RYT6000 分组传送平台
RYT6000-5G
产品描述

版本：1.0

武汉瑞盈通网络技术有限公司

感谢您选择我们的产品

非常感谢您购买和使用我们的产品，我们将竭诚为您提供全方位的技术支持。

您可以根据以下方式与我们取得联系：

武汉瑞盈通网络技术有限公司

地址：武汉东湖新技术开发区关南园四路 37 号 5 号楼 B 栋 8 楼 806 室
邮编：430000

目录

前言

手册说明

本手册用于 RYT6000-5G PTN 产品（以下简称 RYT6000-5G），包括 RYT6000-5GA、RYT6000-5GB、RYT6000-5GC 三种型号的 PTN 设备。

RYT6000-5G 是 PTN 设备，其主要应用场合：接入层。

读者对象

本文档主要适用于下列人员阅读：

- 网络规划工程师
- 安装调测工程师
- 系统维护工程师

1. 产品描述

1.1 产品简介和特点

1.1.1 产品简介

RYT6000-5G是由武汉瑞盈通网络技术有限公司专为构建高安全高性能网络需求而自主研发的新一代多业务传输平台，采用核心功能模块化设计，支持多种业务接口类型，端口配置灵活、完善的OAM机制，支持多种以太网业务类型，支持多种网络级保护功能，易于管理、维护和升级，充分满足了用户实现高带宽数据交换、多接口类型、密集型高速访问服务器的网络需求。

所有端口支持VLAN划分（基于端口和标签）、端口限速、广播风暴抑制和优先控制，从而实现多种业务的QoS区分和保障，而且支持集群管理和网络物理拓扑侦测。

提供功能强大的网管软件，可通过IP网进行远程网管，网管信息可透过路由器和防火墙。提供裸机配置功能和软件，采用数据库进行数据查询和保存，并具有强大的数据库恢复功能。设备在网管软件的支持下可以方便的远程升级，避免设备的部署风险。

RYT6000-5G设备定位于PTN的CPE端，支持千兆上联，以太网，E1接口接入，支持同步以太网功能。

RYT6000-5G根据支持端口不同分为RYT6000-5GA、RYT6000-5GB、RYT6000-5GC 3种型号。

RYT6000-5G 系统配置能力如表 1-1 所示。

表 1-1 配置参数列表

配置参数	RYT6000-5GA	RYT6000-5GB	RYT6000-5GC
管理端口	1 个 NMS 口 1 个 CONSOLE 口（注*）	1 个 NMS 口 1 个 CONSOLE 口（注*）	1 个 NMS 口 1 个 CONSOLE 口（注*）
支持最大 GE 接口	4	4	1

支持最大 FE 接口	2	2	2
支持最大 E1 接口	4	0	0

1.1.2 系统特性

RYT6000-5G 提供分组业务的接入和传送，具有以下特性：

- 面向未来的 ALL IP 架构，充分保护既有投资。

  RYT6000-5G 采用 100％的分组架构，构建以分组业务为主体的多业务承载和统一调度的平台，灵活满足 IP 业务承载需求。提高业务传送效率和网络灵活性，构建可靠的移动承载网络，采用面向连接的分组技术，解决了业务扩展性问题，充分保护您的既有投资。

- 完善的时钟解决方案，完美解决移动承载的时钟问题。

  RYT6000-5G 既支持传统的 TDM 线路时钟同步，也支持同步以太网的多种时钟解决方案，充分满足链形、环形、Mesh 组网的时钟同步需要，完美解决移动分组承载网的时钟同步问题。

- 最全面的多业务接口支持，强大的 PWE3 功能，满足多种应用场景，业务部署更灵活。

  RYT6000-5G 支持传统 E1 业务接口，同时还支持 GE 等以太网接口。

  通过 PWE3 仿真技术传送 TDM/Ethernet 传统业务，实现与传统业务的完美兼容。

- 端到端 QoS 能力，高质量保证业务传送。

  RYT6000-5G 层次化 QoS 服务策略，可对用户业务实施独立的带宽分配

  与监管，从整体上实现网络资源的统一调配与监管，提供更精细、更合理的网络资源调配模式，综合提高带宽利用率。

- OAM 机制。

  RYT6000-5G 具备基于硬件的 OAM 机制，设备同时支持大量的 OAM 流及业务保护组，保证端到端保护倒换时间小于 50ms，提供电信级的操作维护平台。

- 电信级可靠性设计。

  RYT6000-5G 采用核心功能模块主备结构设计，线路采用多种保护模式设计。支持线路和支路的各种保护，如 LSP 1:1、LAG。

- 低功耗节能设计。

  RYT6000-5G 满配置业务功耗小于 20 W。

- 统一的网管系统和 E2E 业务管理能力，提升分组网络运营能力。

- 统一而先进的 RYTNMS 网管系统，综合了接入网、传送网、城域设备的强大管理能力，提供统一的高性能网管平台。通过简单高效的端到端的业务部署与 OAM，极大提高分组网络的业务运营能力和维护效率。

1.2 产品结构

1.2.1 逻辑架构

RYT6000-5G 包含设备的数据交换平面、系统控制平面和系统时钟，同时提供设备的管理平面接口。业务线路模块实现 PTN 设备的 NNI 接口和 UNI 接口功能。

1.2.2 硬件结构

RYT6000-5G 为盒式结构，交流输入，无风扇设计。设备提供 GE 光接口、GE/FE 电接口 E1 接口、网管系统接口、Console 口，外时钟接口。RYT6000-5G 设备的所有接口均采用前端接入方式。

RYT6000-5GA/B/C 系统配置见 2.3 系统配置章节。

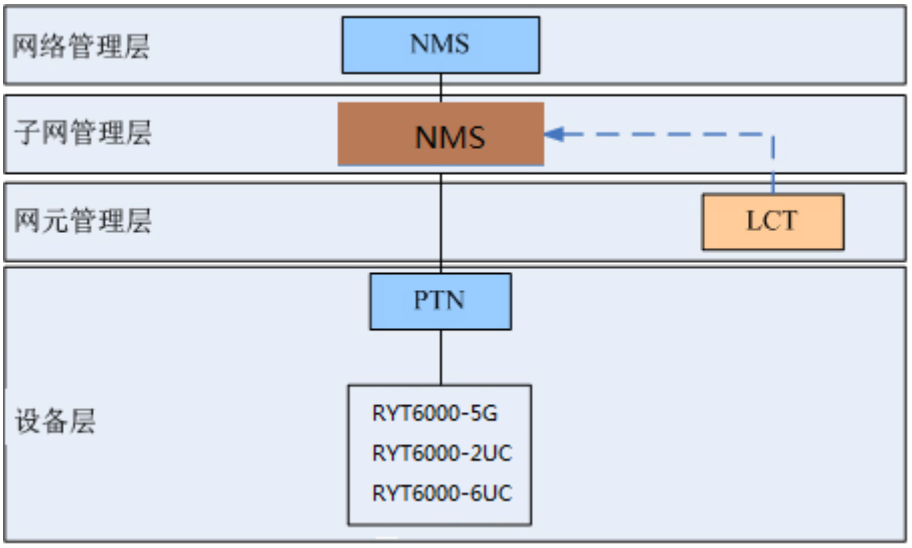
1.2.3 软件结构

1.2.3.1 网管软件

1.2.3.1.1 网管软件系统结构

RYT6000-5G 采用 RYTNMS 实现对各网元统一管理和监控，瑞盈通的 RYTNMS 智能网络管理系统是基于分布式、多进程、跨平台、模块化设计的厂商级 SNMS 网络管理系统，它提供了对瑞盈通的 PTN、光纤收发器等产品的管理平台，并通过内嵌 LCT 的基本功能，同时支持网络管理层和网元管理层的功能。

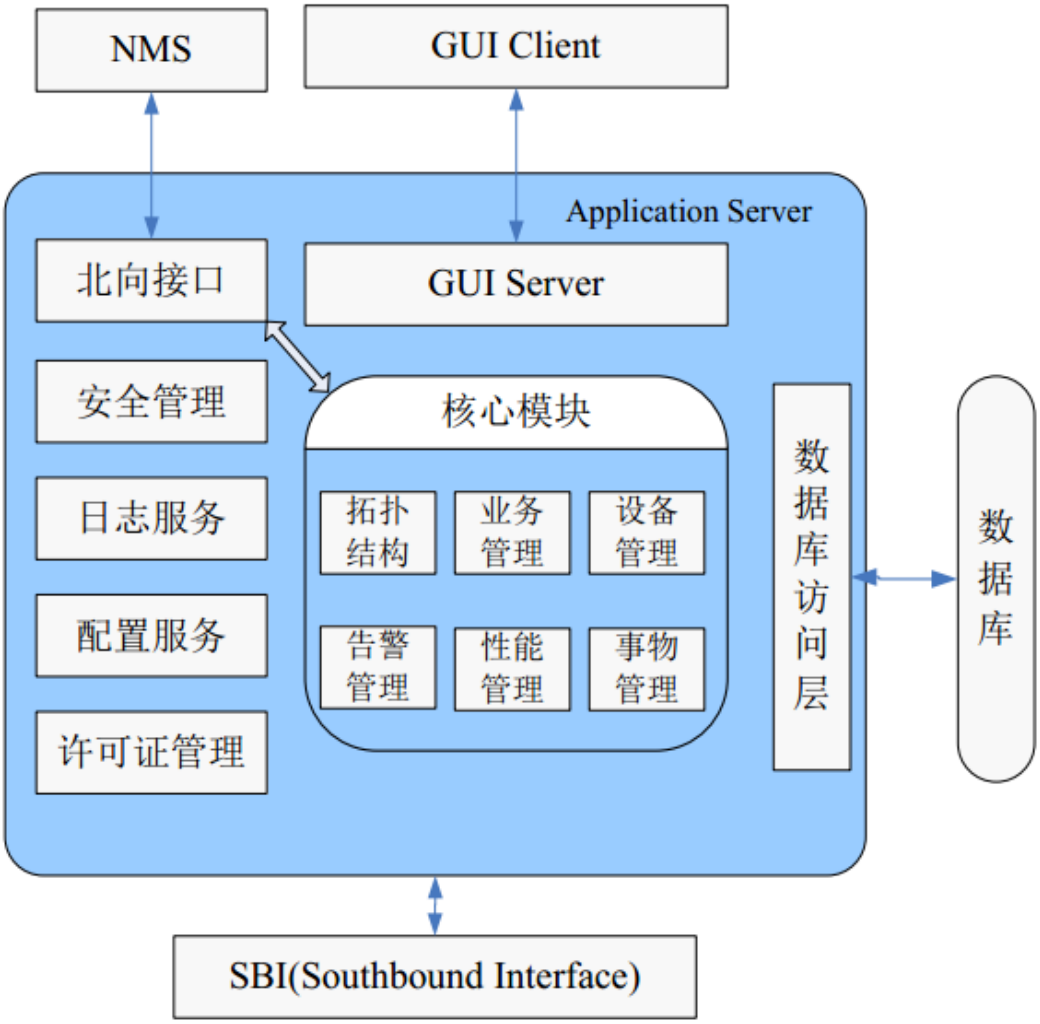
图 1.2-1 网管软件系统组成结构图



1.2.3.1.2 网管系统总体框架

RYTNMS 通过直观、用户友好的界面，实现了设备管理、端到端业务管理、拓扑管理、告警管理、性能管理、安全管理等各方面的网管功能，满足电信管理网的管理模型。

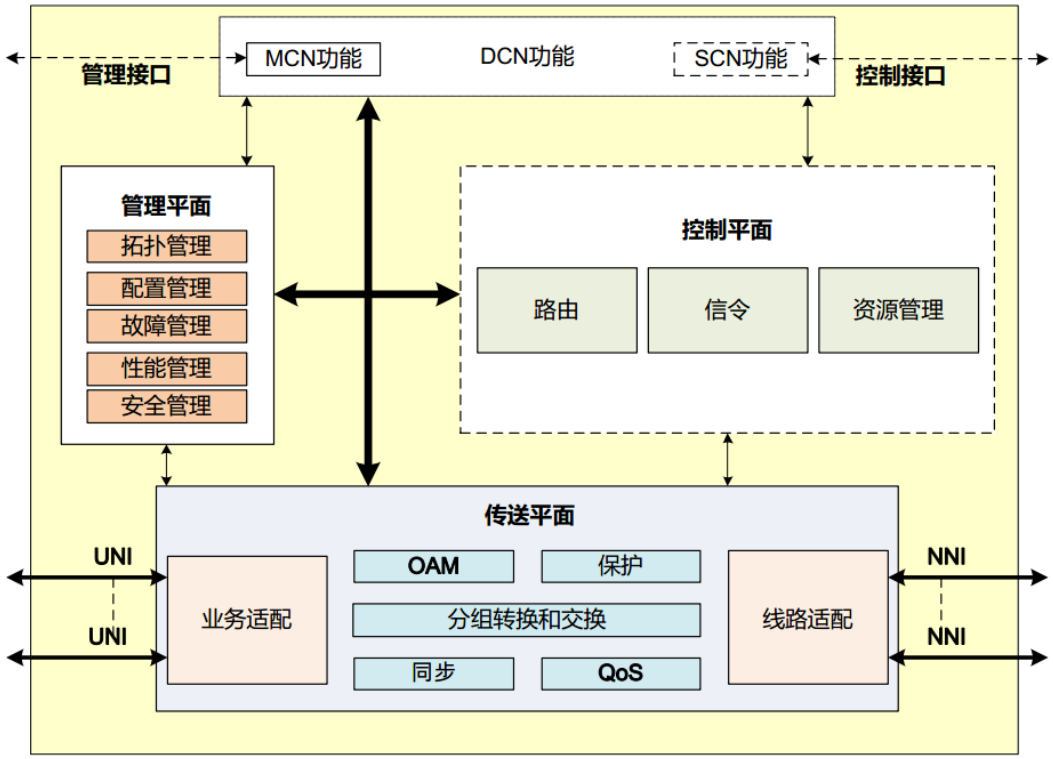
图 1.2-2 网管系统总体框架图



1.2.3.2 系统软件结构

RYT6000-5G 系统软件结构由传送平面、管理平面和控制平面共同构成，三个平面内包括的功能模块如图 1.2-3 所示。

图 1.2-3 RYT6000-5G 功能模块示意图



注：虚线部分表示暂不支持。

RYT6000-5G 在传送平面的接口分为客户—网络接口（UNI）和网络—网络接口（NNI）两类，其功能如下：

- UNI 接口用于连接 PTN 网元和客户设备；
- NNI 接口用于连接两个 PTN 网元，分为域内接口（IaDI）和域间接口（IrDI）。

RYT6000-5G 的三个平面分别具备以下基本功能：

- RYT6000-5G 网元的传送平面：实现对 UNI 接口的业务适配、面向连接的分组转发和交换、业务的服务质量（QoS）处理、操作管理维护（OAM）报文的转发和处理、网络保护、同步信息处理和传送以及 NNI 接口的线路适配等功能；
- RYT6000-5G 网元的管理平面：实现网元级和子网级的拓扑管理、配置管理、故障管理、性能管理和安全管理等功能，并提供必要的管理和辅助接口，支持北向接口。

