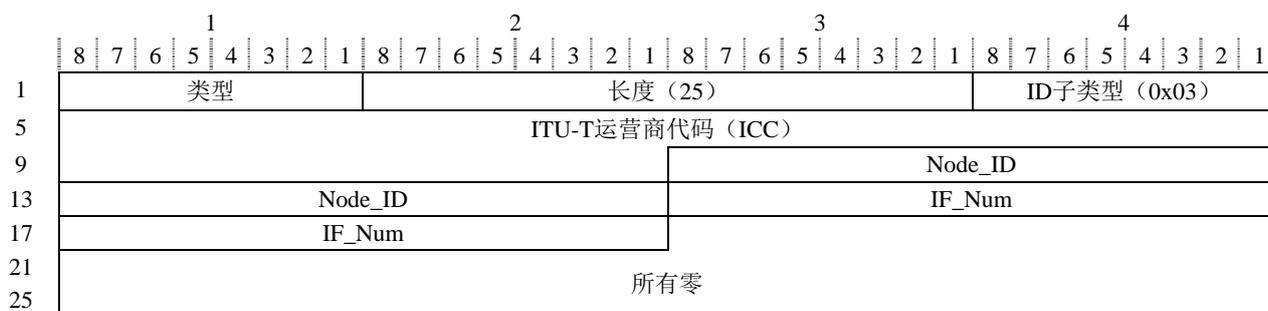


图8-11 — 目标或回复MEP/MIP ID TLV格式 (基于ICC的MIP ID)

ITU-T运营商代码 (ICC) 是分配给网络运营商/服务提供商的代码, 由ITU-T电信标准化局 (TSB) 按照[ITU-T M.1400]加以维护。

Node_ID是MIP所处节点的数字标识符。该标识符的分配是由指定ICC的组织进行的, 前提是确保在该组之内的唯一性。

IF_Num是面向服务器层线索的接入点 (AP) 的数字标识符, 它既可以是MPLS-TP或非MPLS-TP服务器层, 每接口MIP处于此接入点。该标识符的分配取决于MIP所处节点, 前提是确保该节点内的唯一性。请注意, IF_Num保留值0以确定为节点MIP。

