



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 28029.6—2020

## 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 2-5 部分:以太网列车骨干网(ETB)

Electronic railway equipment—Train communication network (TCN)—  
Part 2-5: Ethernet Train Backbone(ETB)

[IEC 61375-2-5:2014, Electronic railway equipment—Train communication  
network (TCN)—Part 2-5: Ethernet train backbone, MOD]

2020-03-06 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



目 次

前言 ..... Ⅲ

引言 ..... V

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语、定义、缩略语和约定 ..... 2

    3.1 术语和定义 ..... 2

    3.2 缩略语 ..... 2

    3.3 约定 ..... 3

4 ETB 物理层 ..... 4

    4.1 列车域 ..... 4

    4.2 物理特征 ..... 4

    4.3 以太网供电(PoE) ..... 10

    4.4 ETB 物理架构和冗余 ..... 12

5 ETB 数据链路层 ..... 14

6 ETB 网络层 ..... 15

    6.1 概述 ..... 15

    6.2 IP 映射介绍 ..... 16

    6.3 拓扑 ..... 16

    6.4 网络 IP 地址映射 ..... 18

    6.5 特殊主机 IP 地址 ..... 22

    6.6 用例 ..... 25

    6.7 动态 IP 路由管理 ..... 28

7 ETB 传输层 ..... 29

8 ETB 列车初运行 ..... 29

    8.1 概述 ..... 29

    8.2 目标和假设 ..... 30

    8.3 ETBN 设置 ..... 31

    8.4 通用行为 ..... 33

    8.5 ETBN 初运行状态图 ..... 33

    8.6 ETBN 发现 ..... 37

    8.7 TTDP 消息描述 ..... 40

    8.8 TTDP 数据结构 ..... 50

    8.9 TTDP 帧定时 ..... 55

    8.10 初运行列车应用接口 ..... 59

    8.11 降级模式 ..... 59

    8.12 发现时序 ..... 60

|              |                        |     |
|--------------|------------------------|-----|
| 9            | ETBN 冗余 .....          | 62  |
| 10           | ETB 物理列车命名约定(可选) ..... | 63  |
| 10.1         | 概述 .....               | 63  |
| 10.2         | ETB 列车域 .....          | 63  |
| 10.3         | 主机名 .....              | 64  |
| 11           | ETB 服务质量 .....         | 64  |
| 11.1         | 概述 .....               | 64  |
| 11.2         | 帧转发 .....              | 64  |
| 11.3         | 初运行帧优先级 .....          | 65  |
| 11.4         | ETB 入口速率限制 .....       | 65  |
| 11.5         | ETB 出口速率整形 .....       | 66  |
| 11.6         | ETB 数据类型 .....         | 66  |
| 12           | ETB 管理和监视 .....        | 66  |
| 13           | ETB 应用接口 .....         | 66  |
| 13.1         | 概述 .....               | 66  |
| 13.2         | 抽象通信模型 .....           | 66  |
| 13.3         | ETB 过程数据和消息数据协议 .....  | 67  |
| 13.4         | ETB 协议透明性 .....        | 67  |
| 13.5         | ETBN 接口 .....          | 67  |
| 14           | ETB 一致性声明 .....        | 68  |
| 附录 A (规范性附录) | ETB 参数限值总结 .....       | 69  |
| 附录 B (规范性附录) | 物理拓扑建立算法 .....         | 70  |
| 附录 C (规范性附录) | TTDP MIB 定义 .....      | 73  |
| 参考文献         | .....                  | 101 |

## 前 言

GB/T 28029《轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN)》分为以下 12 个部分:

- 第 1 部分:基本结构;
- 第 2-1 部分:绞线式列车总线(WTB);
- 第 2-2 部分:绞线式列车总线(WTB)一致性测试;
- 第 2-3 部分:TCN 通信规约;
- 第 2-4 部分:TCN 应用规约;
- 第 2-5 部分:以太网列车骨干网(ETB);
- 第 2-6 部分:车地通信;
- 第 2-7 部分:基于电台的无线列车骨干网(WLTB);
- 第 3-1 部分:多功能车辆总线(MVB);
- 第 3-2 部分:多功能车辆总线(MVB)一致性测试;
- 第 3-3 部分:CANopen 编组网(CCN);
- 第 3-4 部分:以太网编组网(ECN)。

本部分为 GB/T 28029 的第 2-5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 61375-2-5:2014《轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 2-5 部分:以太网列车骨干网》。

本部分与 IEC 61375-2-5:2014 相比存在技术性差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示,具体技术性差异及其原因如下:

——关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:

- 用 GB/T 16262(所有部分)代替 ISO/IEC 8824(所有部分),两项标准各部分之间的一致性程度如下:
  - ◆ GB/T 16262.1 信息技术 抽象语法记法一(ASN.1) 第 1 部分:基本记法规范(GB/T 16262.1—2006,ISO/IEC 8824-1:2002,IDT);
  - ◆ GB/T 16262.2 信息技术 抽象语法记法一(ASN.1) 第 2 部分:信息客体规范(GB/T 16262.2—2006,ISO/IEC 8824-2:2002,IDT);
  - ◆ GB/T 16262.3 信息技术 抽象语法记法一(ASN.1) 第 3 部分:约束规范(GB/T 16262.3—2006,ISO/IEC 8824-3:2002,IDT);
  - ◆ GB/T 16262.4 信息技术 抽象语法记法一(ASN.1) 第 4 部分:ASN.1 规范参数化(GB/T 16262.4—2006,ISO/IEC 8824-4:2002,IDT)。
- 用修改采用国际标准的 GB/T 18015.1—2017 代替 IEC 61156-1:2007(见 4.2.2、4.2.3.1、4.2.4)。
- 用等同采用国际标准的 GB/T 18015.5 代替 IEC 61156-5(见 4.2.2)。
- 用修改采用国际标准的 GB/T 24338.4 代替 IEC 62236-3-2(见 4.2.2、4.2.3.1、4.2.4)。
- 用修改采用国际标准的 GB/T 28029.1—2020 代替 IEC 61375-1:2012(见第 1 章、3.1、4.4.1、6.3.1、6.3.2、8.8.6、11.6)。
- 用修改采用国际标准的 GB/T 28029.4 代替 IEC 61375-2-3(见 6.3.2、8.4、8.5.2.12、11.6、13.3)。