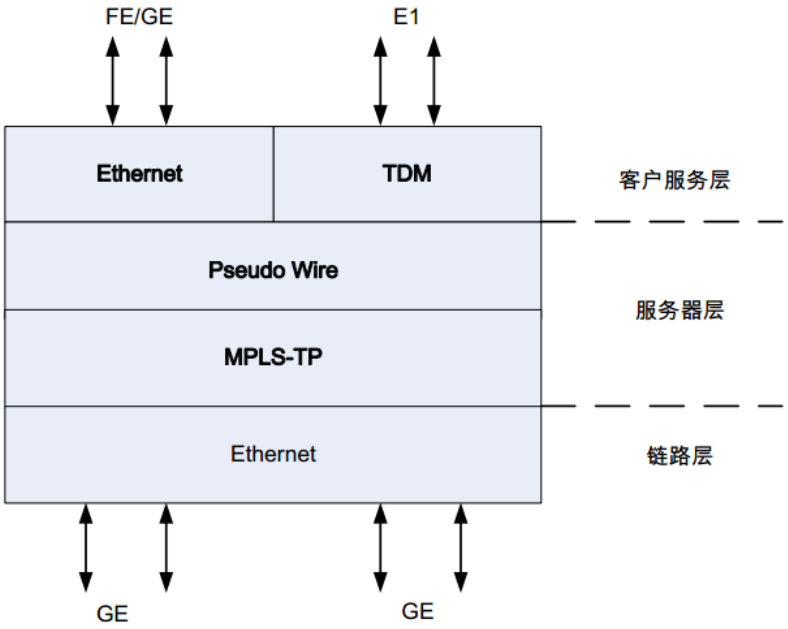
1.3 业务介绍

1.3.1 业务处理模型

RYT6000-5G 支持以太网业务和 CES（Circuit Emulation Service）业务。其中以太网业务包括 E-LINE 业务、E-LAN 业务；CES 业务包括 E1 业务。

RYT6000-5G 设备业务层次模型如图 1.3-1 所示。

图 1.3-1 RYT6000-5G 设备业务层次模型



1.3.2 以太网业务

RYT6000-5G 支持 MEF 定义的以下三种以太网业务模型：

- E-LINE，点到点业务
- E-LAN，多点到多点业务
- E-TREE，点到多点汇聚业务

RYT6000-5G 支持采用网管的静态配置方式建立以太网业务，将来可升级支持采用信令方式动态建立以太网业务。采用 VPWS 和 VPLS 技术来实现 L2VPN 业务。该设备提供多种形式的以太网二层业务的接入和传送功能，提供完善的 L2VPN 解决方案。

1.3.2.1 E-LINE 业务模型

RYT6000-5G 设备通过在业务节点之间建立双向的点到点隧道和 PW 连接来支持点到点的以太网专线（E-LINE）业务。根据在 UNI-N 端口是否具有业务复用（例如多个 VLAN 业务实例），PW 的网络带宽是否共享，可分为以太网专线（EP-LINE）和以太网虚拟专线（EVP-LINE）两类业务。

1.3.2.1.1 基本概念

EP-LINE 以太网业务

EP-LINE 以太网业务，即在两个业务接入点间实现以太网数据帧的点到点透明传送。

各用户业务在 UNI 侧独占一个物理通道带宽，保证天然的用户隔离。并通过 CAC 带宽校验提供严格的带宽保障，通过 QoS 提供用户端到端的服务质量保证，不需要 MAC 地址学习。

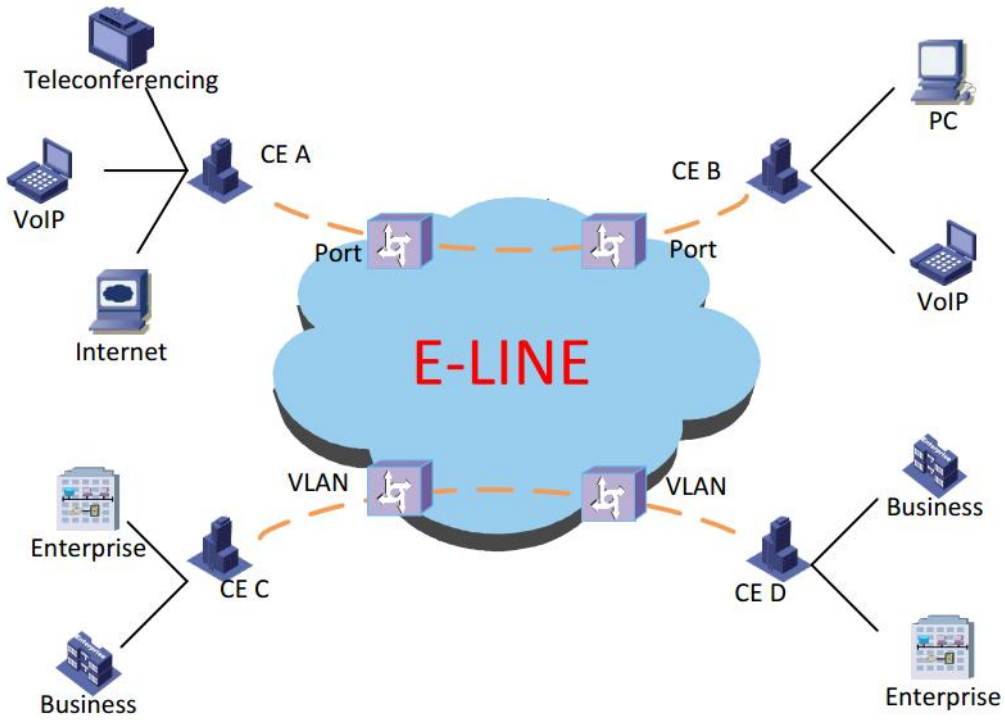
EVP-LINE 以太网业务

EVP-LINE 与 EP-LINE 的主要区别是不同的用户业务在 UNI 侧需共享同一个物理通道带宽。因此，需要使用不同的标签来区分不同用户的业务。通过 QoS 机制对不同用户提供不同的服务质量。

1.3.2.1.2 业务模型

RYT6000-5G 设备提供的 E-LINE 业务模型如图 1.3-2 所示。

图 1.3-2 E-LINE 业务模型



1.2.2.1.3 支持功能

RYT6000-5G 设备支持基于端口、端口加 VLAN 的方式实现业务与隧道绑定，支持 VLAN 的 QinQ 功能。

1.3.2.2 E-LAN 业务模型

RYT6000-5G 设备构建的 PTN 网络通过在接入业务的所有 PE 节点之间建立双向全连接的隧道和 PW 来支持多点到多点的以太网专网（E-LAN）业务。根据在 UNI-N 端口是否具有业务复用（例如多个 VLAN 业务实例），PW 的网络带宽是否共享，具体分为以太网专用局域网（EP-LAN）和以太网虚拟专用局域网（EVP-LAN）两类业务。

1.3.2.2.1 基本概念

EP-LAN 以太网业务

EP-LAN 以太网业务，即在多个业务接入点间实现以太网数据帧的多点到多点透明

传送。

各用户业务在 UNI 侧无需共享同一个物理通道带宽，保证天然的用户隔离。无法通过 CAC 带宽校验提供严格的带宽保障，但能够通过 QoS 提供用户端到端的服务质量保证。

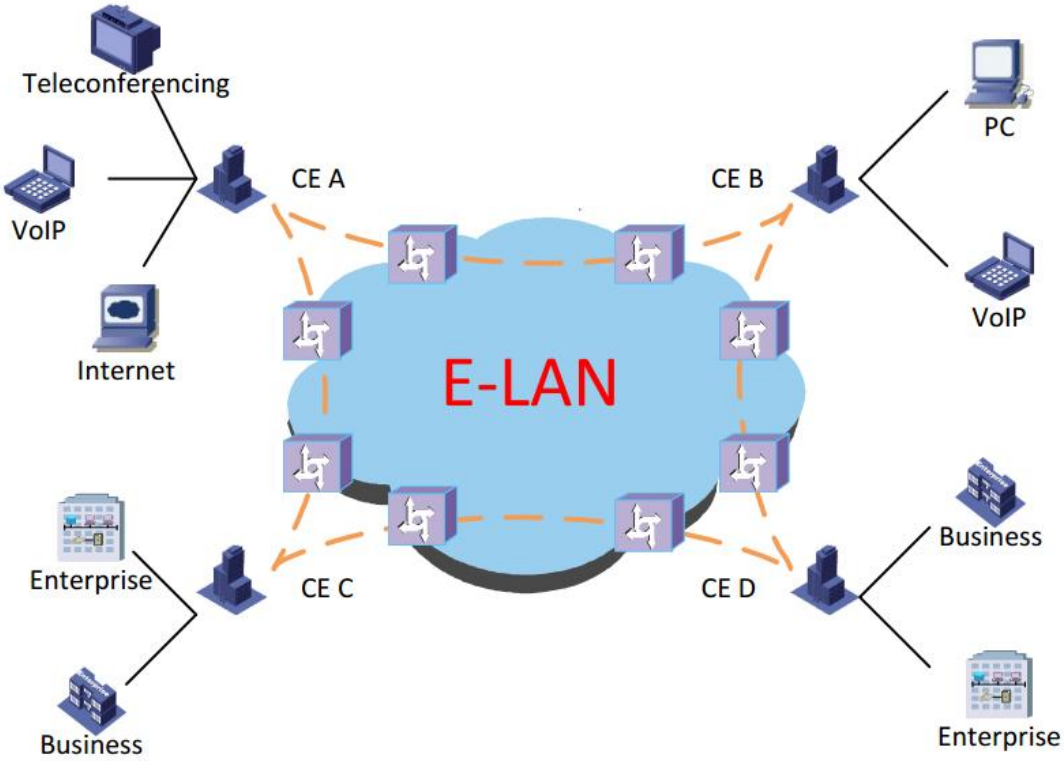
EVP-LAN 以太网业务

EVP-LAN 与 EP-LAN 的主要区别是不同的用户业务在 UNI 侧需共享同一个物理通道带宽。因此，需要使用不同的标签来区分不同用户的业务。通过 QoS 机制对不同用户提供不同的服务质量。

1.3.2.2.2 业务模型

RYT6000-5G 设备提供的 E-LAN 业务模型如图 1.3-3 所示。

图 1.3-3 E-LAN 业务模型



RYT6000-5G 设备支持基于端口、端口加 VLAN 的方式实现 EP-LAN 和 EVP-LAN 业务、支持二层功能、支持 MAC 地址学习使能、禁止和静态 MAC 地址配置功能。

1.3.2.2.3 支持功能

E-LAN 业务符合以下功能要求：

- 支持水平分割组功能来防止成环
- 在 E-LAN 模型下支持以下以太网二层功能：
  - 支持基于 VSI 的 MAC 地址表数量限制功能
  - 支持 ACL 功能
  - 支持未知单播报文的过滤
  - 支持广播的过滤
  - 支持组播报文的过滤

1.3.2.3 E-TREE 业务模型

PTN 网络通过在根 PE 节点和分支 PE 节点之间建立双向的隧道和 PW 来支持根基点到多点的以太网（E-TREE）业务。根据在 UNI-N 端口是否具有业务复用（例如多个 VLAN 业务实例），PW 的网络带宽是否共享，具体分为以太网专用根基多点（EP-TREE）和以太网虚拟根基多点（EVP-TREE）两类业务。

1.3.2.3.1 基本概念

EP-TREE 以太网业务

EP-TREE 以太网业务，即在根业务接入点和叶业务节点间实现以太网数据帧的点到多点透明传送。

各用户业务在 UNI 侧无需共享同一个物理通道带宽，保证天然的用户隔离。无法通过 CAC 带宽校验提供严格的带宽保障，但能够通过 QoS 提供用户端到端的服务质量保证。

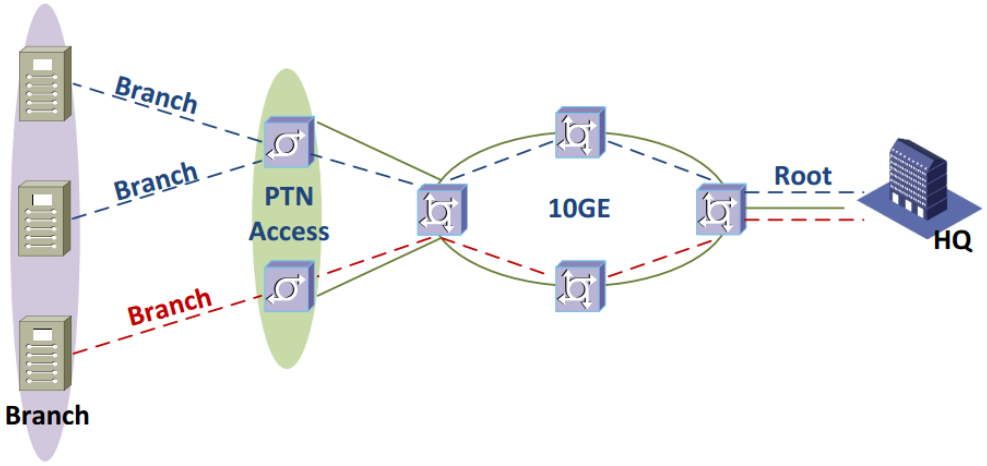
EVP-TREE 以太网业务

EP-TREE 与 EVP-TREE 的主要区别是不同的用户业务在 UNI 侧需共享同一个物理通道带宽。因此，需要使用不同的标签来区分不同用户的业务。通过 QoS 机制对不同用户提供不同的服务质量。

1.3.2.3.2 业务模型

RYT6000-5G 设备提供的 E-TREE 业务模型如图 1.3-4 所示。

图 1.3-4 E-TREE 业务模型



基于 MPLS-TP 的 RYT6000-5G 设备采用 VPLS（虚拟专用局域网业务）或 H-VPLS（分层 VPLS）的 Hub & Spoke 技术来实现 E-TREE 业务，符合 RFC4664 的规范。

1.3.2.3.3 支持功能

E-TREE 业务符合以下功能要求：

- 支持基于端口、端口加 VLAN 的方式实现 EP-TREE 和 EVP-TREE 业务。
- 支持根节点和分支节点之间的双向通信，并支持分支节点之间的隔离功能。
- 在 E-TREE 业务模式下，支持以太网以下二层交换功能：
  - 支持 IGMP Snooping 功能组播监听协议
  - 支持基于 MAC 地址的组播功能
  - 支持 MAC 地址学习使能、禁止和静态 MAC 地址配置功能
  - 支持基于 VSI 的 MAC 地址表数量限制功能，支持 ACL 功能
  - 支持未知单播报文的过滤
  - 支持广播的过滤
  - 支持组播报文的过滤

1.3.3 TDM 业务

RYT6000-5G 采用 CES 电路仿真技术可在基于 MPLS 的分组网络上透明传送 E1 业务，支持基于非结构化仿真（SAToP）模式的 TDM 业务承载，PWE3 封装和控制字符合 RFC4553。SAToP 模式适用于任何信号结构 TDM 的电路仿真。

1.3.3.1 基本概念

非结构化仿真（SAToP）

非结构化仿真不关心 TDM 信号采用的具体结构，而是把数据看作给定速率的纯比特流，这些比特流被封装成数据包后在伪线上传送。

时钟恢复方式

TDM 业务对时钟同步的要求很高，RYT6000-5G 提供了三种时钟恢复方式：

- 网络同步方式（Network Sychronization）：全网处于同步运行状态，业务两端均使用可溯源到 PRC 的网络时钟作为业务时钟。
- 差分方式（DifferService）：对业务时钟和参考时钟的偏差进行编码并在分组网络中进行传送，业务时钟在远端通过使用相同的参考时钟进行恢复。
- 自适应方式（Self-adoption）：基于分组到达的时间间隔或者缓冲区的填充水平来恢复定时。