MPLS-TP还支持基于IP的MIP和MEP标识符格式。这些格式不在本版建议书范围内。⁷

8.2.2.2 请求MEP ID TLV

请求MEP ID TLV的格式见图8-12。

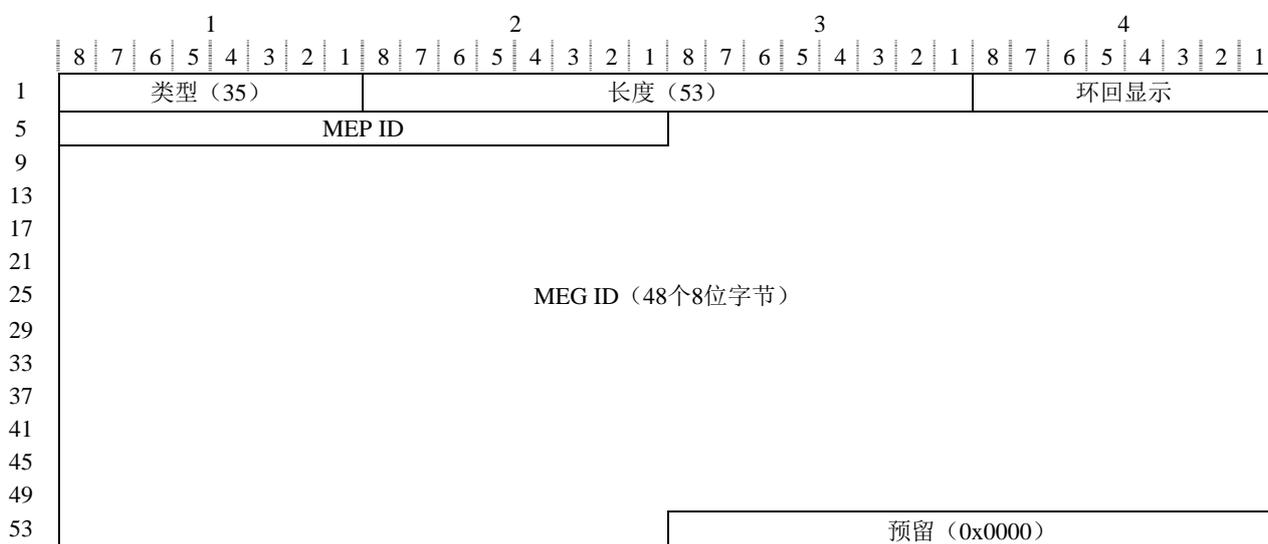


图8-12 — 请求MEP ID TLV格式

MEP ID和MEG ID按照第8.2.1段的规定承载全球独一无二的MEP ID。

传输预留位设为全零, 在接收时忽略不计。

⁷ IETF正在定义基于IP的MIP和MEP格式: 见[b-IETF tp-id]。

环回指示在TLV插入LBM PDU时设为0x0000，并在插入LBR PDU时设为0x0001。这样做是为显示，生成LBR PDU的节点已检查了该TLV值。

8.2.3 告警显示信号 (AIS)

[ITU-T G.8013]规定的AIS PDU按照第8.2段的规定包含在MPLS-TP时，可用来支持告警报告MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]第2.2.8节)。

生成并处理AIS PDU的程序见第9.1.3段。

8.2.4 锁定信号 (LCK)

LCK PDU的定义见[ITU-T G.8013]。在按照第8.2段的规定包含在MPLS-TP时，可用来支持锁定报告MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]第2.2.7节)。

生成和处理LCK PDU的程序见第9.1.4段。

8.2.5 测试 (TST)

[ITU-T G.8013]规定了TST PDU。在按照第8.2段得规定包含在MPLS-TP时，可用来支持单向服务中或服务中端诊断测试MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]第2.2.8节)。

生成和处理TST PDU的程序见9.1.5段。

8.2.6 损耗测量消息/损耗测量回答 (LMM/LMR)

LMM/LMR PDU的规定见[ITU-T G.8013]。当按照第8.2段的规定包含在MPLS-TP中时，可用来支持应需包丢失测量MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]第2.2.11节)。

生成和处理LMM和LMR PDU的程序见第9.1.6段。

8.2.7 单向延迟测量 (1DM)

1DM PDU的规定见[ITU-T G.8013]。当按照第8.2段的规定包含在MPLS-TP中时，可用来支持应需单向包延迟测量MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]第2.2.12节)。

生成和处理1DM PDU的程序见9.1.7段。

8.2.8 双向延迟测量 (DMM/DMR)

DMM/DMR协议数据单元 (PDU) 的规定见[ITU-T G.8013]。当按照第8.2段的规定包含在MPLS-TP中时，可用来支持应需双向包延迟测量MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]第2.2.12节)。

生成和处理DMM/DMR PDU的程序见9.1.8段。

8.2.9 客户信号故障 (CSF)

[ITU-T G.8013]定义了CSF PDU。当按照第8.2段的规定包含在MPLS-TP内时，可用来支持客户故障显示MPLS-TP OAM功能要求 ([IETF RFC 5860]中的第2.2.10节)。生成和处理CSF PDU的程序见第9.1.9段中的规定。

8.2.10 自动保护转换 (APS)

APS PDU支持有关MPLS-TP保护转换协调要求。

APS PDU的通用格式见[ITU-T G.8013]。APS PDU的完整格式和相关程序不在[ITU-T G.8013]和本建议书的范围内。

8.2.11 实验 (OAM) 消息/实验 (OAM) 回答 (EXM/EXR)

EXM/EXR PDU支持有关MPLS-TP实验功能要求。

EXM/EXR PDU的通用格式见[ITU-T G.8013]。EXM/EXR PDU的完整格式和相关程序不在[ITU-T G.8013]和本建议书的范围内。

8.2.12 具体厂商OAM消息/具体厂商OAM回答 (VSM/VSR)

VSM/VSR PDU支持有关支持MPLS-TP具体厂商功能的要求。

VSM/VSR PDU的通用格式见[ITU-T G.8013]。VSM/VSR PDU的完整格式和相关程序不在[ITU-T G.8013]和本建议书的范围内。

8.3 管理通信信道 (MCC)

通过ACH和相关程序承载管理通信的包格式 (即MCC包) 规定见[ITU-T G.7712]和[IETF RFC 5718]。

8.4 信令通信信道 (SCC)

通过ACH和相关程序承载信令通信的包格式 (即SCC包) 的规定见[ITU-T G.7712]和[IETF RFC 5718]。

9 MPLS-TP OAM程序

9.1 基于ITU-T G.8013 PDU的MPLS-TP OAM程序

处理ITU-T G.8013 OAM PDU的高层程序见[ITU-T G.8013]中的描述。独立于技术的程序亦适用于MPLS-TP OAM。

有关处理ITU-T G.8013 OAM PDU的更详细和正规程序见[ITU-T G.8021]。尽管[ITU-T G.8021]内容针对以太网, 独立于技术的程序亦适用于MPLS-TP OAM。