- 用修改采用国际标准的 GB/T 28029.12 代替 IEC 61375-3-4(见 6.2、6.4.4、第 9 章)。
- 增加引用了 GB/T 28029.2—2020(见 3.1 和 3.3.4)。
- 删除了 ISO/IEC 7498 和 ISO/IEC 9646。
- 用国际标准的 IEC 61076-2-101 代替 IEC 61076-2-101:2012(见第 2 章)。

——修改了术语和定义,引用 GB/T 28029.1—2020、GB/T 28029.2—2020 界定的术语和定义(见 3.1)。

——增加了缩略语 CSMA/CD、LAN、SNMP 和 LLC,删除了正文中没有用到的缩略语 CSTINFO、XML、MTU(见第 3 章)。

——修改了表 4 中类型 C 描述,强制使用与 C 有矛盾(见第 5 章)。

——将 6.5.3.2 的式(1)修改为“ $O = (\text{目的设备编组网标识} - \text{源设备编组网标识} + 64) \bmod 64$ ”以符合图 22 所示的相对寻址示例。

本部分由国家铁路局提出。

本部分由全国牵引电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本部分起草单位:中车株洲电力机车研究所有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所、中车青岛四方车辆研究所有限公司、中车大连电力牵引研发中心有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司。

本部分主要起草人:韩露、殷建华、吴强、黄志平、徐燕芬、陈玉飞、李晓明。

## 引 言

GB/T 28029 的本部分定义了以太网列车骨干网在同一列车组成中联挂时实现不同类型编组之间的互操作性。

本部分符合 ISO-OSI 模型,并规定了从物理层到应用层的整个协议栈。

协议实现一致性陈述(PICS)允许供应商声明其符合本部分。PICS 规范和相关一致性测试不属于本部分范畴。





# 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN)

## 第 2-5 部分:以太网列车骨干网(ETB)

### 1 范围

GB/T 28029 的本部分规定了以太网列车骨干网(ETB)要求,以满足基于以太网技术的开式列车通信系统。

不论采用何种编组网技术(见 GB/T 28029.1—2020),本部分实现本地编组子网之间的互操作性。所有编组网定义宜考虑本部分以保持互操作性。

当供需双方协商一致时,本部分可适用于闭式列车和多单元列车。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 16262(所有部分) 信息技术 抽象语法记法一(ASN.1)[ISO/IEC 8824(所有部分)]

GB/T 18015.1—2017 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第 1 部分:总规范(IEC 61156-1:2009,MOD)

GB/T 18015.5 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第 5 部分:具有 600 MHz 及以下传输特性的对绞或星绞对称电缆 水平层布线电缆 分规范(GB/T 18015.5—2007,IEC 61156-5:2002,IDT)

GB/T 18233—2008 信息技术 用户建筑群的通用布缆(ISO/IEC 11801:2002,IDT)

GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第 3-2 部分:机车车辆 设备(GB/T 24338.4—2018,IEC 62236-3-2:2008,MOD)

GB/T 28029.1—2020 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 1 部分:基本结构(IEC 61375-1:2012,MOD)

GB/T 28029.2—2020 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 2-1 部分:绞线式列车总线(WTB)(IEC 61375-2-1:2012,MOD)

GB/T 28029.4 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 2-3 部分:TCN 通信规约(GB/T 28029.4—2020,IEC 61375-2-3:2015,MOD)

GB/T 28029.12 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 3-4 部分:以太网编组网(ECN)(GB/T 28029.12—2020,IEC 61375-3-4:2014,MOD)

IEC 61076-2-101 电子设备用连接器 产品要求 第 2-101 部分:圆形连接器 带螺旋锁定的 M12 连接器的详细规范(Connectors for electronic equipment—Product requirements—Part 2-101: Circular connectors—Detail specification for M12 connectors with screw-locking)

IEC 61156(所有部分) 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆(Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications)

IEEE 802.1AB 局域网和城域网 站点和介质访问控制连接发现(IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Station and Media Access Control Connectivity Discovery)

IEEE 802.1AX:2008 局域网和城域网 链路汇聚(IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Link Aggregation)

IEEE 802.1D:2012 局域网和城域网 介质访问控制(MAC)桥[IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Media Access Control (MAC) Bridges]

IEEE 802.1Q 局域网和城域网 虚拟桥接局域网(IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Virtual Bridged Local Area Networks)

IEEE 802.2 信息技术 系统间的通信和信息交换 局域网和城域网 特殊要求 第2部分:逻辑链路控制(IEEE Standard for Information Technology—Telecommunications and Information Exchange between Systems—Local and Metropolitan Area Networks—Specific Requirements—Part 2: Logical Link Control)

IEEE 802.3:2012 信息技术 系统间的通信和信息交换 局域网和城域网 特殊要求 第3部分:冲突检测载波侦听多路访问(CSMA/CD)访问方法及物理层规范[IEEE Standard for Information Technology—Telecommunications and Information Exchange between Systems—Local and Metropolitan Area Networks—Specific Requirements—Part 3:Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications]

### 3 术语、定义、缩略语和约定

#### 3.1 术语和定义

GB/T 28029.1—2020 和 GB/T 28029.2—2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**主机 host**

任何连接到网络中的可寻址单元。

注:如终端设备、网络设备等。

#### 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CAN:控制器局域网(Controller Area Network)

CCTV:闭路电视(Closed Circuit Television)

CIDR:无类别域间路由(Classless Inter Domain Routing)

CN:编组网(Consist Network)