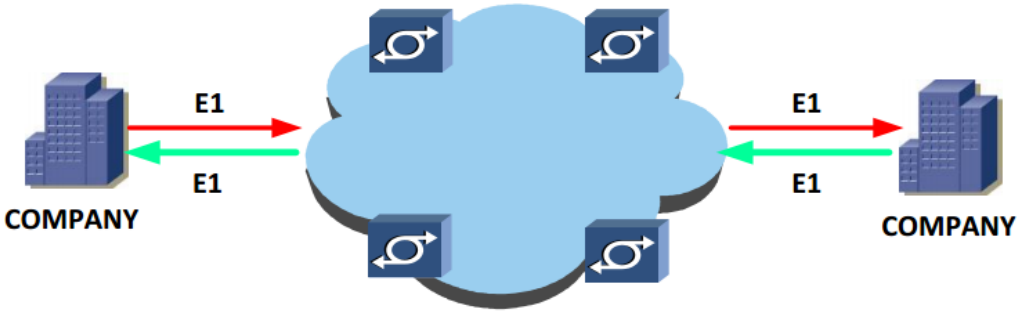
1.3.3.2 业务模型

TDM 业务有以下几种业务模型：

E1-E1 CES 模型

E1-E1 CES 模型如图 1.3-5 所示，在 PTN 网络实现 E1 业务的透明传送。

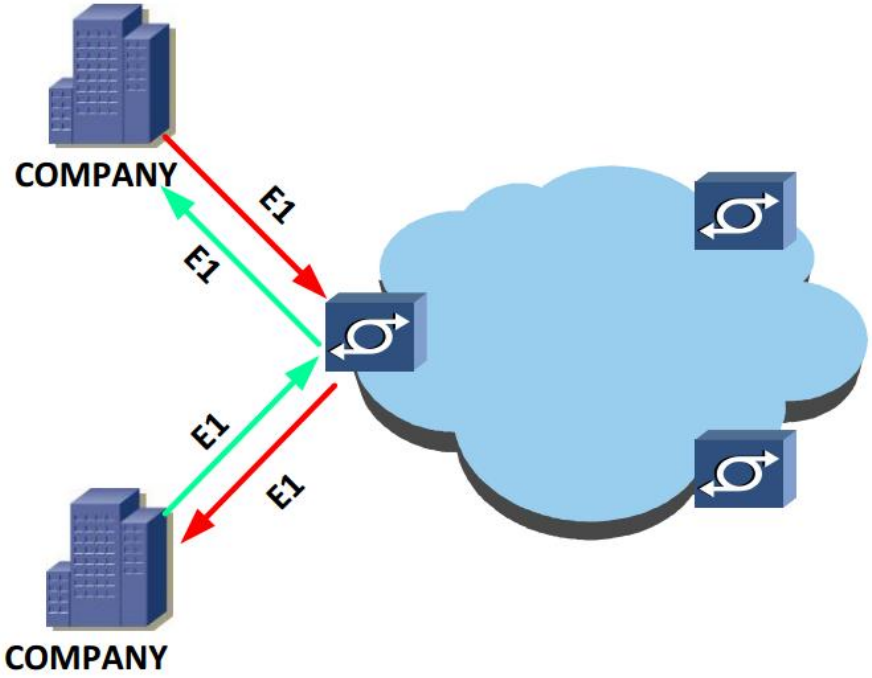
图 1.3-5 E1-E1 CES 模型图



CCC 业务模型

CCC 模型如图 1.3-6 所示，E1 业务在本地上下。

图 1.3-6 CCC 模型图



1.3.3.3 支持功能

TDM 业务符合以下功能要求：

- PDH PW 支持 4 个
- 支持负载长度的设置，可以设置的长度为 128/256/384/512 byte
- 支持负载乱序重排，支持最多 15 个报文的重排

- 支持对抖动缓冲池深度配置，以吸收时延变化，支持吸收最大 16 ms 时延变化
- 支持 AIS 帧负载压缩以节省带宽
- PW 仅支持 L-LSP，并且所有的报文默认为绿色；支持到任意 L-LSP、E-LSP 和 EE-LSP MPLS 隧道绑定。SAToP PW 可配置业务等级（CS7/CS6/EF）
- 支持 RFC4553 规定的非结构化仿真模式即 SAToP.

1.4. 4 业务接口

1.4. 4.1 业务接口类型

GE 接口指标如表 1.4-1 所示。

表 1.4-1 GE 接口技术指标

接口类型	接口说明
GE 光接口	1000BASE-SX，1000BASE-LX，1000BASE-ZX 光模块类型 SFP 连接器类型 LC
GE 电接口	1000BASE-T 电模块类型 SFP 连接器类型 RJ45
E1 电接口	RJ45 连接器，一个 RJ45 接口提供两路 E1 接入

注：GE 电接口向下兼容 FE 电接口。

1.4.4.2 业务接口指标

GE 接口指标如表 1.4-2 所示。

表 1.4-2 GE 接口技术指标

项目	指标值				
接口类型	1000BASE-SX（0.3 m）	1000BASE-LX（10 km）	1000BASE-EX（40 km）	1000BASE-ZX（80 km）	1000BASE-T (0.1 km)

项目	指标值				
线缆类型	多模光纤	单模光纤	单模光纤	单模光纤	5 类线
中心波长(nm)	850	1310	1310	1550	—
平均发送光功率(dBm)	-9.5～-3	-11～-3	-5～0	0～5	—
接收灵敏度(dBm)	－17	－19	－22	－22	—
最小过载点(dBm)	0	－3	－3	－3	—
消光比(dB)	9	9	9	9	—

E1 接口指标如表 1.4-3 所示。

表 1.4 -3　E1 接口技术指标

名称		75 Ω 接口	120 Ω 接口
每个方向上的线对		同轴	对称
测试负载阻抗		75　Ω	120　Ω
传号峰值电压		2.37 V	3 V
空号峰值电压		0 ±0.237 V	0 ±0.3 V
标称脉宽		244 ns	244 ns
在脉冲中点处	正负幅度比	0.95 ～1.05	0.95～ 1.05
	正负宽度比	0.95～1.05	0.95～ 1.05
波形模板		G.703 图 15	G.703 图 15

1.4 MPLS-TP 功能

1.4.1 产生背景

MPLS-TP（Transport Profile for MPLS）使用多协议标签交换 MPLS（Multiprotocol Label Switching）技术实现多种业务的传送。在 2008 年 2～4 月期间，JWT 相关专家深入研讨了 T-MPLS 和 MPLS 技术在数据转发、OAM、网络保护、网络管理和控制平面五个方面的差异，并于 2008 年 4 月 18 日得出正式结论：推荐 T-MPLS 和 MPLS 技术进行融合， IETF 将吸收 T-MPLS 中的 OAM、保护和管理等传送技术，扩展现有 MPLS 技术为 MPLS-TP，以增强其对 ITU-T 传送需求的支持。今后由 IETF 和 ITU-T 的 JWT 共同开发 MPLS-TP 标准，并保证 T-MPLS 标准与 MPLS-TP 一致。

1.4.2 基本概念

MPLS 技术有五个基本概念，即转发等价类、标签、标签交换路由器、标签发布协议、标签交换路径。

转发等价类（FEC）

FEC（Forwarding Equivalence Class）是 MPLS 中的一个重要概念。MPLS 实际上是一种分类转发技术，它将具有相同转发处理方式（目的地相同、使用转发路径相同或具有相同服务等级等）的分组归为一类，称为转发等价类。属于相同转发等价类的分组在同一个 MPLS 网络中将获得完全相同的处理。

FEC 的划分方式非常灵活，划分依据可以是源地址、目的地址、源端口、目的端口、协议类型和 VPN 等的任意组合。一般情况下，根据分组的网络层目的地址划 FEC。

标签

标签是一个长度固定，仅具有本地意义的标识符，用于唯一标识一个分组所属的 FEC。一个标签只能代表一个 FEC。

标签交换路由器（LSR）

LSR 是具有标签发布能力和标签交换能力的设备，是 MPLS 网络中的基本元素。所有 LSR 都具有 MPLS 能力。由 LSR 构成的网络称为 MPLS 域。

标签边缘路由器（LER）

位于 MPLS 域边缘、连接其他网络的 LSR 称为 LER。

标签交换路径（LSP）

一个转发等价类在 MPLS 网络中经过的 LSR 构成的路径，即从入口 LSR 到出口 LSR 的路径，称为 LSP。

MPLS-TP 是一种面向连接的分组交换网络技术，利用 MPLS 标签交换路径，省去 MPLS 信令和 IP 复杂功能，支持多业务承载，独立于客户层和控制面，并可运行于各种物理层技术，具有强大的传送能力。

1.4.3 体系结构

MPLS-TP 分组传送网由传送平面(用户/数据平面) 、管理平面组成，两个平面之间相互独立。

传送平面的主要功能是根据 MPLS-TP 标签将客户数据和信令数据进行适配和分组转发，此外还包括面向连接的操作管理维护 (OAM) 和保护恢复功能。

管理平面执行传送平面、控制平面以及整个系统的管理功能，同时提供这些平面之间的协同操作。

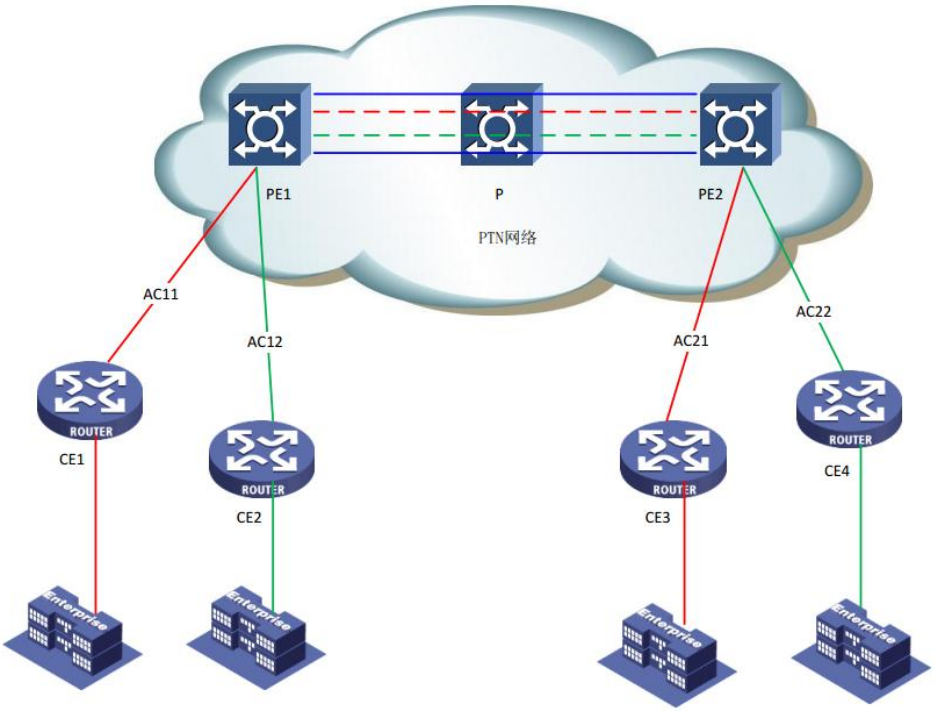
1.5 PWE3 功能

1.5.1 产生背景

PWE3（Pseudo Wire Edge to Edge Emulation）是一种二层业务承载技术。PWE3 是 Martini 协议的扩展，具有端到端的特性，能在分组传送网的两个 PE（Provider Edge）节点间提供通道，以仿真 CE（Custom Edge）的各种业务，实现灵活的组网与演进。

PWE3 建立的是一个点到点通道，通道之间互相隔离，用户二层报文在 PW 间透传。对于 PE 设备，PW（Pseudo Wire）连接建立后，用户接入接口和 PW 的映射关系就已经完全确定了；对于 P 设备，只需要依据 MPLS 标签进行 MPLS 转发，不关心 MPLS 报文内部封装的二层用户报文。

PWE3 组网示意图如图 1.5-1 所示。



---------- tunnel
---------- PW1
---------- PW2

注：AC11、AC21 映射到 PW1，AC12、AC22 映射到 PW2

PWE3 适用于将多种业务平台转移到单一的 PSN 承载网。随着基于 IP 的数据业务成为主流，IP 承载网日益体现其优势。但是，部分专线 TDM 业务具有更高

的每比特利润，大量不支持 IP 协议的设备仍然存在。因此，PWE3 有助于运营商在使用 PTN 网络解决带宽瓶颈的同时，保护其已有投资和利润来源。

1.5.2 基本概念

PWE3 是 MPLS-TP 的重要技术内容，它使得 PTN 网络实现全业务的承载。PWE3 包括以下基本传输构件：

AC

接入电路，AC 是 CE 和 PE 之间的链路或虚链路。RYT6000-5G 支持的 AC 类型包括以太网端口、以太网端口加 VLAN/E1。

PW

伪线，一条 PW 代表了一条业务。

Forwarder

转发器，完成 AC 和 PW 间点到点或点到多点的报文转发。

Tunnel

隧道，是 PE-PE 之间的逻辑链路，一条隧道可承载多条 PW。

Encapsulation

封装，RYT6000-5G 设备支持标准的 PW 封装格式。

1.5.3 功能特点

RYT6000-5G 支持下列 PW 功能：

- 建立、删除 PW，指定 PW 的 MPLS 标签、承载隧道和端口。
- 可对接入的业务进行入口封装和出口解封装。
- 能够完成业务在 PTN 网络中的传送。
- 管理 PW 业务的告警和状态。支持 OAM、性能计数。
- 支持 Control word。
- 支持在 AC、PW 出口处添加、修改、删除报文 VLAN。

1.6 OAM 功能

1.6.1 概述

RYT6000-5G 系统支持 ITU-T Y.1731 以太网 OAM、MPLS-TP 网络层 OAM 机制和 IEEE 802.3ah 接入链路 OAM，完成用户侧和 MPLS-TP 各层网络 OAM 管理功能，实现快速故障检测以触发保护倒换，在包交换网络中保证电信级的服务质量。

RYT6000-5G 在各网络层所支持的 OAM 标准如表 1.6-1 所示。

表 1.6-1 RYT6000-5G 支持的 OAM 标准

PTN 网络层	对应 OAM 标准
以太网OAM	IEEE802.3ag ITU-T Y.1731
链路 OAM	IEEE802.3ah
MPLS-TP OAM(VS/VP/VC)	ITU-T Y.1731

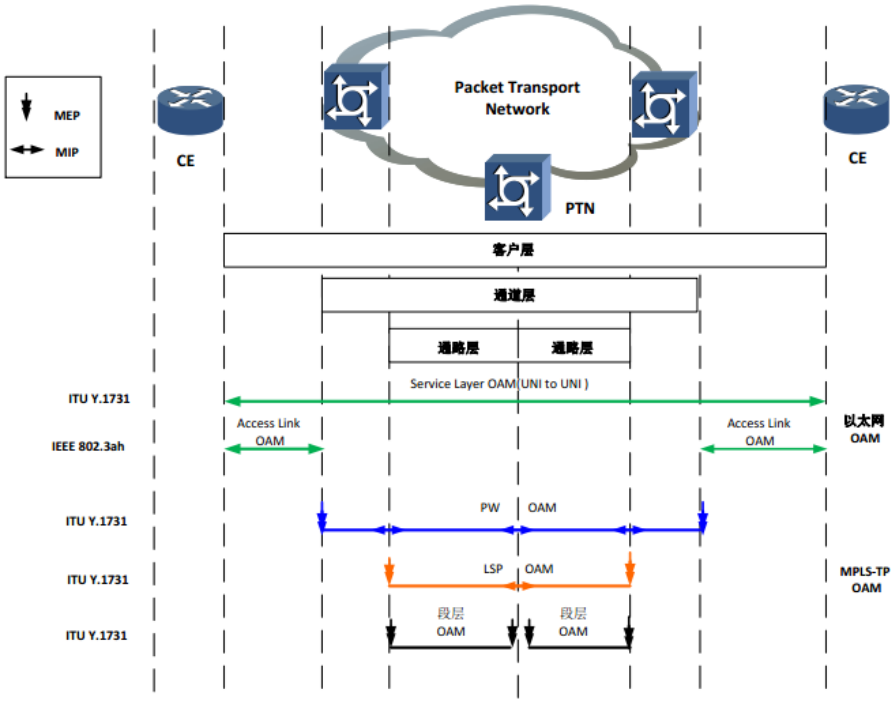
注：VS(Virtual Section)：PTN 虚段层网络

VP(Virtual Path)：PTN 虚通道层网络

VC(Virtual Channel)：PTN 虚通路层网络

OAM 层次化模型如图 1.6-1 所示。

图 1.6-1 OAM 层次化模型



1.6.2 以太网 OAM

1.6.2.1 协议简介

1.6.2.1.1 IEEE802.1ag

IEEE 802.1ag (Connectivity Fault Management，简称 CFM)定义了基于以太网承载网络的连通性故障检测（CC）、故障确认（LB）、故障定位（LT）和故障指示的 OAM 功能，适用于大规模组网的端到端场景，是网络级的 OAM。