该段描述了基于[ITU-T G.8013]和[ITU-T G.8021]独立于技术程序的MPLS-TP OAM程序。

9.1.1 连续性检查消息 (CCM) 程序

CCM PDU格式规定见第8.2.1段。

在可以生成CCM时, MEP利用运营商制定的周期和PHB生成CCM OAM包:

- MEL字段设为配置值 (见第8.2段);
- 版本字段设为0 (见第8.2段);
- OpCode字段设为01 (见第8.2.1段)
- 如MEP确认信号文件, 则设置RDI标志。否则, 清除;
- 将预留标志设为0 (见第8.2.1段);

- 按照规定的周期性设置周期字段见 ([ITU-T G.8013]表9-3)；
- TLV偏移字段设为70（见第8.2.1段）；
- 序号设为0（见第8.2.1段）；
- MEP ID和MEG ID字段通过设置承载所配置的数值；
- 如可以进行主动损耗测量，使用向对等MEP发射的概要文件内数据包计数器的目前数值设置TxFCf字段。否则将其设为0。
- 如可以进行主动损耗测量，使用从对等MEP收到的概要文件内数据包计数器的目前数值设置RxFCb。否则，将其设为0。
- 如可以进行主动损耗测量，使用从对等MEP最后收到的CCM PDU TxFCf数值设置TxFCb字段。否则，将其设为0。
- 预留字段设为0（见第8.2.1段）；
- 在预留字段后插入终止TLV（见第8.2.1段）。

注1 — CCM的发射期永远在配置期限内，除非运营商重新配置，否则不会变化。CCM PDU中的周期字段使用发射MEP配置的发射周期值发送。

当MEP收到CCM OAM包时，检查各种字段（见[ITU-T G.8021]图8-19）。可发现的[ITU-T G.8021]第6.1段所述缺陷包括：LOC缺陷（dLOC）、预料外MEG水平缺陷（dUNL）⁸、不当合并缺陷（DMMG）、预料外MEP缺陷（DUNM）、预料外周期性缺陷（DUNP）、预料外优先缺陷（DUNPR）和RDI缺陷（DRDI）。

如版本、MEL、MEG和MEP字段有效并可使用主动损耗测量，按[ITU-T G.8021]第8.1.7.4段所述规定处理包计数器字段数值。

CCM包还可测量同路由点对点双向MPLS-TP连接的主动双端点包丢失。

在为主动损耗测量配置时，MEP定期使用以下信息元素TxFCf、RxFCb、TxFCb（如上所述）发送CCM包。

在为主动损耗测量配置时，MEP在收到CCM包后使用以下数值进行近端和远端损耗测量：

- 在收到CCM包时所收到的CCM包的TxFCf、RxFCb[tc]、TxFCb[tc]数值和本地计数器RxFCI数值。这些数值用TxFCf[tc]、RxFCb[tc]、TxFCb[tc]和RxFCI[tc]表示，其中tc是当前帧的接收时间。
- 在收到前一个CCM包时TxFCf、RxFCb和TxFCb数值和本地计数器RxFCI数值。这些数值用TxFCf[tp]、RxFCb[tp]、TxFCb[tp]和RxFCI[tp]表示，其中tp是前一个包的接收时间。

$$\text{packet loss}_{\text{far-end}} = |\text{TxFCb}[\text{tc}] - \text{TxFCb}[\text{tp}]| - |\text{RxFCb}[\text{tc}] - \text{RxFCb}[\text{tp}]|$$

$$\text{packet loss}_{\text{near-end}} = |\text{TxFCf}[\text{tc}] - \text{TxFCf}[\text{tp}]| - |\text{RxFCI}[\text{tc}] - \text{RxFCI}[\text{tp}]|$$

注2 — 对于双端点损耗测量，计数器不记有关LMM/LBR、LMM/LMR、DMM/DMR、IDM、TST和CCM的应需OAM包。然而，记入有关APS的主动OAM包。