CRC:循环冗余校验(Cyclic Redundancy Check)

CSMA/CD:载波侦听多路访问/冲突检测(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

CstUUID:编组通用唯一识别码(Consist Universally Unique Identifier)

DHCP:动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol)

DNS:域名系统(Domain Name System)

ECN:以太网编组网(Ethernet Consist Network)

ED:终端设备(End Device)

EMC:电磁兼容(Electro Magnetic Compatibility)

ETB:以太网列车骨干网(Ethernet Train Backbone)

ETBN:以太网列车骨干网节点(Ethernet Train Backbone Node)

FLR:丢帧率(Frame Loss Rate)

FQDN:完全限定域名(Fully Qualified Domain Name)

IEEE:电气和电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IETF:互联网工程任务组(Internet Engineering Task Force)

IP:网络互连协议(Internet Protocol)  
 LACP:链路汇聚控制协议(Link Aggregation Control Protocol)  
 LAN:局域网(Local Area Network)  
 LAG:链路汇聚组(Link Aggregation Group)  
 LLC:逻辑链路控制(Logical Link Control)  
 LLDP:链路层发现协议(Link Layer Discovery Protocol)  
 LLDPDU:链路层发现协议数据单元(LLDP Data Unit)  
 MAC:介质访问控制(Medium Access Control)  
 MCG:移动通信网关(Mobile Communication Gateway)  
 MDI:介质相关接口(Media Dependent Interface)  
 MVB:多功能车辆总线(Multifunction Vehicle Bus)  
 NAT:网络地址转换(Network Address Translation)  
 ND:网络设备(Network Device)  
 NTP:网络时间协议(Network Time Protocol)  
 OSI:开放系统互联(Open System Interconnection)  
 PCS:物理编码子层(Physical Coding Sublayer)  
 PD:受电设备(Powered Device)  
 PD/MD:过程数据/消息数据(Process Data/Message Data)  
 PICS:协议实现一致性陈述(Protocol Implementation Conformance Statement)  
 PMA:物理介质连接(Physical Medium Attachment)  
 PMD:物理介质相关(Physical Medium Dependent)  
 PoE:以太网供电(Power over Ethernet)  
 PSE:供电设备(Power Source Equipment)  
 RFC:IETF 征求意见稿(Request For Comments)  
 SNMP:简单网络管理协议(Simple Network Management Protocol)  
 TBN:列车骨干网节点(Train Backbone Node)  
 TCMS:列车控制和监视系统(Train Control and Monitoring System)  
 TCN:列车通信网络(Train Communication Network)  
 TCP:传输控制协议(Transport Control Protocol)  
 TLV:类型/长度/值(Type/Length/Value)  
 TNDi:列车网络索引(Train Network Directory)  
 TTDP:列车拓扑发现协议(Train Topology Discovery Protocol)  
 UDP:用户数据报协议(User Datagram protocol)  
 UML:统一建模语言(Unified Modeling Language)  
 VLAN:虚拟局域网(Virtual Local Area Network)  
 WTB:绞线式列车总线(Wire Train Bus)

### 3.3 约定

#### 3.3.1 数值基础

如无其他说明,本部分所有数值采用十进制表示。

模拟量和小数值用点号分开。

示例 1:电压为 20.0 V。

二进制和十六进制值按 ASN.1(GB/T 16262)的约定表示。

示例 2: 十进制数‘20’的 8 位二进制编码为‘0001 0100’B,十六进制编码为‘14’H。

3.3.2 命名约定

关键字首字母大写。

如果关键字是复合字,则字的不同部分间以空格连接,且所有部分首字母大写。

示例 1:“Train Backbone”“Consist Network”。

参数首字母大写。

如果参数名是复合字,则参数名的不同部分间连接时不加空格,且所有部分首字母大写。

示例 2:“NumberOfConsists”。

3.3.3 状态图约定

遵循 UML 状态机标记法定义状态图。

3.3.4 数据结构注释

遵循基于 ISO ASN.1 语法定义数据结构。也使用 GB/T 28029.2—2020 的 6.4 中定义的 ASN.1 超集。

数据结构中所有数据采用大开端格式(数据项的最高有效八位位组先传输)。

4 ETB 物理层

4.1 列车域

ETB 使用贯穿全车的物理线缆将有源的网络设备(ETBN、中继器等)连接在一起。该线缆也称作物理段,且应使用专用于以太网的电缆和连接器等无源组件。

在列车中,应为 ETB 区分以下三个域,见图 1:

- 车辆内(Intra Car):车辆(或机车等)内的无源组件(线缆、连接器)和有源网络设备。
- 车辆间(Inter Car):一个编组内两车之间接口处的无源组件(线缆、连接器)。该类也适用于车外(如车底等)可选的有源网络设备。
- 编组间(Inter Consist):两个编组之间接口处的使用手动联结器或自动联结器的无源组件(线缆、连接器)。该类也适用于车外可选的有源网络设备。