CFM 定义的连通性故障检测功能支持每秒 300Hz 的发包频率，并且对不同的服务实例通过 VLAN 标记（Tagged）字段加以区分，因此特别适用于电信级以太网的保护倒换需求。

类似于 IP 层的 ping 和 traceroute 是针对 IP 地址进行工作的，CFM 的 LB 和 LT 则针对的是 MAC 地址，它判断相应的 MAC 地址是否可达，从而获得二层网络的相应工作状态和路径。

CFM 是以太网类型为 0x8902 的协议族，IEEE 802.1ag 和 I-TUT 共同定义了 0-255 个操作码（opCode）分别对应每个具体的子协议应用，根据功能分为故障

管理和性能监控两个部分，CFM 连通性故障管理涉及的操作码见图 1.6-2。

CFM PDU or organization	OpCode range
Reserved for IEEE 802.1	0
Continuity Check Message (CCM)	1
Loopback Reply (LBR)	2
Loopback Message (LBM)	3
Linktrace Reply (LTR)	4
Linktrace Message (LTM)	5
Reserved for IEEE 802.1	6 – 31
Defined by ITU-T Y.1731	32 – 63
Reserved for IEEE 802.1.	64 – 255

图 1.6-2 CFM 操作码 opCode

1.6.2.1.2 Y.1731

Y.1731 根据功能分为故障管理和性能监控两个部分。

- 故障管理：连通性故障检测、故障确认、故障定位和故障指示
- 性能监控：丢包率、时延/抖动、吞吐量的测试原理和测试方法。

Y.1731 是以太网类型为 0x8902 的协议族，IEEE 和 I-TUT 共同定义了 0-255 个操作码（opCode）分别对应每个具体的子协议应用。Y.1731 涉及的操作码见下图。

OpCode值	OAM PDU类型	OpCode与MEP/MIP的相关性
与 IEEE 802.1 共同的 OpCodes		
1	CCM	MEP
3	LBM	MEP 和 MIP（连通性验证）
2	LBR	MEP 和 MIP（连通性验证）
5	LTM	MEP 和 MIP
4	LTR	MEP 和 MIP
0、6-31、64-255	保留(注 1)	
本建议书特定的 OpCodes		
33	AIS	MEP
35	LCK	MEP
37	TST	MEP
39	APS	MEP
41	MCC	MEP
43	LMM	MEP
42	LMR	MEP
45	1DM	MEP
47	DMM	MEP
46	DMR	MEP
49	EXM	不属于本建议书的范围
48	EXR	不属于本建议书的范围
51	VSM	不属于本建议书的范围
50	VSR	不属于本建议书的范围
32、34、36、38、44、52-63	保留(注 2)	
注 1 — 保留由 IEEE 802.1 定义。 注 2 — 保留供 ITU-T 将来的标准化。		

图 1.6-3 Y1731 操作码 opCode

1.6.2.2 基本概念

1.6.2.2.1 MD：维护域

802.1ag 引入了一个非常重要的概念，就是域，它在逻辑上将网络从内到外划分为不同的层次，称作维护域 MD（Maintenance Domain）。

MD 是指对其实施以太网连通性故障管理的一个网络或一个网络的一部分。MD 是进行 CFM 连通性故障管理的一个 VLAN 组合，在维护域自身发出的 CFM 报文总是起始或终止于该维护域。维护域可以嵌套，不能交叉，这样，在出现问题时，可以通过问题所在的域的范围判断问题的归属。这个想法的目的是将运营商网络同用户网络隔离开，或者说将网络在逻辑上同实际使用者对应起来，从而产生清晰的界面。当出现问题时，通过在不同域中的判断确定问题的具体位置。如下图所示：

图 1.6-4 域的划分

注意：在网络中划分多个维护域要注意各维护域的位置关系可以是嵌套、相切或互不相交，但绝对不允许相交，图 1.6-5 列出了在网络中多个维护域之间的关系。

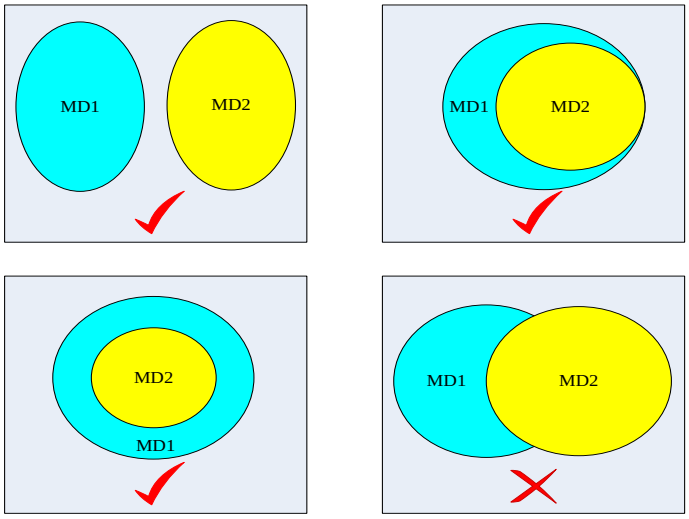


图 1.6-5 多个维护域之间的关系

1.6.2.2.2 MD Level：MD 等级

有两个基本的参数贯串了 802.1ag 协议的处理，它们就是维护域的级别（MD level）和它所服务的 VLAN（802.1ag 协议报文是带有 VLAN Tag 的）。这两个参数将网络进行了划分，它们影响到维护点的归属，影响到 802.1ag 的报文内容、MAC 地址，影响到报文的处理等。

维护域共分为 8 个级别，从 0～7，数字越大，代表的维护域范围越大。级别较小的域中的 CFM 报文不能穿过域的边界进入到较大的域中。由于各级别的维护域是嵌套的，如果在级别较大的域中发现了较小级别的报文，就属于一种错误，维护域中的维护点就会报告错误。错误的处理则是系统管理员的工作，有时候可能是网络的错误，也有时候可能就是系统管理员配置错误。

在客户、提供商和运营商角色之间，MD 等级默认的分配如下：

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

注意：当一个网桥配置有多个 MD 时，网桥端口上的 MD 允许所属 MD 以外的带有较高等级的 CFM 报文透明地穿越而不做任何处理，并阻断所属 MD 以外的带有相同或较低等级的 CFM 报文。

1.6.2.2.3 MA：维护集

维护集 MA 属于某个维护域 MD，由维护域内唯一的名称（一个字符串）标识。它具有的另外一个属性是 VLAN。

MA 可以理解为用某种格式表示的一个服务实例（Service Instance，在 CFM 连通性故障管理中就是 MA 映射的 VLAN）。

MA 具有多种格式，如图 1.6-6 所示，具体由连通性检测协议 CCM 报文的 MA 格式字段(Short MA Name Format)来识别。

Short MA Name Format Field	Value
Reserved for IEEE 802.1	0
Primary VID	1
Character string [a]	2
2-octet integer	3
RFC 2685 VPN ID	4
Reserved for IEEE 802.1	5 – 31
Defined by ITU-T Y.1731	32 – 63
Reserved for IEEE 802.1	64 – 255

图 1.6-6 MA 的格式

1.6.2.2.4 MAID：MAID 字段

MAID 字段由 MD、MA 的名称与格式字段构成，总共 48 字节，按照 MD 是否出现分为两种格式，如图 1.6-7、1.6-8 所示。武汉瑞盈通网络技术有限公司的相关产品的 CFM 连通性故障管理协议的 MAID 采用 MD 必须出现的 MAID 字段，即图 1.6-7 所示的格式。

Maintenance Domain Name Format (not 1)
Maintenance Domain Name Length
Maintenance Domain Name
Short MA Name Format
Short MA Name Length
Short MA Name
0 pad, if necessary

图 1.6-7 MAID 帧格式（MD 必须出现）

Maintenance Domain Name Format (1)
Short MA Name Format
Short MA Name Length
Short MA Name
0 pad, if necessary

图 1.6-8 MAID 帧格式（MD 未出现）

Maintenance Domain Name Format field	Value
Reserved for IEEE 802.1	0
No Maintenance Domain Name present	1
Domain Name based string [a]	2
MAC address + 2-octet integer	3
Character string [b]	4
Reserved for IEEE 802.1	5 – 31
Defined by ITU-T Y.1731	32 – 63
Reserved for IEEE 802.1	64 – 255

[a] This is a string the terminal substring of which is an RFC1035 DNS Name, and the remainder of which is a text string, following the syntax of a DNS Name, denoting the identity of a particular Maintenance Domain.
[b] This is an IETF RFC 2579 DisplayString, with the exception that character codes 0-31 (decimal) are not used.

1.6.2.2.5 ME：维护实体

ME（Maintenance Entity）表示一个 MA 内，2 个 MEP 间的点对点关系。

1.6.2.2.6 MEP：MA 边缘点

MEP（Maintenance association End Point）表示一个 MA 的端点，用于确定 CFM

连通性故障管理中每个 MA 的边界。MEP 的功能是发出和终止 CFM 报文，从而实现故障管理。

MEP 用数字（1-8191，在 CFM 连通性故障管理中称为 MEP ID）表示。

对于网络中运行以太网 CFM 的任意网桥，该网桥上的 MEP 称为本地 MEP，同一 MA 内其它网桥上的 MEP 相对本网桥而言，称为远端 RMEP（Remote MEP）。

在未配置 MEP 的网桥端口上，CFM 报文和具有相同 VLAN 标记的以太网业务流转发流程相同。而在配置 MEP 的网桥端口上，MEP 可以监控和自己相同 VLAN 标记的以太网业务流（例如对以太网业务流进行连通性检测），并利用和自己相同 VLAN 标记与层级(MD Level)的 CFM 报文实现故障管理和性能监控。

1.6.2.2.7 MEP 方向：up/down

当我们配置 MEP 的时候，顺序如下：

- ✓ 配置一个维护域，指定它的维护域名称和级别。
- ✓ 在维护域内配置一个维护集，指定它的维护集名称和 VLAN。
- ✓ 在端口上，配置维护集中的 MEP，指定它的 MEPID 和方向。

MEP 的方向是 MEP 必需的参数，关于它的理解可参见下面两个图，图中的三角形表示在该端口上配置的 MEP。

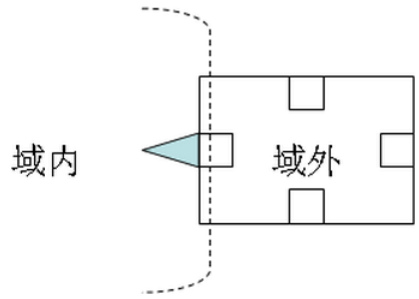


图 1.6-9 方向向外的 mep

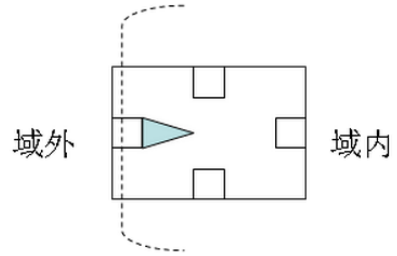


图 1.6-10 方向向内的 mep

在一个端口上配置 MEP 时，必须要确定维护域在 MEP 的哪个方向，就象在

两个国家的边界上设立界碑，单有界碑是不够的，必须在某一面标明国家，不然谁也不知道哪面是哪个国家。

CFM 连通性故障管理定义了两种类型 MEP 的方向：UP MEP 和 DOWN MEP。方向向外的 MEP 称为 Down MEP，在早期的草案中用 Outward 表示；方向向内的 MEP 称为 Up MEP，在早期的草案中用 Inward 表示。

MEP 同维护域的相对位置明确了，它的行为才明确。因为 MEP 仅向维护域内发送报文。当主动发送报文时，包括 CCM、LBM 和 LTM，Down MEP 是在配置了 MEP 的端口上发送的；而 Up MEP 则不在它所配置的端口上发送，它向其他没有配置 MEP（指同域同 VLAN）的端口发送。同样，接收报文也是这样，MEP 仅从维护域内部接收报文，外部发来的报文被认为是错误的，直接丢弃。外向 MEP 从它所配置的端口上接收报文；内向 MEP 则从其他端口上接收报文，或者说，它接收的是从其他端口转发来的报文。

1.6.2.2.8 MIP：MA 中间点

MIP（Maintenance domain Intermediate Point）是 MA 中的一个中间节点，用于对某些 CFM 报文（LBM 和 LTM）做出回应。MIP 本身并不主动发送 CFM 报文。除了满足 MIP 匹配条件的故障确认和故障定位 CFM 报文外，其它 CFM 报文和以太网业务流均是透明地穿越 MIP，不做任何处理。

1.6.2.3 支持功能

1.6.2.3.1 CC 连通性检测

以太网连通性检测(ETH-CC)是一种主动性的 OAM 功能，可以理解为三层的 BFD 协议在二层以太网的延伸，通常使用 1 类组播 MAC。它用于检测一个 MA 中任何一对 MEP 间连续性的丢失(LOC)。ETH-CC 也可以检测两个 MA 之间不希望有的连通性(错误混入)，在 MA 内与一个不要求的 MEP(非期望的 MEP)间不希望有的连通性，以及其它故障情况(例如非期望 MD 等级、非期望的周期等)。ETH-CC 可应用于故障管理(ETH-CC 以太网连通性检测、ETH-RDI，以太网远程端故障指示)或保护转换(G.8031/G.8032)的应用。

连通性检测的方法是：维护端点周期性地向同一维护集中（即同级别同 VLAN

中）的其他维护端点发送 CCM（Continuity Check Message）报文，同时也接收其他维护端点的 CCM 报文。如果在三个周期内没有收到对方的 CCM 报文，则认为链路出现故障，报告错误。

1.6.2.3.2 RDI 远端故障指示

RDI（Remote Defect Indicator）作为一个 bit 携带在 CCM 报文的 flag 中，被 remote MEP 用来告诉 Loacl MEP，该 Local MEP 或者 Local MEP 到这个 Remote MEP 的单向连接出现了问题。

由于 CCM 不需要 reply，所以一个 MEP 并不知道它发送到 remote MEP 的 CCM 是否被收到了，并且是否正确。因此，才需要在 CCM 中携带 RDI 这个 bit。如果一个 local MEP 从一个 remote MEP 收到的 CCM 中，RDI 被置为 0，那就意味着这个 remote MEP 正在正常的从 local MEP 接收 CCM。否则，如果 RDI 被置为 1，则意味着 remote MEP 已经检测到了该 local MEP 的 defect。

1.6.2.3.3 LB 环回(故障确认)

CFM 故障确认，也称以太网环回（ETH-LB），是一种按需的 CFM 功能，可以理解为 IP Ping 在二层以太网的延伸，是基于 VLAN 的二层 MAC-Ping 协议。ETH-LB 通过发送查询报文 LBM 和接收应答报文 LBR 来检测同一个 MA 内本地设备 MEP 到目的设备 MEP 或 MIP 的连通性。ETH-LB 有两种类型：