⁸ 如使用MEL的默认值,不会出现dUNL缺陷。

9.1.2 OAM环回（LBM/LBR）程序

LBM/LBR PDU格式规定见第8.2.2节。

在执行业务中断OAM环回功能时，客户数据业务在诊断的ME中中断。为中断业务测试配置的MEP在最接近的客户（子）层发送LCK包（如第9.1.4段所述）。

在执行业务中OAM环回功能时，客户数据业务不被中断，具有LBM/LBR信息的包在传送中只使用有限的业务带宽。具有LBM/LBR信息的包的周期性是预先设定的。

注1 — 发送LBR/LBM信息包的最大速率（不对业务中LBR/LBM客户数据业务造成任何不良影响）不在本建议书的范围内。LBM/LBR功能使用者和业务使用者之间可以相互达成协议。

注2 — 其它诸如LBM/LBR信息传输速率、测试总间隔等配置信息元素可能必不可少。这些配置信息元素不在本建议书范围内。

LBM/LBR PDU格式见第8.2.2段，详情见[ITU-T G.8013]第9.3和9.4段。

当MEP启动应需OAM环回时（请求）MEP向MEP之一或对等MEP生成和发送具有周期性的LBM OAM包和运营商配置的PHB：

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为03（见第8.2.2段）；
- 标志字段设为全零（见第8.2.2段）；
- TLV偏移字段设为4（见第8.2.2段）；
- 交易字段为4个八位字节字段，包含有关环回测量的交易ID/序号；
- 目标MEP/MIP ID设为承载配置值；

注3 — 在执行发现功能时，目标MEP/MIP-ID配置为“发现入口/节点MEP/MIP”或发现“出口MEP/MIP”。

- 始发者MEP-IP TLV在配置的情况下插入，设为承载配置值；

注4 — 在执行双向诊断测试功能时，始发者MEP ID配置为不被发送。

- 可选TLV字段的长度和内容在请求MEP处是可被配置的。内容可以是测试模式或可选检查合。测试模式事例包括伪随机比特序列（PRBS）（ $2^{31}-1$ ）（见第5.8/O.150小段），全“0”模式等。对于双向诊断测试应用，测试信号生成器和与MEP相关的测试信号检测器需要配置。

- 终止TLV字段设为全零（见第8.2.2段）。

当（接收）MIP或（接收）MEP收到有效LBM时，生成一个LBR包并由接收MIP/MEP将其发送至请求MEP：

- MEL字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- 版本字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- OpCode字段设为2（见第8.2.2段）；

- 标志字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- TLV偏移字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- 交易字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- 目标MEP/MIP ID和始发者MEP ID字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- 可选TLV字段设为从最后收到的LBM PDU复制的值；
- 终止TLV字段在最后TLV字段后插入，设为从最后收到的LBM PDU复制的值。

注 5 — LBR传输周期永远与LBR传输周期相同。

9.1.3 告警显示信号（AIS）程序

AIS PDU格式见第8.2.3段。

当服务器层线索终止槽确定信号故障时，通知服务器/MT_A_Sk功能，启动aAIS后续行动。aAIS在服务器层线索终止清除了信号故障条件后被清掉并通知服务器/MT_A_Sk。

当aAIS后续行动启动时，服务器/MT_A_Sk不断生成MPLS-TP OAM包，在aAIS后续行动结束前承载AIS PDU；

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode设为33（见第8.2.3段）；
- 预留标志设为0（见第8.2.3段）；
- 周期字段按照配置周期设置见（[ITU-T G.8013]表9-4）；
- TLV偏移设为0（见第8.2.3段）；
- 终止TLV在TLV便宜字段后插入（见第8.2.3段）。

建议每秒生成一次AIS。

所生成的AIS包在入局数据流中插入，出局数据流包含入局包并生成AIS包。

当MEP收到具有正确的MEL值的AIS包时，它检测到第6.1段[ITU-T G.8021]所述dAIS缺陷。

9.1.4 锁定信号（LCK）程序

LCK PDU格式定义见第8.2.4段。

当运营商对服务器层线索的接入进行行政锁定时，服务器/MT_A_So和服务器/MT_A_SK功能启动aLCK后续行动。aLCK在服务层线索接入受到行政解锁时被清楚

当aLCK相应行动启动时，服务器/MT_A_So和服务器/MT_A_Sk不断在双向生成承载LCK PDU的MPLS-TP OAM包直至aLCK相应行动结束：

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为35（见第8.2.4段）；
- 预留标志设为0（见第8.2.4段）；

- 周期字段按照配置周期设置（见[ITU-T G.8013]表9-4）；
- TLV偏移设为0（见第8.2.4段）；
- 终止TLV在TLV偏移字段后插入（见第8.2.4段）。