该域具有不同的列车场景和环境(机械、温度、EMC 等)特征。不同域中布线(线缆和连接器)不同。

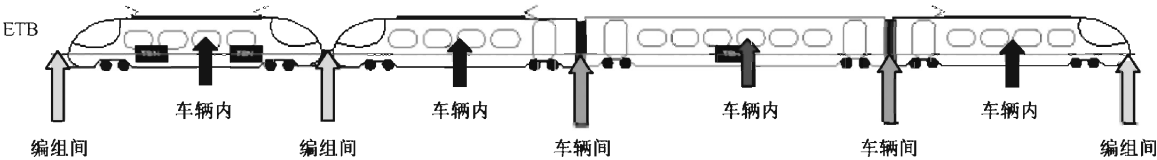


图 1 ETB 列车域

4.2 物理特征

4.2.1 概述

下列表格依据 4.1 定义的 3 个域总结了无源组件(线缆和连接器)和有源网络设备(ETBN、中继器等)的物理层要求。

4.2.2 车辆内物理层

车辆内物理层要求见表 1。

表 1 ETB 车内物理层接口

| OSI 层               | 要求   | 类型  | 描述   |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|---------------------|--|---|--|----|----|--------|------------|-----|-------|---|---|-----|-------|---|---|-----|-------|---|---|-----|-------|---|
| 物理层                 | 铜缆 100Base-TX 物理层编码 (PCS)、介质连接 (PMA) 和介质相关访问 (PMD) | M   | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 24 章、第 25 章   |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | 全双工模式  | M   | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 25 章。<br>TX 和 RX 以太网双线上同时双向数据流  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | 物理层自动协商  | X   | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 28 章。<br>在 ETB 骨干网上禁用   |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | 物理层交叉  | M   | 应符合 IEEE 802.3:2012 的 25.4.8。<br>(ETBN 等)两个端口之间的线路应交叉一次  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | 物理层自动极性/自动感知                                       | X   | 由于使用固定布线和非标解决方案,禁用   |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | ETBN 端口旁路中继  | M   | 如果 ETB 交换机失控(例如掉电),则旁路列车骨干网端口  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | 以太网供电 (PoE)  | O   | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 33 章。<br>也称作经由介质相关接口 (MDI) 的数据终端设备 (DTE) 供电。<br>支持 PSE 模式或 PD 模式。<br>见 4.3  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
|                     | 有源网络设备 M12 D 型连接器                                  | M   | <div>宜使用压接接触。</div> <div>有源网络设备侧孔式连接器,列车电缆侧针式连接器。</div> <div>管脚定义符合 IEC 61076-2-101,如下:</div> <table><thead><tr><th>信号</th><th>功能</th><th>电缆导线颜色</th><th>M12D 型触点编号</th></tr></thead><tbody><tr><td>TD+</td><td>发送数据+</td><td>黄</td><td>1</td></tr><tr><td>TD-</td><td>发送数据-</td><td>橙</td><td>3</td></tr><tr><td>RD+</td><td>接收数据+</td><td>白</td><td>2</td></tr><tr><td>RD-</td><td>接收数据-</td><td>蓝</td><td>4</td></tr></tbody></table> <div><div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>针式</div></div><div><div>2</div><div>1</div><div>4</div><div>孔式</div></div></div> | 信号 | 功能 | 电缆导线颜色 | M12D 型触点编号 | TD+ | 发送数据+ | 黄 | 1 | TD- | 发送数据- | 橙 | 3 | RD+ | 接收数据+ | 白 | 2 | RD- | 接收数据- | 蓝 |
| 信号                  | 功能   | 电缆导线颜色  | M12D 型触点编号   |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
| TD+                 | 发送数据+  | 黄   | 1  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
| TD-                 | 发送数据-  | 橙   | 3  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
| RD+                 | 接收数据+  | 白   | 2  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
| RD-                 | 接收数据-  | 蓝   | 4  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |
| (墙、柜、容器等之间)内部布线用连接器 | O  | <div>四等分分布的以太网圆形单元。</div> <div>管脚分布与 M12 相同:</div> <div>TD+:触点 1;TD-:触点 3;</div> <div>RD+:触点 2;RD-:触点 4</div> |  |    |    |        |            |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |   |     |       |   |

表 1 (续)

| OSI 层                          | 要求      | 类型 | 描述  |
|--------------------------------|---------|----|---|
| 物理层                            | 超 5 类线缆 | M  | 应符合 GB/T 18233—2008 和 GB/T 18015.5。<br>两对屏蔽或非屏蔽线见 GB/T 18233—2008 的第 11 章。<br>导线应符合 GB/T 18015.1—2017 中 5.2.1 规定的退火铜绞线,且标称直径宜为 0.5 mm~0.65 mm。如果与所连接的硬件兼容,则可使用直径最大达 0.8 mm 的导线  |
|                                | 段性能     | M  | 段(D 类)包含线缆、连接器和端口设备,满足以下要求:<br>——机车车辆装置发射与抗扰度应符合电磁兼容 GB/T 24338.4。<br>抗扰度采用 A 类判据:测试过程中,丢帧率(FLR)应低于触发值,依赖于应用定义;<br>——应符合 GB/T 18233—2008 的以太网认证(一致性测试类别):<br><ul style="list-style-type: none"> <li>● 电缆应符合 GB/T 18233—2008 的第 9 章;</li> <li>● 连接器应符合 GB/T 18233—2008 的第 10 章;</li> <li>● 通信插座为 M12;</li> <li>● 通道应符合 GB/T 18233—2008 的第 6 章。</li> </ul> 通道包含电缆节、连接硬件、工作区软线、设备软线和跳线 |
| 注:类型列:M——强制;O——可选;C——条件;X——禁止。 |         |    |   |

表 1 中未明确以太网物理段上连接器数量和电缆长度,而是定义了电气性能的最低要求并符合 GB/T 18233—2008。布线电气参数不仅依赖于连接器数量和电缆长度,也依赖于一些更复杂的参数,如屏蔽、连接器类型、布线质量、安装等。因此,在遵循 GB/T 18233—2008 上,提出以太网电气参数整体验证的概念。

在车内,电缆和连接器的所有屏蔽应连接到该车的机械地。为防止电磁兼容影响,电缆屏蔽应与连接器 360°连接。

#### 4.2.3 车辆间物理层

##### 4.2.3.1 概述

车辆间物理层要求见表 2。

表 2 ETB 车辆间物理层接口

| OSI 层 | 要求   | 类型 | 描述   |
|-------|--|----|--|
| 物理层   | 铜缆 100Base-TX 物理层编码 (PCS)、介质连接 (PMA) 和介质相关访问 (PMD) | M  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 24 章、第 25 章                       |
|       | 全双工模式  | M  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 25 章。<br>TX 和 RX 以太网双线上同时双向数据流    |
|       | 物理层自动协商  | X  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 28 章。<br>在 ETB 骨干网上禁用             |
|       | 物理层交叉  | M  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的 25.4.8。<br>(ETBN 等)两个端口之间的线路应仅交叉一次 |