- 单播 Unicast ETH-LB 是基于 VLAN 的二层 MAC-Ping-MAC 协议；
- 组播 Multicast ETH-LB 使用 1 类组播 MAC，是基于 VLAN 的二层 MAC-Ping-MACs-in-VLAN 协议，LBR 都是使用单播地址。

单播和组播的 CFM 故障确认原理分别如图 1.6-11、图 1.6-12 所示。

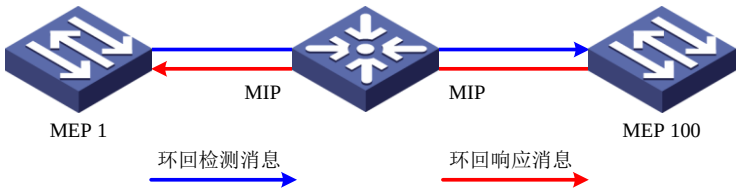


图 1.6-11 CFM 单播故障确认基本原理

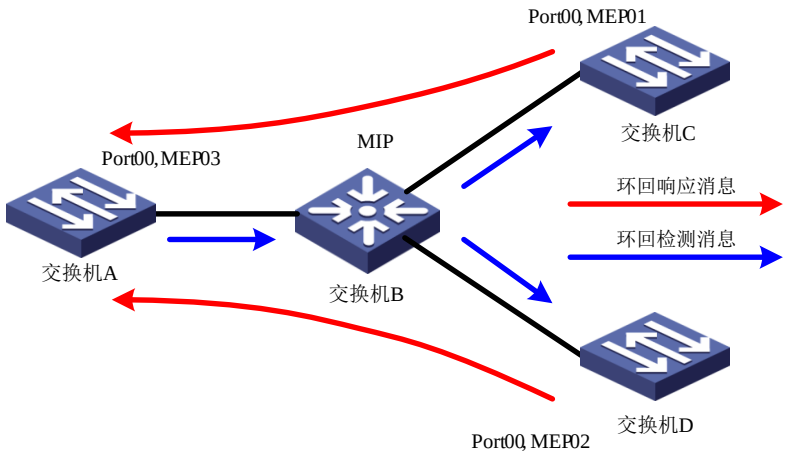


图 1.6-12 CFM 组播故障确认基本原理

1.6.2.3.4 LT 链路跟踪(故障定位)

CFM 故障定位，也称以太网链路追踪功能（ETH-LT），是一种按需的 CFM 功能，可以理解为 IP Trace 在二层以太网的延伸，是基于 VLAN 的二层 MAC-Trace 协议。ETH-LT 通过发送查询报文 LTM 和接收应答报文 LTR 来检测同一个 MA 内本地设备 MEP 到目的设备 MEP 或 MIP 的路径或定位故障点。LTM 使用 2 类组播 MAC，LTR 使用单播地址。

本地 MEP 发起 CFM 故障定位查询报文后，链路中所有中间 MIP 以及终结 MEP 向本地 MEP 发送 CFM 故障定位应答消息，其中 MIP 还会转发 CFM 故障定位查询消息，直到到达目的 MIP/MEP。通过 CFM 故障定位应答消息，本地 MEP 可以得到 MA 上所有 MIP 的 MAC 地址与相对发起 MEP 的位置，以及出现链路故障的位置区间。CFM 故障定位原理分别如图 1.6-13 所示。

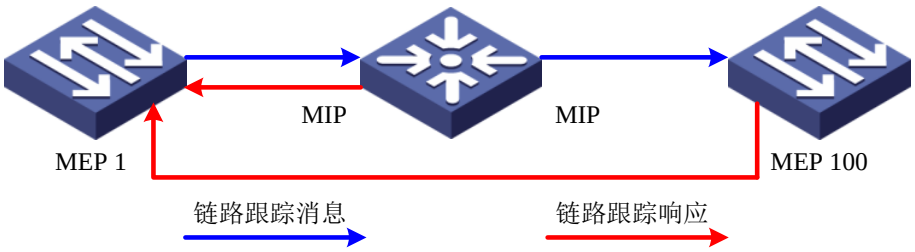


图 1.6-13 CFM 故障定位基本原理

链路跟踪报文（LTM）的目的 MAC 地址是组播地址，也是一组 8 个地址，最后三个比特位表示维护域级别。在这里，需要区分链路跟踪的“目标 MAC”和“目

的 MAC”。用于确定链路的目标 MAC，也就是 LTM 的最终目标，放在 LTM 报文的数据中。很显然，如果 LTM 报文是单播报文的话，处于链路中间的 MP 将无法收到该报文，从而无法回复。

处于链路中间的 MP 接收到 LTM 后，会从报文中解析出它的目标 MAC 地址，根据该 MAC 地址，查找本地的 MAC 地址表。然后向源端回应一个 LTR，并且继续向查到的端口发送 LTM 组播报文。LTM 报文就这样接力似的被传递到最终的目标，源端也就收到了路径中的所有实体的回应。

1.6.2.3.5 ETH-AIS 告警指示信号

AIS（Alarm Indication Signal）以太网告警指示信号，使用 1 类组播 MAC，用于在服务器层（子层）检测到连通性故障情况后抑制告警(Traps)。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。

ETH-AIS 功能可以在 MEP 上 enable 和 disable。

带有 ETH-AIS 的 Y.1731 帧可以由 MEP 在检测到故障情况时在客户的 MEG 等级上发出。AIS 原理如图 1.6-14 所示，红色的数据流即 ETH-AIS，可见 ETH-AIS 的 MEL 总是高于发送它的 MEP 所在的 MEL。

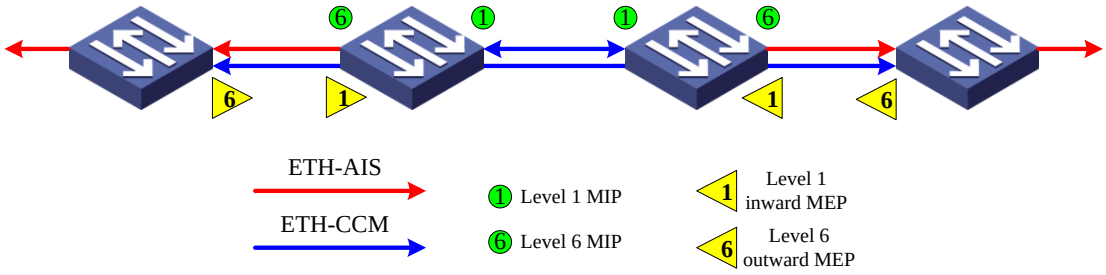


图 1.6-14 Y.1731 告警指示信号基本原理

当一个 MEP 配置了 ETH-AIS 功能，在检测到故障情况时，该 MEP 可以立即开始在配置的客户 MEG 等级上周期性地发送带有 ETH-AIS 信息的帧，直到故障情况消除。相对的，一旦客户层 MEP 接收到带有 ETH-AIS 信息的帧，MEP 即检测到 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，对于图 2-17，若此时 Level 6 出现 CC Lost，则不会发出告警。

发送 AIS 的故障情况有：

1. 在 MEG 内执行 ETH-CC 情况下信号异常的情况；
2. 在 MEG 内关闭 ETH-CC 情况下出现的 AIS 情况或 LCK 情况。

对于第一种情况，即在 MEG 内执行 ETH-CC 的信号异常情况，主要包括：

- 一个 MEG 中任何一对 MEP 间连续性的丢失(LOC)；
- 两个 MEG 之间不希望有的连通性(错误混入，MEG ID 不同)；
- 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；
- 非期望 MEG 等级(本地 MEP 检测到一个较低 MEL 的 ETH-CC)；
- 非期望的周期等(在 MEG 内本地 MEP 和远端 MEP 周期不一致)；
- ETH-CC 滞环(在 MEG 内本地 MEP 接收到自己发生的 ETH-CC)。

对于 MEG 内关闭 ETH-CC 出现的 AIS 情况或 LCK 情况，一般需要其它以太网链路检测协议触发，目前仅支持 IEEE 802.3ah 发现功能失败后触发 AIS。

注意：对于上述两种故障情况，满足 ETH-AIS 发送还必须保证发送 AIS 的 MEP 所在接口上配置了大于该 MEP 等级的 MIP。

1.6.2.3.6 ETH-LCK 锁定信号

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。以太网锁定信号使用的目的 MAC 为 1 类组播 MAC。

MEP 在配置的客户 MEG 等级上将继续周期性地发送带有 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 传输 AIS 帧。

1.6.2.3.7 ETH-TST 以太网测试信号

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，包括验证带宽通量、帧丢失、比特误码等。当 MEP 发起 TST 功能时，MEP 将插入具有指定通量、帧长度和传输码型的带有 ETH-Test 信息的帧。

当进行服务中断（out-of-service）的 ETH-Test 功能时，客户的数据业务流在 MEP 所在接口将被中断。配置成进行服务中断测试的 MEP，在紧接的客户层（子层）如 2.3.3.6 所描述的发送 LCK 帧。如果接收的 MEP 也配置成服务中断（out-of-service）的测试，它也能在 TST 帧接收的方向上，在客户的 MEG 等级上产生 LCK 帧。

当进行服务期间（in-service）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发送。

1.6.2.3.8 ETH-LM 以太网帧丢失测量

在一个要进行丢失测量的点到点的 ME 中，MEP 将为每个对等 MEP 和要监测的每个优先级等级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：用于从对等 MEP 接收的未超标数据帧的计数器。

TxFCl 和 RxFCl 计数器并不对 MEP 在 MEP 所在 MEG 等级上发送和接收的 OAM 帧进行计数。然而，计数器对于类似于数据帧那样穿过 MEP 的来自较高 MEG 等级的 OAM 帧要进行计数。

ETH-LM 可以用两种方式进行：

- 双端的 ETH-LM
- 单端的 ETH-LM

目前国内外运营商以太网帧丢失测试主要采用单端 ETH-LM 测量。

1. 双端的 ETH-LM

双端的 ETH-LM 用于性能监测的主动的 OAM，可应用于差错管理。在这种情况下，在一个点到点的 ME 中，每个 MEP 向它对等的 MEP 周期地发送带有 ETH-LM 信息的双端的帧，以便于对等 MEP 处的帧丢失测量。每个 MEP 都终结带有 ETH-LM 信息的双端的帧，并进行近端和远端的丢失测量。

这一功能用于在 ETH-CC 所使用的同一个优先级上进行性能监测。用于双端 ETH-LM 信息的 PDU 为 ETH-CCM。

2. 单端的 ETH-LM

单端的 ETH-LM 用于按需的 OAM。在这种情况下，为进行丢失测量，MEP 向其对等的 MEP 发送带有 ETH-LM 请求信息的帧，并从其对等 MEP 接收带有 ETH-LM 回复信息的帧。用于单端 ETH-LM 请求的 PDU 是 LMM 和 LMR。

对于单端按需的帧丢失测量，MEP 以如下的信息单元周期地发送 LMM 帧：

- TxFCf：LMM 帧传输时本地计数器 TxFCl 的数值。

每当 MEP 接收到一个有效的 LMM 帧时，就要生成一个 LMR 帧并将它发送给请求的 MEP。一个 LMM 帧被认为是一个有效的 LMM 帧，如果它具有有效的 MEG 等级，而且目的地 MAC 地址等于接收端 MEP 的 MAC 地址。一个 LMR 帧包含如下的数值：

- TxFCf：从 LMM 帧复制的 TxFCf 的数值。
- RxFCf：LMM 帧接收时本地计数器 RxFCl 的数值。
- TxFCb：LMR 帧传输时本地计数器 TxFCl 的数值。

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 RxFCl 的数值。这些数值被表示为 TxFCf[tc], RxFCf[tc], TxFCb[tc] 和 RxFCl[tc]，这里 tc 是当前那个回复帧的接收时间。
- 前一个 LMR 帧的 TxFCf、RxFCf、TxFCb 的数值和这前一个 LMR 帧接收时本地计数器 RxFCl 的数值。这些数值被表示为 TxFCf[tp]、RxFCf[tp]、TxFCb[tp] 和 RxFCl[tp]，这里 tp 是前一个回复帧的接收时间。

帧丢失远端 = |TxFCf[tc]–TxFCf[tp]|–|RxFCf[tc]–RxFCf[tp]|
帧丢失近端 = |TxFCb[tc]–TxFCb[tp]|–|RxFCl[tc]–RxFCl[tp]|

1.6.2.3.9 ETH-DM 以太网时延测量

ETH-DM 是一种按需的 OAM，用于测量帧时延和帧时延变化（抖动）。帧时延和抖动是通过向对等 MEP 周期地发送带有 ETH-DM 信息的帧，并在诊断间隔内从对等 MEP 接收带有 ETH-DM 信息的帧完成。

ETH-DM 可以用两种方式进行：

- 单向 ETH-DM
- 双向 ETH-DM

1. 单向 ETH-DM

每个 MEP 在点到点 ME 中向它对等的 MEP 发送带有单向 ETH-DM 信息的帧，以便于在对等的 MEP 上进行单向帧时延和/或单向帧时延变化的测量。

在进行单向时延测量时，MEP 将周期地发送带有 TxTimeStampf 数值的 1DM 帧。

TxTimestampf：ETH-DM 传输时的时戳

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

帧时延 = RxTimef － TxTimeStampf

但是，单向帧时延的测量需要发送端 MEP 和接收端 MEP 的时钟同步。而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，对于时钟同步的要求可以放松，因为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，就目前的网络而言，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。

2. 双向 ETH-DM

MEP 向其对等的 MEP 发送有 ETH-DM 请求信息的帧，并从其对等的 MEP 接收有 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。

MEP 发送一个带有 ETH-DM 请求信息的帧，它携带 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：

帧时延 = RxTimeb－TxTimeStampf

此外，MEP 也可以基于对两个顺序的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(抖动，jitter)的测量。

为了能进行更精确的双向时延测量，回复 ETH-DM 请求信息的 MEP 在 ETH-DM 回复信息中加入两个额外的时戳：RxTimeStampf（在 ETH-DM 请求信息的帧接收时的时戳）和 TxTimeStampb（在 ETH-DM 回复信息的帧发送时的时戳）。

如果 DMR 帧中载有额外的时戳（由 RxTimeStampf 和 TxTimeStampb 字段不为零确定），帧时延的计算将为：

帧时延 = (RxTimeb－TxTimeStampf)－(TxTimeStampb－RxTimeStampf)

需要说明的是，ETH-DM 的时间戳使用了 8 个字节填充，这意味着 Y.1731 理论上支持纳秒级的时延和抖动测量。但是以太网设备一般情况下只能提供毫秒级的时钟，更高级别的时钟服务需要硬件支持，因此除非特别说明，单纯依靠软件计算的时延和抖动总是毫秒级别的。

1.6.3 以太网链路 OAM（EFM）

1.6.3.1 协议简介

EFM(以太网第一英里 Ethernet in the First Mile, EFM)是 IEEE 802.3ah 协议 OAM（Operations Administration and Maintenance）部分的简称。EFM 主要定义用户接入网络(Subscriber access network)的 OAM，能够运行在任何全双工的点到点或者仿真的点到点以太网链路上，但不能在一个以太网中的多跳之间传播。借助 EFM，网络管理员可以监测用户接入网络的健康状态。