建议每秒生成一次LCK。

当MEP收到具有正确MEL值的MCK包时，它监测到 [ITU-T G.8021] 第6.1段所述dLCK缺陷。

9.1.5 测试（TST）程序

TST功能可以在点对点MPLS-TP连接中的一对对等MEP之间进行按需服务中或服务中断单向诊断测试。这包括确认带宽通量、检测比特误码等。

TST PDU格式规定见本建议书第8.2.5段，详细规定见[ITU-T G.8013]第9.9段。

当执行业务中断TST功能时，被诊断的ME中的客户数据业务中断。为中断业务测试配置的MEP按照第9.1.4段的规定在最近的客户（子）层发送LCK包。

当执行业务中TST功能时，客户数据业务中断，TST信息包在发送时使用有限的业务带宽。TST信息包的周期是预定的。

注1 — 在对业务中TST客户数据业务不造成任何不良影响的情况下发送TST信息包的最大速率不在本建议书范围内。MS-TST功能用户和业务用户之间可相互达成协议。

注2 — 可增加其它配置信息元素，如TST信息发射速率、测试的总间隔等。这些附加配置信息元素不在本建议书范围内。

MIP对于TST包而言是透明的，因此不需要为支持TST功能获得任何配置信息。

在可以对MEP进行按需诊断测试时，定期生成TST OAM包并将其发送给相同ME中的对等MEP。接收MEP检测到这些TST OAM包并进行计划的测量。

TST PDU格式规定见第8.2.5节。

请求MEP生成并发送具有周期性的TST OAM包以及运营商配置的PHB。

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为37（见第8.2段）；
- 标志字段设为全0；
- TLV偏移字段设为4（见第8.2.5段）；
- 序号字段：一个4个八位字节值包含连续TST PDU中递增的序号的值。
- 测试TLV字段：测试TLV的规定见第8.2.5段并在[ITU-T G.8013]图9.3-4中有所描述。测试TLV的长度和内容在请求MEP处是可配置的。其内容可以是测试模式或可选检查合。测试图形事例包括ITU-T O.150建议书第5.8段规定伪随机比特序列（PRBS）（ $2^{31}-1$ ）和全“0”图形等。

- 终止TLV字段设为全0。

9.1.6 损耗测量消息/损耗测量应答（LMM/LMR）程序

LMM/LMR功能可以测量点对点双向MPLS-TP连接按需单个终接包丢失。

LMM/LMR PDU格式规定见本建议书第8.2.6段，详情见[ITU-T G.8013]第9.12和9.13段。

在开始MEP的按需损耗测量时，MEP（即请求MEP）生成并向对等MEP发送具有周期性的LMM OAM包以及由运营商配置的PHB：

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为43（见第8.2段）；
- 标志字段设为全零；
- TLV偏移字段设为12（见第8.2.6段）；
- TxFCf字段设为概要文件中数据包计数器的目前值，它通过MEP在LMM包传输时发送至对等MEP；
- RxFCf和TxFCb的预留字段设为0（见第8.2.6段）；
- 终止TLV设为全零（第8.2段）。除终止TLV以外没有其它TLV出现在LMM PDU中。

注 — 对于LMM/LMR，计数器不计有关LBM/LBR、LMM/LMR\DMR/DMR、1DM和TST的按需OAM包。相反，CCM和APS包记入其中。

具有有效MEG水平的LMM包被认为是一个有效LMM包。LMM包如无效则被丢弃，LMM包被MEP收到时（接收MEP），则生成LMR包并由接收MEP发送至请求MEP：

- MEL字段设为从最后收到的LMM PDU复制的值；
- 版本字段设为从最后收到的LMM PDU复制的值；
- OpCode字段设为42（见第8.2段）；
- 标志字段设为从最后收到的LMM PDU复制的值；
- TLV偏移字段设为从最后收到的LMM PDU复制的值；
- TxFCf字段设为从最后收到的LMM PDU复制的值；
- RxFCf字段设为MEP（接收MEP）从对等MEP（请求）MEP在收到最后LMM包时收到的概要文件内数据包计数器值；
- TxFCb字段设为MEP（接收MEP）向对等MEP（请求）在LMR包传输时发送的概要文件内数据包计数器值；
- 终止TLV设为全零。除终止TLV以外的其它TLV均不出现在LMR PDU中。

在收到LMR包时，MEP（请求MEP）使用以下值进行近端损耗测量（与入口数据包相关的损耗）和远端损耗测量（与出口数据端相关的损耗）：

- 在收到该LMR包时，收到的LMR包的TxFCf、RxFCf和TxFCb值和本地计数器RxFCI值。这个值用TxFCf[tc]、RxFCf[tc]、TxFCb[tc]和RxFCI[tc]表示，其中tc是目前回复包的接收时间。