表 2（续）

| OSI 层                               | 要求           | 类型 | 描述  |
|-------------------------------------|--------------|----|---|
| 物理层                                 | 物理层自动极性/自动感知 | X  | 由于使用固定布线和非标解决方案,禁用  |
|                                     | 以太网供电        | O  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 33 章。<br>也称作经由介质相关接口 (MDI) 的数据终端设备 (DTE) 供电。<br>支持 PSE 模式或 PD 模式。<br>见 4.3   |
|                                     | 车间连接器        | O  | 不同于 M12 连接器的专用连接器。<br>四等分分布的以太网圆形单元。<br>管脚分布与 M12 相同:<br>TD+: 触点 1; TD-: 触点 3;<br>RD+: 触点 2; RD-: 触点 4  |
|                                     | 超 5 类线缆      | M  | 应符合 GB/T 18233—2008 和 IEC 61156。<br>两对屏蔽或非屏蔽线见 GB/T 18233—2008 的第 11 章。<br>导线应符合 GB/T 18015.1—2017 中 5.2.1 规定的退火铜绞线,且标称直径宜为 0.5 mm~0.65 mm。如果与所连接的硬件兼容,则可使用直径最大达 0.8 mm 的导线   |
|                                     | 段性能          | M  | 段(D 类)包含线缆、连接器和端口设备,满足以下要求:<br>——机车车辆装置发射与抗扰度应符合电磁兼容 GB/T 24338.4。<br>抗扰度采用 A 类判据:测试过程中,丢帧率 (FLR) 应低于触发值,依赖于应用定义。<br>——符合 GB/T 18233—2008 的以太网认证(一致性测试类别): <ul style="list-style-type: none"><li>● 电缆应符合 GB/T 18233—2008 的第 9 章;</li><li>● 连接器应符合 GB/T 18233—2008 的第 10 章;</li><li>● 通信插座为车间连接器;</li><li>● 通道应符合 GB/T 18233—2008 的第 6 章。</li></ul> 通道包含电缆节、连接硬件、工作区软线、设备软线和跳线 |
| 注: 类型列: M——强制; O——可选; C——条件; X——禁止。 |              |    |   |

表 2 中未指明以太网物理段上连接器数量和电缆长度,而是定义了电气性能的最低要求和符合 GB/T 18233—2008 要求。布线的电气参数不仅取决于连接器数量和电缆长度,也取决于诸如屏蔽、布线质量、安装等一些更复杂的参数。因此,在遵循 GB/T 18233—2008 上,提出以太网电气参数整体验证的概念。

- 应考虑以下两种使用场景:
- 相邻两台车辆电位相同;
  - 相邻两台车辆电位不同。

4.2.3.2 相同电位的车辆间物理层

以下仅供参考:

电缆束连接相邻两台车辆,因此两台车辆具有相同电位。以太网屏蔽层可从车 *N* 到车 *N* + 1 连续;此时,不必中断屏蔽层,见图 2。

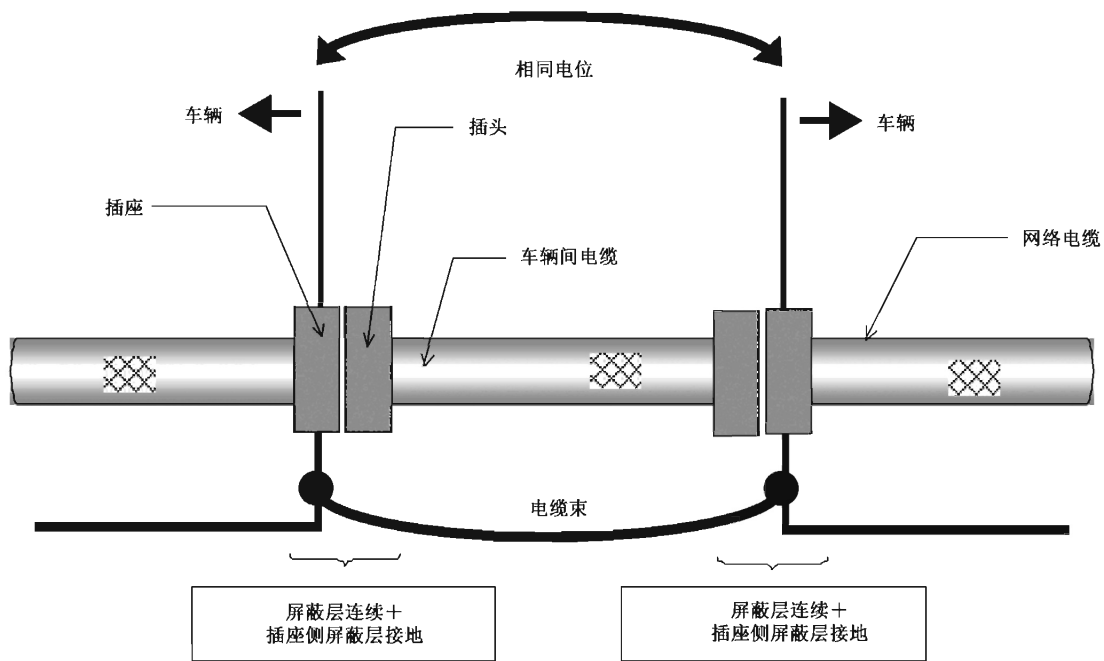


图 2 处于相同电位的 ETB 车辆间物理层

#### 4.2.3.3 不同电位车辆间物理层

以下仅供参考：

在一些场景(如车辆翻新等)中,车辆间不能处于相同电位。此时,可断开以太网电缆屏蔽层以防止车间接地电流回流,见图 3。

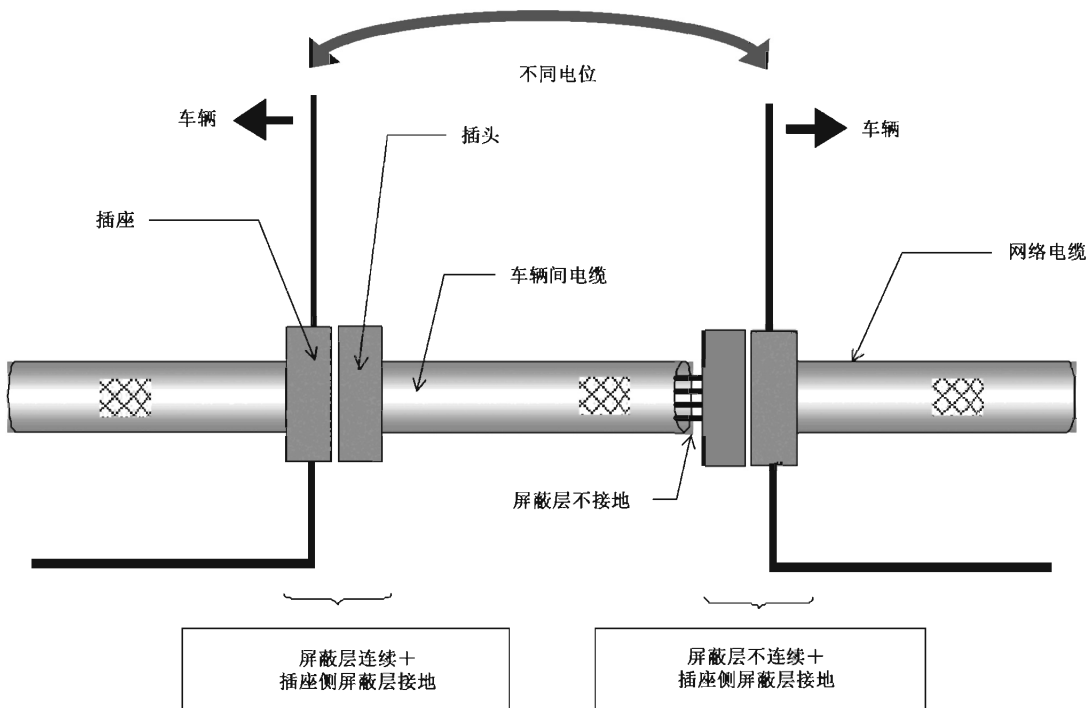


图 3 处于不同电位的 ETB 车辆间物理层

注：如何实现屏蔽解决方案不属于本部分范畴。



4.2.4 编组间物理层

编组间物理层要求见表 3。

表 3 ETB 编组间物理层接口

| OSI 层                               | 要求   | 类型 | 描述  |
|-------------------------------------|--|----|---|
| 物理层                                 | 铜缆 100Base-TX 物理层编码 (PCS)、介质连接 (PMA) 和介质相关访问 (PMD) | M  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 24 章、第 25 章  |
|                                     | 全双工模式  | M  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 25 章。<br>TX 和 RX 以太网双线上同时双向数据流   |
|                                     | 物理层自动协商  | X  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 28 章。<br>在 ETB 骨干网上禁用  |
|                                     | 物理层交叉  | M  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的 25.4.8。<br>(ETBN 等) 两个端口之间的线路应仅交叉一次。<br>在针式连接器自动耦合器侧直连 (MDI), 在孔式连接器自动耦合器侧交叉 (MDI-X)  |
|                                     | 物理层自动极性/自动感知                                       | X  | 使用固定布线和非标解决方案, 禁用   |
|                                     | 以太网供电  | O  | 应符合 IEEE 802.3:2012 的第 33 章<br>也称作经由介质相关接口 (MDI) 的数据终端设备 (DTE) 供电。<br>支持 PSE 模式或 PD 模式。<br>见 4.3  |
|                                     | 编组间用连接器  | O  | 不同于 M12 连接器的专用连接器。<br>四等分分布的以太网圆形单元。<br>管脚分布与 M12 相同:<br>TD+: 触点 1; TD-: 触点 3;<br>RD+: 触点 2; RD-: 触点 4  |
|                                     | 超 5 类线缆  | M  | 应符合 GB/T 18233—2008 和 IEC 61156。<br>两对屏蔽或非屏蔽线: 见 GB/T 18233—2008 的第 11 章。<br>导线应符合 GB/T 18015.1—2017 中 5.2.1 规定的退火铜绞线, 且标称直径宜为 0.5 mm~0.65 mm。如果与所连接的硬件兼容, 则可使用直径最大达 0.8 mm 的导线   |
|                                     | 段性能  | M  | 段 (D 类) 包含线缆、连接器和端口设备, 满足以下要求:<br>——机车车辆装置发射与抗扰度应符合电磁兼容 GB/T 24338.4。<br>抗扰度采用 A 类判据: 测试过程中, 丢帧率 (FLR) 应低于触发值, 依赖于应用定义。<br>——应符合 GB/T 18233—2008 的以太网认证 (一致性测试类别):<br>● 电缆应符合 GB/T 18233—2008 的第 9 章;<br>● 连接器应符合 GB/T 18233—2008 的第 10 章;<br>● 通信插座为 M12;<br>● 通道应符合 GB/T 18233—2008 的第 6 章。<br>通道包含电缆节、连接硬件、工作区软线、设备软线和跳线 |
|                                     | 编组朝向反向   | C  | 即改变编组朝向。<br>为提供编组反向能力, 两个编组间的物理连接要求有两条线路 (见图 4)   |
| 注: 类型列: M——强制; O——可选; C——条件; X——禁止。 |  |    |   |

表 3 中未指明以太网物理段上连接器数量和电缆长度,而是定义了电气性能的最低要求和符合 GB/T 18233—2008 要求。布线的电气参数不仅取决于连接器数量和电缆长度,也取决于诸如屏蔽、布线质量、安装等一些更复杂的参数。因此,在符合以太网电气参数 GB/T 18233—2008 上提出了全局验证概念。