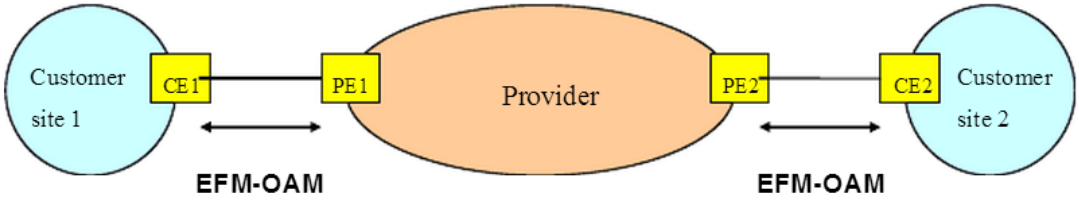


图 1.6-15 EFM OAM 应用场景

EFM 主要包括以下功能：

- 发现功能（Dicovery）
- 链路监控功能（Link Monitoring）
- 远端环回功能（remote-loopback）
- 最后一口气(Dying gasp，视设备硬件支持情况而定）
- 紧急链路故障检测功能（光纤单口拔纤、热重启，视设备硬件支持情况而定）

以太网 EFM 是一个有适度带宽需求的相对的慢协议，数据帧传输速率被限制到一秒最多 10 个帧，因此，EFM 对网桥正常操作的冲击是可以忽略不计的。需要注意的是，当 EFM 的链路监控（link monitoring）使能后，CPU 必须频繁的循检错误计数器。这种情况下，需要的 CPU 周期与轮循的接口数量成正比。

EFM PDU 采用标准的慢协议目的地址 0180.c200.0002，协议类型为 0x8809，最大的 EFM PDU 大小在发现阶段相互协商，取两端中的较小值。

1.6.3.2 功能介绍

1.6.3.2.1 链路发现

EFM 建立连接过程也叫作 Discovery 过程，Discovery 阶段是以太网 EFM 的第一阶段，在这个过程中，相连的以太网 EFM 实例通过交互 Information PDU 向对端通告自己的 EFM 配置信息及本地节点支持的 EFM 能力信息。EFM 实例收到对端的信息后，决定是否同意建立连接，如果两端 EFM 实例两端都是 PASSIVE 模式，则不会。若两端都同意了对端的 EFM 信息，连接成功并开始工作。交互的 EFM 信息包括：

- EFM 实例的状态；
- EFM 模式，包括 Active 和 Passive；
- 四种能力的支持，包括变量查询、链路监测、远端环回、单向传输；
- EFM PDU 大小，两端选择最小的大小来传输 PDU；
- OUI 识别号和用户信息。

EFM 连接建立成功之后，两端仍然会在一定间隔时间内发送 EFM PDU 来保持连接信息，如果在 link_lost_time 时间内没有收到对方的 EFM PDU，认为连接失败。

1.6.3.2.2 远端环回

EFM 实例通过发送 loopback control EFM PDU 能够将对端设置为环回模式。环回模式能够帮助管理人员在安装和检测以太网故障时保证链路的质量。在环回模式下，除了 EFM PDU 和 Pause 帧以外的其它所有接收到的帧都从原接口发送回去，环回状态期间，仍然需要周期性的交互 EFM PDU 来维持 EFM 链路发现功能。

对端 EFM 实例收到环回命令后，必须在一定时间间隔内通过响应一个环回状态相关标志设置的 Information EFM PDU 来通告自己处于环回模式，否则发送方将认为设置超时。管理人员能够通过它来估算链路是否满足服务级要求，同时它能够帮助测试延时、抖动和吞吐量。

当接口处于环回模式时，接口将不再参与二层和三层协议的运行，比如生成树协议和 OSPF 协议，因为当两个接口处于环回阶段时，除了 EFM PDU 外的其它数据帧都不会送往 CPU，非 EFM PDU 再 MAC 层就被环回或者丢弃。

需要注意的是，只有 Active 模式的 EFM 实例才有权限设置对端为环回状态。如果两端都是 Active，一端已经发出远端环回命令，并且正在等待对端响应时又收到了对端的远端环回命令，则比较两端的 MAC 地址大小，如果本地 MAC 地址小，不于处理；否则本地进入环回。

1.6.3.2.3 链路监控

链路监控用于检测和发现链路层的故障。当本地发生一个设置完成的链路故障时，将会将对端发送一个 Event Notification PDU 通告对方本地发生的错误，同时将此错误记录在错误日志中。错误事件包括以下四种：

- 错误 symbol 周期：检测单位时间内的错误 symbol 数量是否超出了设置的阈值。根据 IEEE 802.3ah 协议，这里的检测窗口大小设置为单位时间内总的 symbol 数量，该错误事件相当于检测在一定 symbol 数量中错误的 symbol 数量。
- 错误帧：检测单位时间内的错误帧数量是否超出了设置的阈值。
- 错误帧周期：检测在指定帧数量中错误的帧数量是否超出了设置的阈值。
- 错误帧秒：检测指定时间(秒的倍数)内错误秒的数量是否超出了设置的阈值。

1.6.2.3.4 链路故障通告

链路故障通告是指当 EFM 实例所在接口发生严重故障事件后，发送一个带有特殊标志置位的故障消息通告对端设备，同时将故障事件记入日志。对端 EFM 实例接收故障消息后，也会将故障事件记入日志。

以下三种错误事件会通告对端：

1） Link Fault（链路故障）：接收端检测到信号的丢失。比如对端的光信号故障。这个功能仅仅当链路支持发送和接收相互独立（即单向传输）时才能够支持。目前我司相关产品暂不支持 IEEE 802.3ah 在非单向传输的情况下实现 Link Fault；

2）Dying Gasp（致命错误）：指电源中断时的最后一口气；

3） Critical Event（用户自定义的紧急事件）：由各厂家来决定此紧急事件的类型，自定义关键事件：

- 接口禁用 IEEE 802.3ah（包括 NM 禁能、协议强制禁能、物理接口加入聚

合接口、热插拔等）；

- 设备热重启（如 NM 重启、设备异常重启等）。

1.6.4 MPLS-TP OAM

1.6.4.1 产生背景

MPLS-TP OAM 机制可以有效地检测、确认并定位出源于 MPLS 层网络内部的缺陷和网络性能的监控。设备可以利用 OAM 的检测状态来触发保护倒换，实现快速故障 检测和业务保护。网络性能的监控包括丢包率、时延和抖动。在包交换网络中保证电信级的服务质量。RYT6000-5G 支持符合标准的 MPLS-TP 的 OAM 机制，可以实现类似 SDH 丰富开销的能力，实现分层的网络故障自动检测、保护倒换、性能监控、故障定位、信号的完整性等功能，实现 MPLS-TP 各层 OAM 监控，并支持连续和按需的 OAM。

MPLS-TP OAM 分为三个层次：段层 OAM、LSP 层 OAM、PW 层 OAM。系统采用相同的协议(ITU Y.1731)运行于段层、LSP 层、PW 层完成 OAM 定义的功能。

OAM 技术为 MPLS 网络提供了一套缺陷检测的工具及缺陷纠正机制。通过 MPLS OAM 及保护倒换功能，MPLS 网络可以完成转发平面的检测功能，并在缺陷发生后的 50 ms 内完成保护倒换，从而将缺陷所产生的影响减小到最低。

1.6.4.2 基本概念

MPLS-TP OAM 技术包括 ME、MEG、MEP、MIP、MEL 等基本概念。管理实体 Maintenance Entity（ME）：一个需要管理的实体，在 T-MPLS 中，基本的 ME 是 T-MPLS 路径。ME 代表需要管理的一个实体，它是两个维护实体组端点之间的一种关系。

管理实体组 ME Group（MEG）：ME 组(MEG)中包括能满足以下条件的不同的 ME。

- 一个 MEG 的 ME 存在于同一个管理域的边界之内。
- 一个 MEG 的 ME 具有同样的 MEG 等级。
- 一个 MEG 的 ME 属于同一个点到点的 ETH 连接或者多点的 ETH

连通性。

– 对于一个点到点的 ETH 连接，一个 MEG 仅包含单个 ME。对于一个有 n 个端点的多点的 ETH 连通性，一个 MEG 包含 n× (n–1)/2 个 ME。

MEG End Point（MEP）：MEG 的端点，生成和终结 OAM 分组。

MEG Intermediate Point（MIP）：MEG 的中间节点，不能生成 OAM 分组，但能够对某些 OAM 分组选择特定的动作。MEP 和 MIP 由管理平面或控制平面指定。

MEL－MEG Level：八个级别：分别为 0-7，在 MEG 嵌套情况下，不同的 MEG 使用不同的 level 来区别各自的 OAM 帧。

1.6.4.3 支持功能

1.6.4.3.1 CC/CV: 主动连续性检测和连通性验证

工作在主动模式的连续性检测/连通性校验（CC/CV）功能，通过源维护终端点（MEP）周期性的发送该 OAM 报文，宿 MEP 对该报文进行监测，可以探测 MEG 中的任何一对 MEP 之间的连续性丢失（LOC）或错联等。

使能 CC/CV 的状态机按照配置的周期、MEG ID 和 MEP ID 发送 CC；设备接收到 CC 后，上报指定的状态机，状态机接收到 CC 后对报文的合法性和周期、MEG ID 和 MEP ID 进行校验，校验通过则记录接收到一个 OAM，校验不同过则分别未预期的周期、误连接故障或未预期的 MEP；按照报文应收周期和每周期内实际收到的报文数量判断报 dLOCV。

RDI: 当 MEP 点检测到故障后，设置 CC/CV 报文的 RDI 指示，通知对端维护端点；当 MEP 接收到故障后上报 RDI 告警。

表 1.6-2 缺陷产生和消除条件

缺陷类型	产生条件	清除条件
dLOCV	在 3.5 倍 CCM 发送周期（对于初始报文）或接收到的 CCM 报文中携带周期的间隔内，MEP 没有接收到来自对等 MEP 的 CCM 帧。	收到一个 MEG ID 和 MEP ID 均正确的 CCM 报文

未预期的周期	MEP 接收到携带正确 MEG 级别，正确 MEG ID，正确 MEP ID 但是周期域的值与 MEP 自己发送的周期不同。	在等于产生告警 CCM 报文中携带周期 3.5 倍的时间间隔内，MEP 没有接收到携带不正确周期域值的 CCM 帧。
误连接故障	MEP 接收到了一个携带正确 MEG 级别，但携带不正确的 MEG ID。	在等于产生告警 CCM 报文中携带周期 3.5 倍的时间间隔内，MEP 没有接收到具有不正确 MEG ID 的 CCM 帧。
未预期的 MEP	MEP 接收到携带正确 MEG 级别，正确 MEG ID，但非预期 MEP ID 的 CCM 帧。	在等于产生告警 CCM 报文中携带周期 3.5 倍的时间间隔内，MEP 没有接收到携带非预期 MEP ID 的 CCM 帧。

1.6.4.3.2 AIS 告警抑制

该功能主要用于当探测到服务层发生故障时，抑制客户层告警。当服务层 MEP 探测到 LOC 或信号故障（SF）时，向客户层的目的 MEP 发送 AIS 信号，用于压制客户层的 LOC 等告警信号。

1.6.4.3.3 LB 环回检测

环回检测信息（LB）为按需 OAM，用于检验 MEP 同 MIP 或对等 MEP 的连通性；也可以在一对对等 MEP 之间执行双向在线或离线诊断测试，包括检验带宽吞吐量、比特误码率等。LB 应支持基于节点实现，可选支持基于端口实现。

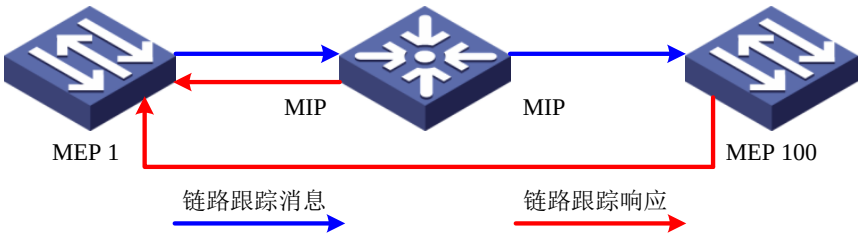
MEP 发送一个 LBM，然后期望在指定的时间周期内收到一个来自于 MIP 或对等 MEP 的 LBR。如果 MEP 没有在指定的时间周期内收到携带同 MIP 或对等 MEP 的 LBR ，则能够推断出同 MIP 或对等 MEP 的连通性丢失。LB 也能在 MEP 和 MIP 或对等 MEP 之间用不同大小的帧来测试双向连通性。

1.6.4.3.4 LT 以太网链路跟踪

Y.1731 故障定位，也称以太网链路跟踪功能（ETH-LT），是一种按需的 OAM 功能，可以理解为 IP Trace 在二层以太网的延伸，是基于 VLAN 的二层 MAC-Trace 协议。Y.1731 故障确认通过发送查询报文 LTM 和接收应答报文 LTR 来检测同一个 MEG 内本地设备 MEP 到目的设备 MEP 或 MIP 的路径或定位故障点。Y.1731 故障定位 LTM 使用 2 类组播 MAC，LTR 都是使用单播地址。

本地 MEP 发起 Y.1731 故障定位查询报文后，链路中所有中间 MIP 以及终结 MEP 向本地 MEP 发送 Y.1731 故障定位应答消息， 其中 MIP 还会转发 Y.1731

故障定位查询消息，直到到达目的 MIP/MEP。通过 Y.1731 故障定位应答消息，本地 MEP 可以得到 MEG 上所有 MIP 的 MAC 地址与相对发起 MEP 的位置，以及出现链路故障的位置区间。Y.1731 故障定位原理分别如图所示。



注：TP-OAM 中没有 LT 的定义。

1.6.4.3.5 LCK 锁定

锁定信号功能（LCK）分为锁定报告（LKR ）和锁定指示（LKI ）。LKI 具体要求待研究。

LKR 用于通告服务层（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客户层 MEP 的。它使得接收带有 LCK 信息的报文的客户层 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的服务中断的 TST。

1.6.4.3.6 LM 丢包测量

同 Y.1731。

1.6.4.3.7 DM 时延测量

同 Y.1731。

1.7. QoS 功能

1.7.1 产生背景

QoS（Quality of Service）是指数据流通过网络时的性能。它的目的在于向用户提供端到端的服务质量保证。

QoS 通过多种控制机制，针对不同用户或不同业务采用不同的策略，以保证各个数据流的性能处于一定水准，从而减少时间敏感业务的延时和抖动，确保关键业务的质量。线路负载趋于饱和时，QoS 能有效缓解网络资源不足的问题，保持业务可用性。

1.7.2 遵循的标准和协议

- IETF RFC 3270
- ITU-T G.8110
- MEF10.1　以太网业务属性 Phase 2
- IETF RFC2698 双速率 3 色标记
- IETF RFC 4115 支持业务有效处理的差分业务双速率三色标记

1.7.3 基本概念

QoS 包括业务可用性、延迟、抖动、吞吐量、丢包率等概念。业务可用性业务有保证的正常运行时间。

延迟

数据包在两个参考点间从发送到接收的时间间隔。

抖动

经同一路由发送一组数据包，在接收侧收到该组数据包的时间间隔差异。

吞吐量

网络中发送数据包的速率，可用平均速率或峰值速率表示。

丢包率

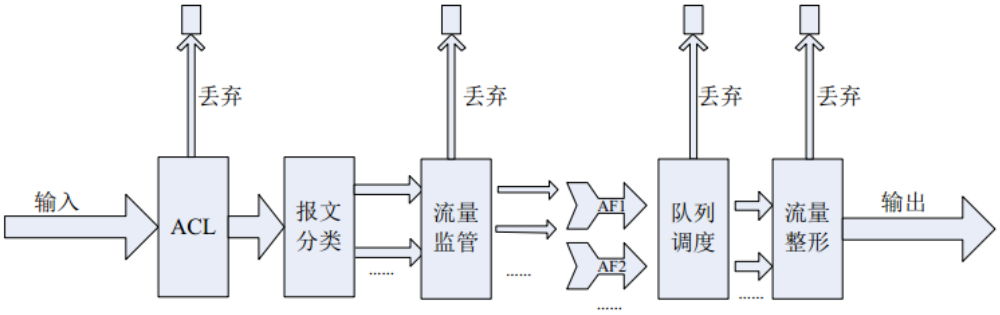
在网络传数据包时丢弃数据包的最高比率。数据包丢弃一般由网络

拥塞引起。

1.7.4 支持功能

RYT6000-5G 设备具备完善的 QoS 功能，支持 DiffServ 模型中的不同服务质量等级，支持层次化 QoS，可提供差异化服务，解决多业务承载的服务质量需求。其功能主要包括：报文分类、流量监管、流量整形、网络拥塞管理、队列调度。QoS 业务流程如图 1.7-1 所示。