- 在收到前一个LMR包时，前一个LMR包的TxFCf、RxFCf和TxFCb值合和本地计数器RxFCI值。这些值用TxFCf[tp], RxFCf[tp], TxFCb[tp]和RxFCI[tp]表示，其中tp是前一个回复包的接收时间。

$$\text{packet loss}_{\text{far-end}} = |\text{TxFCf}[t_c] - \text{TxFCf}[t_p]| - |\text{RxFCf}[t_c] - \text{RxFCf}[t_p]|$$

$$\text{packet loss}_{\text{near-end}} = |\text{TxFCb}[t_c] - \text{TxFCb}[t_p]| - |\text{RxFCI}[t_c] - \text{RxFCI}[t_p]|$$

9.1.7 单向延迟测量（1DM）程序

1DM功能可以测量应需单向包延迟和点对点单向或双向MPLS-TP连接的包延迟变化。

1DM PDU格式规定见本建议书第8.2.7节，详细规定见[ITU-T G.8013]第9.14段。

当MEP的应需包延迟测量启动时，它定期生成并向相同ME对等MEP发送1DM OAM包，同时期待从相同ME的对等MEP收到1DM OAM包。

发射MEP生成并发送具有周期性的1DM OAM包以及由运营商配置的PHB：

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为45（见第8.2段）；
- 标志字段设为全0；
- TLV偏移字段设为16（见第8.2.7段）；
- TxTimeStampf字段在发射1DM包时设为时间标间。
- 预留字段设为全零；
- 终止TLV设为全零（见第8.2段）。初终止TLV以外没有其它TLV出现在1DM PDU中。

在收到有效1DM包后，接收MEP可在收到的具有RxTimef的1DM包中比较收到的具有RxTimef的1DM包中的TxTimeStampf值、收到1DM的时间以计算单向包延迟。具有有效MEG水平的1DM包被认为是一个有效的1DM包。单向包延迟计算如下：

$$\text{包延迟} = \text{RxTimef} - \text{TxTimeStampf}$$

包延迟变化测量基于后续包之间延迟差异的测量。

有关时钟同步对单向包延迟测量的影响的考虑见[ITU-T G.8013]第8.2段。

9.1.8 双向延迟测量（DMM/DMR）程序

DMM/DMR功能可以测量点对点双向MPLS-TP连接的应需双向包延迟和包延迟变化。

DMM/DMR PDU格式规定见本建议书第8.2.8段，详情见[ITU-T G.8013]第9.15和9.16段。

当启动MEP（请求MEP）的应需双向包延迟测量时，它定期生成并向具有周期性的相同ME的对等MEP发送DMM OAM包以及由运营商配置的PHB：

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为47（见第8.2段）；
- 标志字段设为全零；
- TLV偏移字段设为32（见第8.2.8段）；
- TxTimeStampf字段在发射DMM包时设为时间标记。
- 预留字段设为全零；
- 终止TLV设为全零（见第8.2段）。除终止TLV以外没有其它TLV出现在DMM PDU中。

具有有效MEG水平的DMM包被认为是有效DMM包。DMM包无效时应被丢弃。当MEP（接收MEP）收到有效DMM包时，DMR包生成并由接收MEP发送至请求MEP：

- MEL字段设为从最后收到的DMM PDU复制的值；
- 版本字段设为从最后收到的DMM PDU复制的值；
- OpCode字段设为46（见第8.2段）；
- 标志字段设为从最后收到的DMM PDU复制的值；
- TLV偏移字段设为从最后收到的DMM PDU复制的值；
- TxTimeStampf字段设为从最后收到的DMM PDU复制的值；
- RxTimeStampf可选。如使用，设为DMM接收时间标记。如不用，设为全零；
- TxTimeStamptb字段可选。如使用，设为DMR接收时间标记。如不用，设为全零；
- 预留字段设为全零；
- 终止TLV设为全零。除终止TLV以外没有其它TLV出现在DMR PDU中。

在收到DMR包后，请求MEP可在具有RxTimeb的接收DMR包中比较TxTimeStampf值、DMR包收到时间并计算双向包延迟：

$$\text{包延迟} = \text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}$$

如DMR包中承载了可选时间标记（由RxTimeStampf和TxTimeStampf字段非零值确定），更准确的双向包延迟（即在接收MEP时本地处理时间除外）计算方法如下：

$$\text{包延迟} = (\text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}) - (\text{TxTimeStamptb} - \text{RxTimeStampf})$$