编组反向连接限制示例见图 4,连接器应中心对称地放置在编组两端。当使用针式/孔式连接器时,连接器应以交替/相反的方式放置,且应为偶数个。

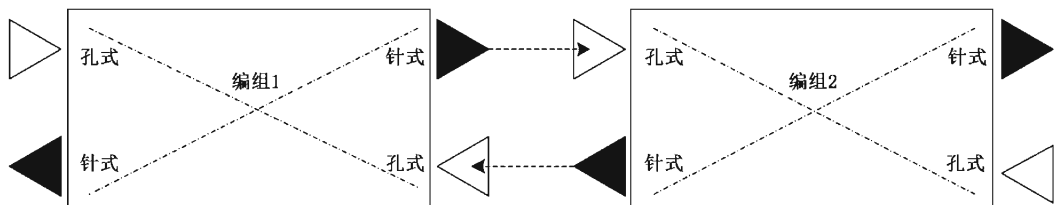


图 4 ETB 编组反向

以下仅供参考：  
一般不能保证两个编组间电位相同。此时,可要求断开以太网电缆屏蔽层,见图 5。

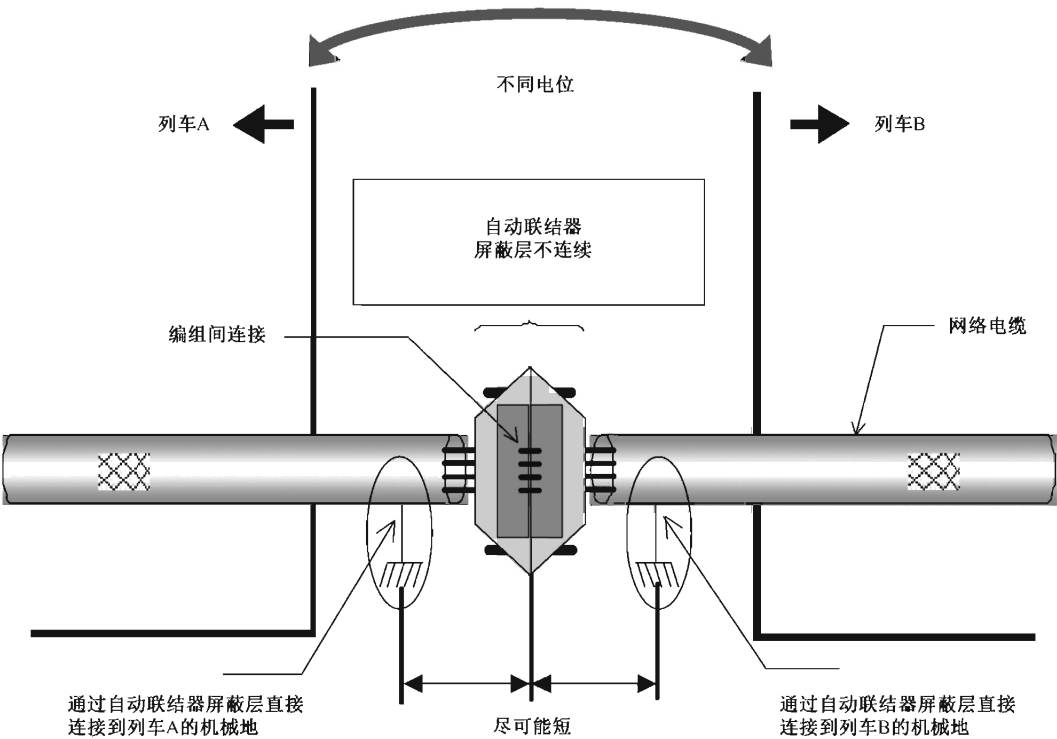


图 5 ETB 编组间的物理层

注：如何实现屏蔽解决方案不属于本部分范畴。

4.3 以太网供电(PoE)

ETBN 中 PoE 的一些使用场景见图 6 和图 7。

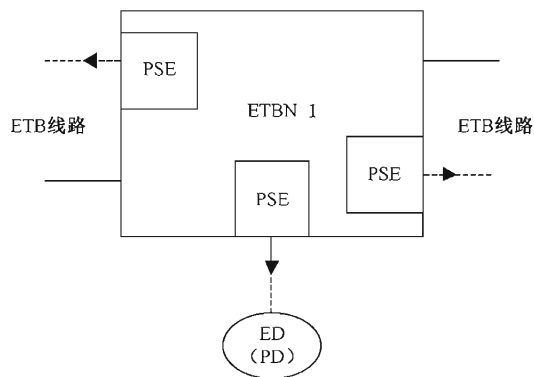


图 6 ETBN PSE PoE 使用场景

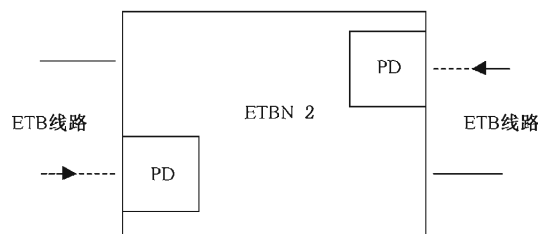


图 7 ETBN PD PoE 使用场景

在车辆内,PoE 可用于终端设备(ED,如 CCTV 等)供电。该网络设备(ND)的以太网口用作供电设备(PSE)。

在车辆间和编组间中,PoE 可用于 ND 供电。PSE 接口应连接到受电设备(PD)接口。在存在 ETB 链路冗余时,PSE 接口和 PD 接口应交替使用,以保持车辆旋转对称,见图 8。如果编组间接口使用针式/孔式连接器(见图 4),则 PSE 接口应为孔式连接器而 PD 接口应为针式连接器。