图 1.7-1QoS 业务流程图



报文分类

报文分类是识别报文字段，将其划归不同细分流的过程。例如，在入口添加流分类规则“目的 IP 地址为'10.1.1.1'”，可以为具备该特征的报文针对性地配置 QoS 保障。报文分类是区分不同业务，实现 QoS 的前提。

RYT6000-5G 支持多种流分类方式：

- 简单流分类：为 AC 指定默认的业务等级、流量策略，是建立 AC 的必要步骤。

  简单流分类的细分程度与 AC 相同，即能按物理端口、运营商 VLAN ID、客户 VLAN ID 分配不同策略。

- 复杂流分类：为符合预定 VLAN、L2 或 L3 模板的报文指定业务等级、流量策略，是简单流分类的补充，AC 可同时附加多条复杂复杂流分类的细分能力与 AC 无关，可以使用 VLAN 与 L2 或 L3 字段的组合，支持掩码。具体字段为：

  – L2：源 MAC 地址、目的 MAC 地址、以太网协议类型。

  – L3： IP 协议类型、DSCP、源 IP 地址、目的 IP 地址、源端口号、目的端口号。

– VLAN：运营商 VLAN ID、运营商 VLAN 优先级、客户 VLAN ID、客户 VLAN 优先级。

报文分类支持以下功能：

- 支持基于上述复杂流分类的 ACL、流量监管、流量整形。
- 支持 L2（或 L3）范围内任意特征字段的组合。
- 支持特征字段的掩码进行流分类。
- 每个 AC 可同时应用 8 种 L2（L3）流分类。
- 每个 RYT6000-5G 网元可同时应用 512 种 L2（L3）流分类。

流量监管

流量监管（Policing）用于限制接入侧流量，防止个别业务占用过多带宽，使有限的网络资源能服务于更多用户。RYT6000-5G 设备依据双速三色（trTCM）算法进行流量监管。

流量监管支持以下功能：

- 支持色盲模式（Color-Blind）和色敏感模式（Color-Aware）。
- 支持双令牌桶，可配置承诺信息速率（CIR）、承诺突发长度（CBS）、超额信息速率（EIR）、超额突发长度（EBS）。
- 支持标记输出报文的颜色、服务质量等级。
- 支持限制各端口、各业务等级的输出带宽。配置的颗粒为 64 kbps。

流量整形

流量整形（Traffic Shaping）通过缓存网络出口的突发报文，使之在实际业务速率下降后得到发送机会。RYT6000-5G 流量整形通过缓冲区和令牌桶完成。出口拥塞时，未发送报文首先在缓冲区进行缓存；不拥塞时，设备再发送缓冲区报文。

拥塞管理

RYT6000-5G 支持分别为黄色、绿色报文配置尾丢弃、WRED 两种丢弃策略。两种策略均用于缓存耗尽，即待转发流量持续大于出口带宽时。

- 可以配置缓存占用率达到多少时开始丢弃，以及丢弃概率随缓存占用率增大的幅度。
- 配置缓存占用率达到 100%时开始丢弃，即为尾丢弃。

- WRED 的优点是能缓解 TCP 协议全局同步。因为 WRED 端口拥塞前报文丢失有先后，不会使所有 TCP 连接同时进入慢启动状态。

队列调度

队列调度发生于拥塞时，它为各种业务等级分配不同的 QoS 保证，保障高业务等级的服务质量。RYT6000-5G 支持 SP、DWRR 两种调度方式和 CS7、CS6、EF、AF4、AF3、AF2、AF1、 BE 八种业务等级。队列调度具有以下特点：

- 每条业务至少应指定一种业务等级。
- 为保障 TDM 业务的服务质量，其业务等级只能为 CS7、CS6、EF。
- SP 调度方式下，优先转发的顺序是 CS7、CS6、EF、AF4 CIR、AF3 CIR、AF2 CIR、AF1 CIR、AF4 EIR、AF3 EIR、AF2 EIR、AF1 EIR、BE。
- DWRR 调度方式下，AF1～AF4、BE 之间通过权重分配带宽：带宽少于端口保留带宽的业务等级不丢包，超出端口保留带宽的业务等级需竞争剩余带宽，分配大小与权重成正比。

层次化 QoS

RYT6000-5G 支持对 ELSP 类型的 AF1～AF4 业务等级进行 PW、Tunnel 层的流量控制。

管理员可以为中间节点的 XC、输出端 PE 的 PW、Tunnel 入口配置 AF1～AF4 业务的 CIR、EIR、缓存。

目前，非 AF 业务等级，ELSP PW、Tunnel、XC 出方向的速率，LLSP 和 EELSP PW、Tunnel、XC 的所有速率只做校验，不实际限制带宽。

1.8. DCN 功能

1.8.1 产生背景

DCN 是网络管理的一部分，用于传送网络管理信息。RYT6000-5G 支持带内 DCN，保证网络管理信息的互通。

带内 DCN 是指利用被管理设备提供的业务通道完成网络设备管理。在这种方式下，网络管理信息等 DCN 信息通过设备的业务通道传送。

1.8.2 基本概念

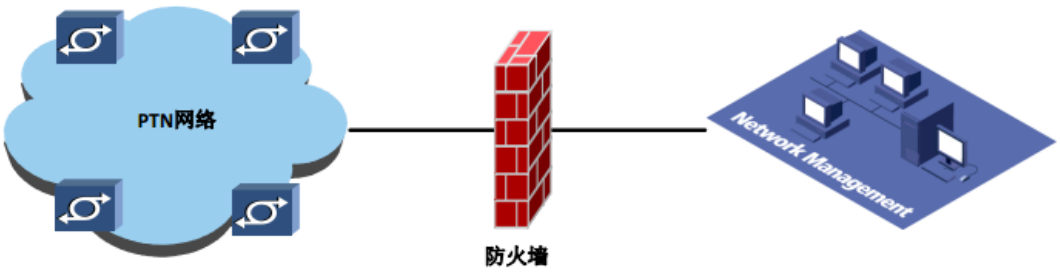
DCN 组网包括带内 DCN 组网和带外 DCN 组网两种方式。

带内组网方式

带内 DCN 组网是指利用被管设备提供的业务通道来完成网络设备管理的组网方式。在这种方式下，网络管理信息通过设备的业务通道传送。

带内 DCN 组网的特点是组网灵活，相对于带外 DCN，不需要提供专门的 DCN 网络。组网图如图 1.8-1 所示。

图 1.8-1 带内组网方式



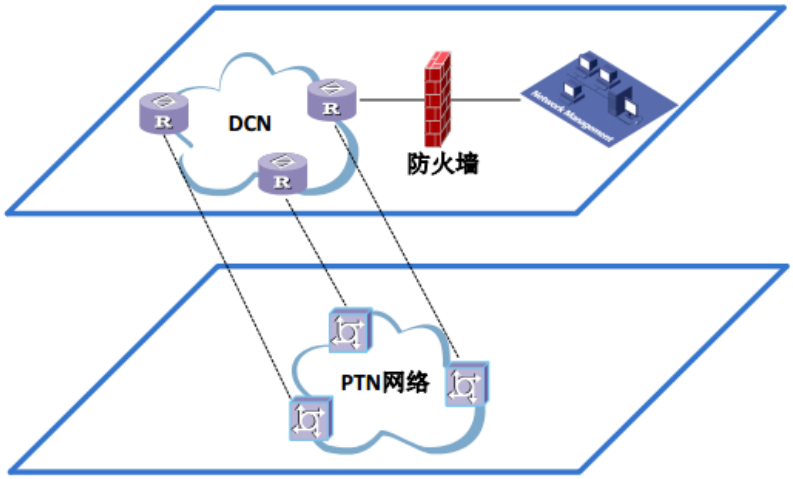
带外 DCN 组网方式

带外组网是指利用业务通道以外的其它通道来传送网络管理信息，从而实现对网络的管理的组网方式。

同带内组网相比，带外组网提供了更可靠的管理通路。在业务通道发生故障时，也能及时获取网络管理信息，并实时监控。

带外方式要求提供专用的通信通道，提供同业务通道无关的维护通道。组网如图 1.8-2 所示。

图 1.8-2 带外组网方式


DCN
防火墙
PTN网络

1.9. 保护功能

1.9.1 网络级保护

RYT6000-5G 同时提供丰富的网络级保护，如表 1.9-1 所示。

表 1.9-1 RYT6000-5G 提供的网络级保护

保护对象	保护类型	保护方式	保护倒换时间
以太网链路保护	LAG(Link Aggregation Group）保护	UNI 侧兼备保护和负载均衡功能	链路中断≤200 ms
		NNI 侧为 1:1 非恢复式链路保护（无负载均衡功能	链路中断≤200 ms
LSP1:1 保护	LSP 的线性保护	1:1 双向非恢复式	≤50 ms

1.9.1.1 以太网链路保护

遵循的标准和协议

IEEE 802.3ad

基本概念

LAG：Link Aggregation，链路聚合，将多个以太网口聚合起来组成一个逻辑上的端口。

LACP：Link Aggregation Control Protocol，链路聚合控制协议，该协议用于动态控制物理端口是否加入到聚合组中。

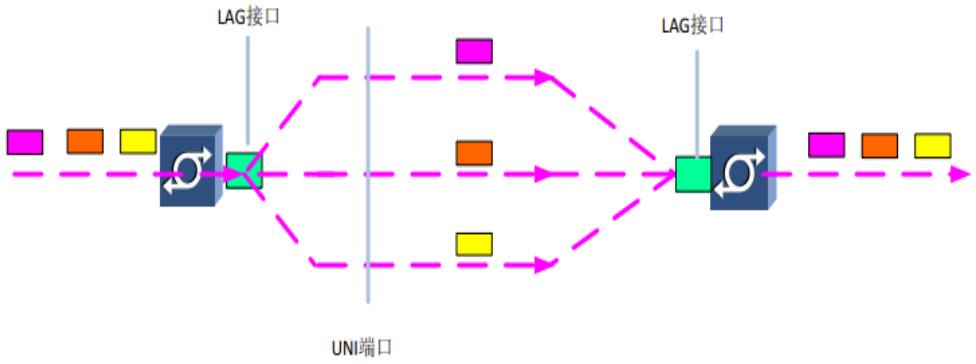
基本功能

RYT6000-5G 设备可以对 UNI 侧和 NNI 侧以太网接口实施以太网链路保护，支持负载均衡/非负载均衡功能。

负载均衡：业务均匀分布在 LAG 组内的所有成员上传送。

每个 LAG 组最多支持 4 个成员，仅应用于 UNI 侧，实现原理图如图 10-1 所示。

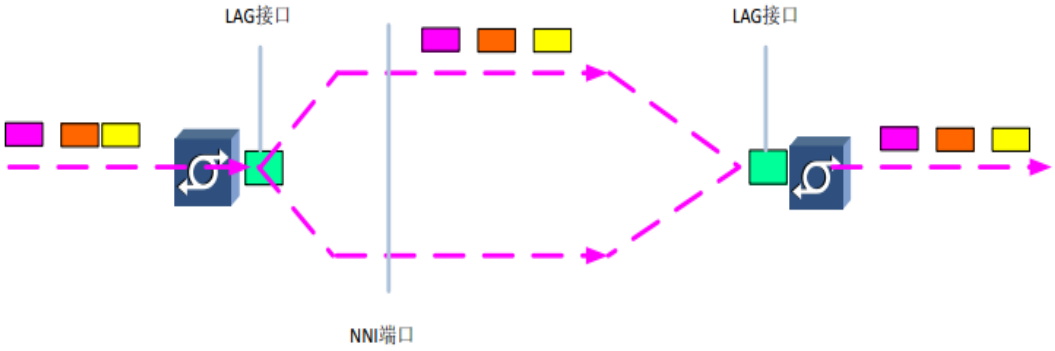
图 10-1 LAG 保护实现原理图 1——负载均衡



非负载均衡：正常情况下，业务只在工作端口上传送，保护端口上不传业务。

每个 LAG 组只能配置 2 个成员，形成 1:1 保护方式，可以应用于 UNI 侧和 NNI 侧，实现原理图如图 10-2 所示。

图 10-2 LAG 保护实现原理图 2——非负载均衡



性能指标

LAG 保护倒换时间应小于 200 ms。

触发条件

链路故障：如光缆中断、光口失效等。

外部原因：响应对端设备发起倒换。

倒换命令：不支持。

链路聚合方式

- 静态模式：静态模式的链路聚合需要借助 LACP 协议，通过交互协议报文自动维护聚合端口的状态。创建聚合组和加入成员链路仍旧需要管理员人工完成， LACP 不能改变管理员的配置信息。
- 手工模式：手工模式的端口捆绑不需要启动 LACP 协议，不需要交互协议报文，端口的聚合完全由人工指定。

配置方式

RYT6000-5G 设备支持最多 6 个 LAG 组，可以在任意以太网业务板及同一业务板的任意端口完成配置。

设备支持对 LAG 组中的各端口设置优先级。

软件检测到接口的状态变化后根据 LAG 的配置自动调整有效的成员接口。

1.9.1.2 LSP1:1 保护

遵循的标准和协议

ITU-T G.8031

基本概念

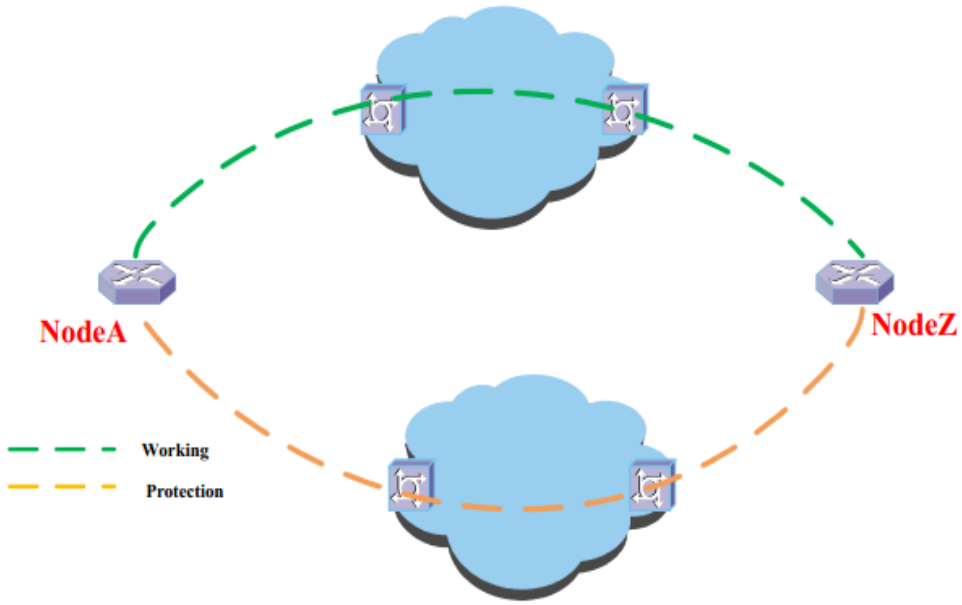
APS：Automatic Protection Switching，自动保护倒换。