包延迟变化测量基于后续包延迟之间差异测量计算。

9.1.9 客户机信号故障（CSF）程序

CSF功能用来从ME入口到相同ME出口传播检测到入口客户和信号故障的显示。它用于客户层本身不支持告警抑制机制，如AIS的情况。它支持[ITU-T G.806]附录8所述应用。

CSF信息包可由MEP从客户层收到信号和故障信息时颁布。客户和信号故障事件检测规则是按具体客户情况定义的，不在本建议书范围之内。在从客户层收到信号故障显示后，MEP可立即开始定期发送CSF包。MEP在客户层信号故障显示消除前不断发送CSF定期CSF信息包。

CSF包的传输可在MEP上启动或消除。CSF生成时间与具体客户层相关，不在本建议书范围内。

在收到CSF包后，MEP检测到客户层信号故障条件并将此作为信号故障显示转发至客户层。

CSF清除条件与具体客户层相关，不在本建议书范围内。

在从客户层收到信号故障显示清除后，MEP将此条件传达给对等MEP：

- 停止传输CSF包并开始转发客户PDU，或
- 发射具有客户检测清除指示（C-DCI）信息的CSF包。

MIP对于CSF信息包而言是透明的，因此不需要任何信息来支持CSF功能。

CSF PDU格式规定见第8.2.9段。

请求MEP生成并发送具有周期性的CSF-OAM包以及由运营商配置的PHB：

- MEL字段设为配置值（见第8.2段）；
- 版本字段设为0（见第8.2段）；
- OpCode字段设为52（见第8.2段）；
- 标志字段包括：
 - 预留位设为全零；
 - 类型字段按照CSF条件设置（见[ITU-T G.8013]表9-5）；
 - 周期字段由运营商配置；
- TLV偏移字段设为0（见第8.2.9段）；
- 终止TLV字段设为全零。

附件A

分组传送网（PTN）MPLS-TP OAM适用声明

（本附件是本建议书的组成部分）

本附件提供了PTN应用中MPLS-TP的选择和配置。

- 1) 该应用旨在包含对多种技术传送节点的部署，这些节点可能包括MPLS-TP、以太网、OTN和SDH传送技术。
- 2) 多传送层可由一个共用节点支撑。
- 3) 网络的主要要求是传送网（SDH/OTN）操作行为、操作功能和操作程序具有一致性。
 - a) 与现有OAM和针对SDH、OTN、以太网的保护转换机制兼容、提供相同的控制和指示。
 - b) 兼容性（一致性）意味着使用相同的管理信息模型。这样可以升级OSS基础设施，只需识别新的层类型网络技术。
 - c) 减少对运行现有传送网络的工作人员的影响，与SDH到OTN的再培训相同。
- 4) [ITU-T G.7710]、[ITU-T G.806]、[ITU-T G.808.1]和[b-ITU-T G.808.2]描述了通用行为（亦见有关[ITU-T G.7710]的[b-IETF RFC 5951]）。
- 5) 传送网：面向连接的网络，这些连接提供业务交换机之间的连接。
- 6) 目前的连接仅限于点对点同路由双向传送路径。
 - a) 未来要求支持单向点对多点。
- 7) 业务和传送之间的独立性，即传送网络对业务不了解。
 - a) 为PW或LSP提供传送路径