基本功能

LSP 保护是在 MPLS Tunnel 为 PTN 网络提供的保护，通过保护通道来保护工作通道上传送的业务。当工作通道发生故障的时候，业务倒换到保护通道。

RYT6000-5G 设备支持 LSP 1:1 双向保护，功能框图如图 1.9-3 所示。

图 1.9-3 LSP 1:1 实现原理图



保护参数

LSP 保护参数如表 1.9-2 所示。

表 1.9-2 LSP 保护参数表

倒换类型	回复类型	倒换协议	倒换时间	Holdofftime	WTR	倒换条件
1:1 双向倒换	非恢复式	APS 协议	≤50 ms	0~10s，缺省为 0	0s	单板软件或硬件故障
1:1 双向倒换	可恢复式	APS 协议	≤50 ms	0~10s，缺省为 0	0~600 s 缺省为60 s	单板硬件复位 人工下发倒换命令 LSP 层OAM 失效告警

触发条件

物理层检测：物理层信号失效。

链路层检测：通过 LSP OAM 进行检测，LOC、AIS、Mismerge、UnexpectedMep。

倒换命令

支持的倒换命令：清除、锁定、强制倒换、人工倒换。

优先级关系：清除>锁定>强制倒换>人工倒换。

1.10 技术指标

1.10.1 整机技术指标

RYT6000-5GA/B/C 的设备技术指标如下：

表 1.10-1 RYT6000-5GA/B/C 设备技术指标

技术指标	RYT6000-5GA	RYT6000-5GB	RYT6000-5GC
设备尺寸（mm）	400（长）×205（宽）×44（高）		
设备重量（kg）	<5		
最大功耗(W)	17	20	20
电源	130～265VAC		
网络介质	双绞线：100m（采用标准 CAT5，CAT5e 网络线缆） 多模光纤：850nm，550m 单模光纤：1310,10km/40km；1550nm，60km/80km		
电口工作模式	半双工、全双工、自动协商，支持 MDI/MDIX 自适应		

1.10.2 系统性能

RYT6000-5GA/B/C 的系统性能指标如表 1.10-2 所示。

表 1.10-2 系统性能指标

项目	RYT6000-5GA	RYT6000-5GB	RYT6000-5GC
符合标准	Y.1731,G.8264，G.8261,G.8262，IEEE802.3ah,IEEE802.1ag,IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE802.3ac, IEEE 802.3ad, IEEE 802.3z,IEEE 802.3x, IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1s		
MPLS Tunnel 1:1 保护倒换时间	＜50 ms		
交换容量	3G		
MAC地址容量	8K		
LAG倒换时间	＜200ms		
GE光口数量	1	2	2
GE/FE电口数量	2	2	4
E1端口数	0	4	0
TUNNEL数目	16		
PW数目	32		
LSP保护组数目	16		
支持eline实例数	32		
支持elan实例数	16		
支持etree实例数	16		

1.10.3 可靠性指标

RYT6000-5GA/B/C 可靠性指标主要包括系统可用度，系统平均年返修率，MTTR 系统平均修复时间，MTBF 系统平均故障间隔时间等。

RYT6000-5GA/B/C 可靠性指标如表 1.10-3 所示。

表 1.10-3 可靠性指标

项目	指标值
系统可用度	0.999996，设备年停机时间不大于 2.1 分钟
系统平均年返修率	小于 1.2%
MTTR 系统平均修复时间	满足 1 小时
MTBF 系统平均故障间隔时间	249999 小时

1.10.4 存储工作环境

RYT6000-5GA/B/C 的存储工作环境如下：

表 1.10-4 RYT6000-5GA/B/C 存储工作环境

技术指标	RYT6000-5GA	RYT6000-5GB	RYT6000-5GC
工作温度	-10℃～55℃		
存储温度	-40℃-70℃		
工作湿度	10%-95%HR 无凝结		
存储湿度	5%-90% HR 无凝结		
工作海拔	-60m～+400m		

2. 硬件描述

2.1 机柜

2.1.1 机柜类型

RYT6000-5G安装挂耳后可以安装在19英寸标准机柜中。

2.2 设备简介

RYT6000-5GA/B/C是由武汉瑞盈通网络技术有限公司专为构建高安全高性能网络需求而自主研发的新一代多业务传输平台，采用核心功能模块化设计，支持多种业务接口类型，端口配置灵活、完善的OAM机制，支持多种以太网业务类型，支持多种网络级保护功能，易于管理、维护和升级，充分满足了用户实现高带宽数据交换、多接口类型、密集型高速访问服务器的网络需求。

2.3 系统配置

2.3.1 RYT6000-5GA 硬件描述

2.3.1.1 设备外观

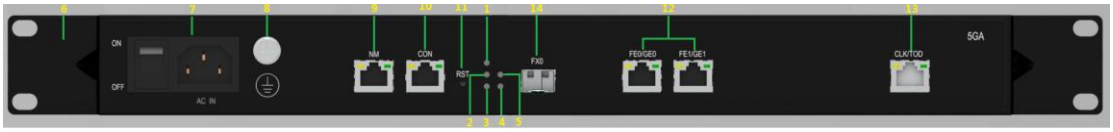
RYT6000-5GA 采用交流输入，有一个 NMS 管理接口和一个 console 接口。提供的业务端口为 1 个 GE 光口和 2 个 FE/GE 电口，有 1 个外时钟接口。
外观示意图如图 2.3-1 所示。

图 2.3-1 RYT6000-5GA 外观示意图

2.3.1.2 指示灯及接口说明

RYT6000-5GA 指示灯及接口如下图。

图 2.3-2 RYT6000-5GA 外观示意图



RYT6000-5GA 接口及指示灯描述见表 2.3-1：

表 2.3-1 RYT6000-5GA 接口及指示灯描述

1	ALM 告警指示灯，红色，设备产生告警时红灯常亮
2	RUN 系统运行的，设备正常运行 1S 频率闪烁
3	PWR 指示灯，供电正常绿灯常亮
4	FX0 光口 LINK 指示灯，光口正常连接绿灯常亮
5	FX0 光口 ACT 指示灯，有数据收发时绿灯快闪
6	挂耳，用于安装到 19 英寸机柜
7	AC 交流输入开关及接口
8	设备接地端子
9	10M/100M NM 管理接口
10	Console 口
11	Reset 键
12	100/1000M 自适应电口
13	CLK/TOD 接口
14	FX0 光口

2.3.1.3 物理规格

RYT6000-5GA 物理规格见表 2.3-2 所示。

表 2.3-2 RYT6000-5GA 物理规格

技术指标	RYT6000-5GA
设备尺寸（mm）	400（长）×205（宽）×44（高）
GE 光口数量	1
FE/GE 电口数量	2
设备重量（kg）	<5

最大功耗(W)	17
使用环境	工作温度-10℃～55℃，存储温度：-40℃-70℃ 工作湿度：10%-95%HR　无凝结 存储湿度：5%-90% HR　无凝结 工作海拔：-60m～+400
电源	130～265VAC
网络介质	双绞线：100m（采用标准 CAT5，CAT5e　网络线缆） 多模光纤：850nm，550m 单模光纤：1310,10km/40km；1550nm，60km/80km
电口工作模式	半双工、全双工、自动协商，支持 MDI/MDIX　自适应

2.3.2 RYT6000-5GB 硬件描述

2.3.2.1 设备外观

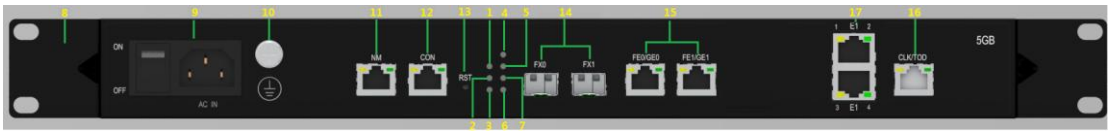
RYT6000-5GB 采用交流输入，有一个 NMS 管理接口和一个 console 接口。提供的业务端口为 2 个 GE 光口和 2 个 FE/GE 电口，4 路 E1 接口，有 1 个外时钟接口。
外观示意图如图 2.3-3 所示。

图 2.3-3　RYT6000-5GB 外观示意图

2.3.2.2 指示灯及接口说明

RYT6000-5GB 指示灯及接口如下图。

图 2.3-4　RYT6000-5GB 外观示意图



RYT6000-5GB 接口及指示灯描述见表 2.3-3：

表 2.3-3　RYT6000-5GB 接口及指示灯描述

1	ALM 告警指示灯，红色，设备产生告警时红灯常亮

2	RUN 系统运行的，设备正常运行 1S 频率闪烁
3	PWR 指示灯，供电正常绿灯常亮
4	FX1 光口 LINK 指示灯，光口正常连接绿灯常亮
5	FX1 光口 ACT 指示灯，有数据收发时绿灯快闪
6	FX0 光口 LINK 指示灯，光口正常连接绿灯常亮
7	FX0 光口 ACT 指示灯，有数据收发时绿灯快闪
8	挂耳，用于安装到 19 英寸机柜
9	AC 交流输入开关及接口
10	设备接地端子
11	10M/100M NM 管理接口
12	Console 口
13	Reset 键
14	FX0、FX1 光口
15	FE0/GE0、FE1/GE1 100M/1000M 自适应电口
16	CLK/TOD 接口
17	4 路 E1 接口

2.3.2.3 物理规格

RYT6000-5GB 物理规格见表 2.3-4 所示。

表 2.3-4 RYT6000-5GB 物理规格

技术指标	RYT6000-5GB
设备尺寸（mm）	400（长）×205（宽）×44（高）
GE 光口数量	2
FE/GE 电口数量	2
E1 接口	4
设备重量（kg）	<5
最大功耗(W)	20
使用环境	工作温度-10℃～55℃，存储温度：-40℃-70℃ 工作湿度：10%-95%HR 无凝结 存储湿度：5%-90% HR 无凝结 工作海拔：-60m～+400
电源	130～265VAC
网络介质	双绞线：100m（采用标准 CAT5，CAT5e 网络线缆） 多模光纤：850nm，550m 单模光纤：1310,10km/40km；1550nm，60km/80km

电口工作模式	半双工、全双工、自动协商，支持 MDI/MDIX 自适应

2.3.3 RYT6000-5GC 硬件描述

2.3.3.1 设备外观

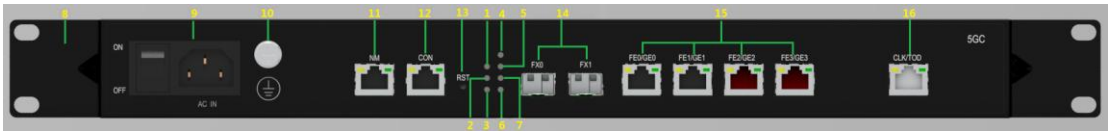
RYT6000-5GC 采用交流输入，有一个 NMS 管理接口和一个 console 接口。提供的业务端口为 2 个 GE 光口和 4 个 FE/GE 电口，有 1 个外时钟接口。
外观示意图如图 2.3-5 所示。

图 2.3-5 RYT6000-5GC 外观示意图

2.3.2.2 指示灯及接口说明

RYT6000-5GC 指示灯及接口如下图。

图 2.3-6 RYT6000-5GC 外观示意图



RYT6000-5GC 接口及指示灯描述见表 2.3-6：

表 2.3-5 RYT6000-5GC 接口及指示灯描述

1	ALM 告警指示灯，红色，设备产生告警时红灯常亮
2	RUN 系统运行的，设备正常运行 1S 频率闪烁
3	PWR 指示灯，供电正常绿灯常亮
4	FX1 光口 LINK 指示灯，光口正常连接绿灯常亮
5	FX1 光口 ACT 指示灯，有数据收发时绿灯快闪
6	FX0 光口 LINK 指示灯，光口正常连接绿灯常亮
7	FX0 光口 ACT 指示灯，有数据收发时绿灯快闪
8	挂耳，用于安装到 19 英寸机柜
9	AC 交流输入开关及接口
10	设备接地端子
11	10M/100M NM 管理接口

12	Console 口
13	Reset 键
14	FX0、FX1 光口
15	FE0/GE0、FE1/GE1 、FE2/GE2、FE3/GE3 100M/1000M 自适应电口
16	CLK/TOD 接口

2.3.2.3 物理规格

RYT6000-5GC 物理规格见表 2.3-6 所示。

表 2.3-6 RYT6000-5GC 物理规格

技术指标	RYT6000-5GA
设备尺寸（mm）	400（长）×205（宽）×44（高）
GE 光口数量	2
FE/GE 电口数量	4
设备重量（kg）	<5
最大功耗(W)	20
使用环境	工作温度-10℃～55℃，存储温度：-40℃-70℃ 工作湿度：10%-95%HR 无凝结 存储湿度：5%-90% HR 无凝结 工作海拔：-60m～+400
电源	130～265VAC
网络介质	双绞线：100m（采用标准 CAT5，CAT5e 网络线缆） 多模光纤：850nm，550m 单模光纤：1310,10km/40km；1550nm，60km/80km
电口工作模式	半双工、全双工、自动协商，支持 MDI/MDIX 自适应

2.4 设备线缆说明

表 2.4-1 设备线缆说明

线缆名称	接口和用途说明	图示

交流 220V 电源线	DB3 接口 用于 RYT6000-5GA/B/C 供电	
LAN 口网线	RJ45 接口 用于连接设备和网管 PC	
2M(E1)线	RJ45 接口 用于 E1 信号输入/输出	
75Ω外时钟线	RJ45 接口 用于 CLK/TOD 信号输入/输出	
光纤	LC/FC 接口 用于连接 GE/FX 光口	

A. 缩略语

BTS	Base Transceiver Station	基站收发台
cSTM-1	Channelized STM-1	通道化
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	欧洲电信标准化协会
E-LAN	Ethernet- Local Area Network	以太网局域网
E-TREE	Ethernet-Tree	以太网树型
E-LINE	Ethernet- Line	以太网线型
EPLAN	Ethernet Private LAN	以太网专网
GE	Gigabit Ethernet	千兆以太网
GUI	Graphical User Interface ,	图形用户界面
ITU-T	T U Telecommunication Standardization Sector	国际电信联盟远程通信标准化组织
IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工委员会
IMS	Integrated Management System	综合管理系统
IVL	Independent VLAN Learning	独立 VLAN 学习
JWT	Joint Working Team	联合工作小组
LAG	Link Aggregation Group	链路聚合组
LCT	Local Control Terminal	本地维护终端
MAC	Media Access Control	媒质接入控制
MEF	Managed Extensibility Framework	城域以太网论坛
MPLS	Multi Protocol Label Switching	多协议标记交换
MPLS-TP	MPLS Transport Profile MPLS	传送子集
NMS	Network Management System	网络管理系统
NNI	Network Node Interface	网络节点接口
OAM	Operation Administration and Maintenance	操作、管理和维护
PTN	Packet Transport Network	分组传送网
PWE3	Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge	端到端伪线仿真

QoS	Quality of Service	服务质量
Q-in-Q	VLAN Tag in VLAN Tag , VLAN Tag	堆叠，双标签
RNC	Radio Network Controller	无线网络控制器
SAToP	Structure-Agnostic TDM over Packet	结构化无关 TDM 仿真
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
TDM	Time Division Multiplexing	时分复用
T-MPLS	T-MPLS Path	T-MPLS 通路层
T-PE	PW Terminating Provider Edge	伪线终结的运营商边缘设备
UNI	User Network Interface	用户网络接口
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网
VPLS	Virtual Private LAN Service	虚拟专用局域网业务
VSI	Virtual Switch Instance	虚拟交换实例
VPI	Virtual Path Identifier	虚拟通道标识符
VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网