附录 I

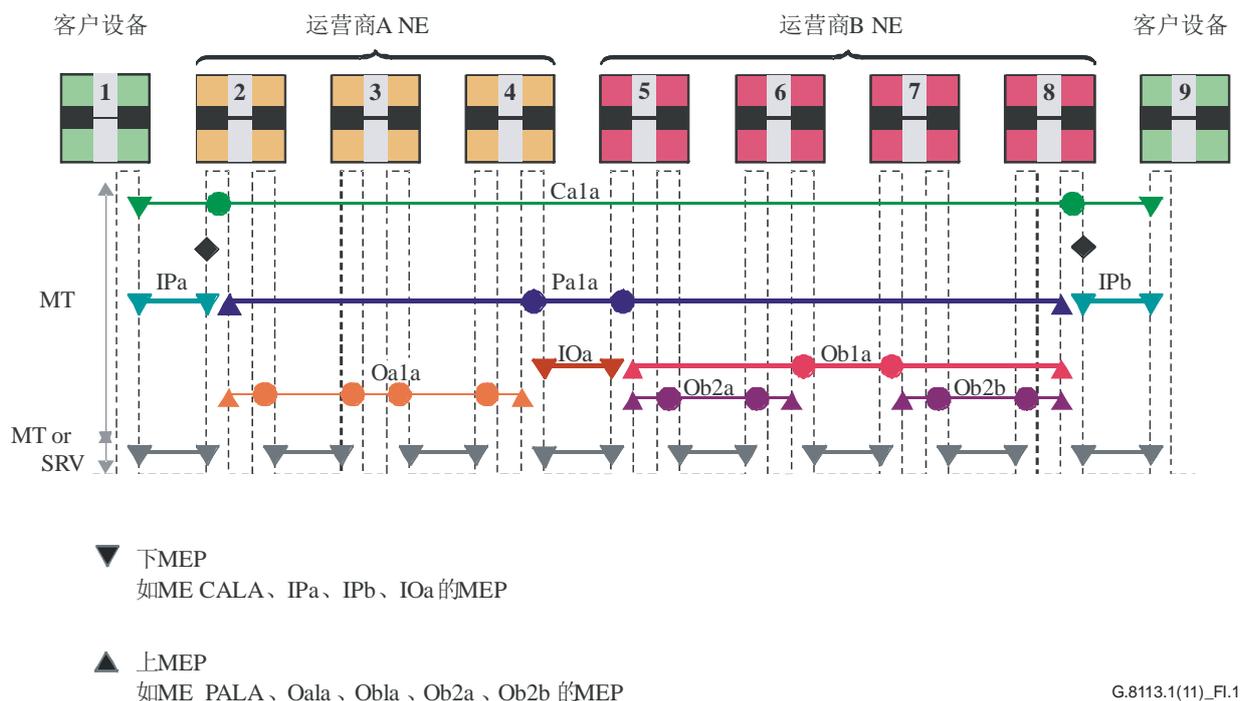
MPLS-TP网络方案

(本附录不是本建议书的组成部分)

I.1 MEG嵌套示例

图I.1使用默认MEG水平为客户、提供商和运营商提供了嵌套MEG的示例情形。在图中，三角代表MEP，圆圈代表MIP，菱形代表业务条件点（TrCP）。

图I.1显示了网络实施示例。MEP和MIP应按接口，而不是节点配置。倒三角（▼）表明下MEP，普通三角（▲）表明上MEP。



图I.1 – MEG嵌套示例

- UNI_C至UNI_C客户ME (Cala)。
- UNI_N至UNI_N提供商ME (Pala)。
- 端对端运营商ME (Oa1a和Ob1a)。
- 运营商B网络中局部运营商ME (Ob2a和Ob2b)
- 客户和提供商之间的UNI_C to UNI_N MEs (IPa和IPb)。
- 运营商之间的ME (IOa)。

参考资料

- [b-ITU-T G.808.2] Recommendation ITU-T G.808.2 (2008), *Generic protection switching – Ring protection*.
- [b-IETF RFC 5951] IETF RFC 5951 (2010), *Network Management Requirements for MPLS-based Transport Networks*.
- [b-IETF tp-id] IETF draft-ietf-mpls-tp-identifiers-04 (2013), *MPLS-TP Identifiers following ITU-T Conventions*.
<http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-mpls-tp-itu-t-identifiers-04>
- [b-IANA PW Reg] Pseudowire Associated Channel Types,
<http://www.iana.org/assignments/pwe3-parameters/pwe3-parameters.xml#pwe3-parameters-10>

ITU-T Y系列建议书
全球信息基础设施、互联网的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
网络方面	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	Y.700–Y.799
性能	Y.800–Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000–Y.1099
业务和应用	Y.1100–Y.1199
体系、接入、网络能力和资源管理	Y.1200–Y.1299
传输	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
运行于NGN的IPTV	Y.1900–Y.1999
下一代网络	
框架和功能体系模型	Y.2000–Y.2099
服务质量和性能	Y.2100–Y.2199
业务方面：业务能力和业务体系	Y.2200–Y.2249
业务方面：NGN中业务和网络的可操作性	Y.2250–Y.2299
编号、命名和寻址	Y.2300–Y.2399
网络管理	Y.2400–Y.2499
网络控制体系和协议	Y.2500–Y.2599
智能泛在网络	Y.2600–Y.2699
安全	Y.2700–Y.2799
通用移动性	Y.2800–Y.2899
电信级开放环境	Y.2900–Y.2999
未来网络	Y.3000–Y.3099

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

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	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、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输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其他组件的结构、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输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	终端和主观与客观评估方法
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
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、互联网的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