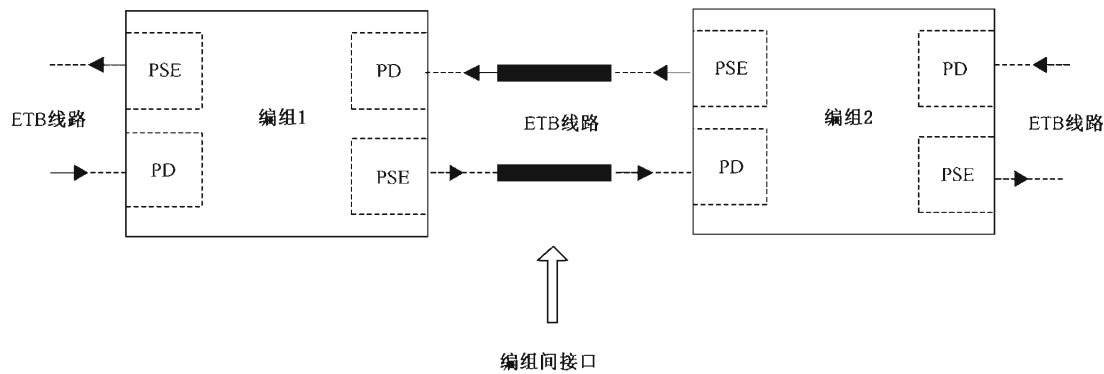


图 8 编组间的 PoE

PSE 和 PD 之间的连接见图 9。由于仅使用两对线(Tx/Rx),应使用 IEEE 802.3:2012 中第 33 章 PoE 模式 A。

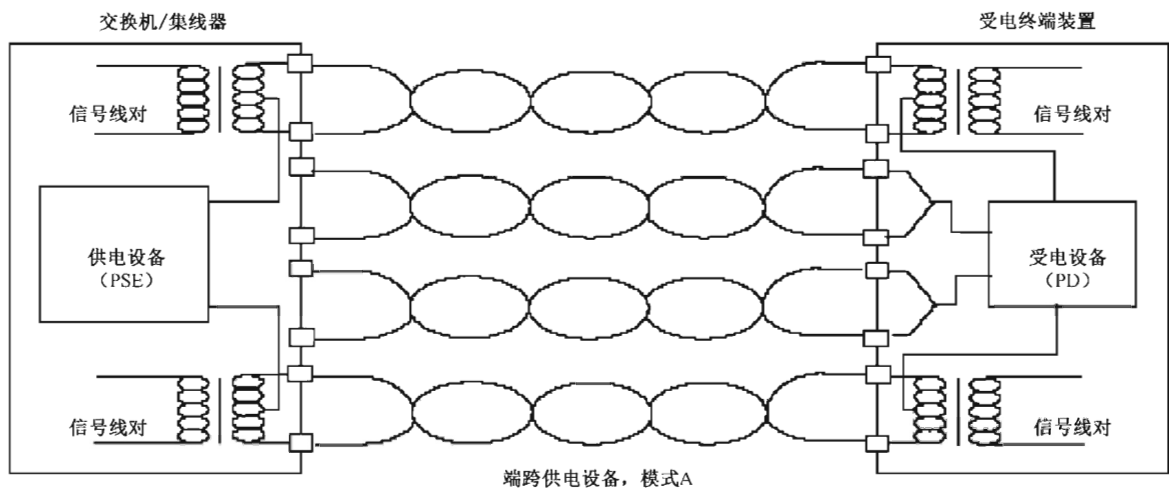


图 9 PoE PSE 模式 A

4.4 ETB 物理架构和冗余

4.4.1 概述

GB/T 28029.1—2020 描述了适用于 ETB 的通用架构, 包含可选的冗余要求见 GB/T 28029.1—2020 的 5.2.3。冗余示例见图 10。

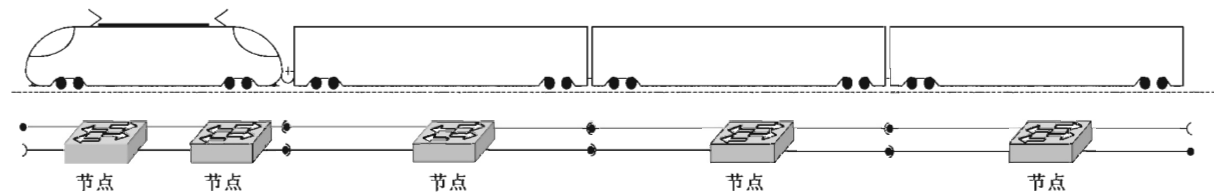


图 10 冗余的列车骨干网架构

- ETB 物理层架构的通用要求如下：
- 由于使用交换技术, 节点应提供到其每个直接相邻节点(如果存在)的数据传输介质。每个 ETBN 应静态定义至少一个 ETB 前向端口和一个 ETB 后向端口。
  - 当要求可选冗余时, 数据传输介质应至少加倍。
  - 即使无冗余要求, 当要求编组反向能力时, 两个 ETBN 之间的链路应通过使用常规交换端口加倍。此时, 两个编组之间的物理连接需要两条电缆, 见 4.2.4。
  - 如果节点失电或不工作, 则旁路中继功能应桥接该节点。

4.4.2 链路汇聚架构

当两个 ETBN 之间有多条线路时(例如当要求冗余或编组反向时), 应使用 IEEE 802.1AX 的链路汇聚层。

由于在 ETB 通信中使用一条无冗余线路可被认为是链路汇聚的降级模式, 所以本部分其他地方均假定(且指定)使用链路汇聚。

IEEE 802.1AX 中描述的链路汇聚在 OSI 第 2 层上管理、允许一条或多条线路汇聚到一起以形成一个逻辑组、且能管理链路冗余, 见图 11。

链路汇合并多条独立线路, 每条线路均有物理层和 MAC 层。通过 MAC 客户端提供单一 MAC 接口。

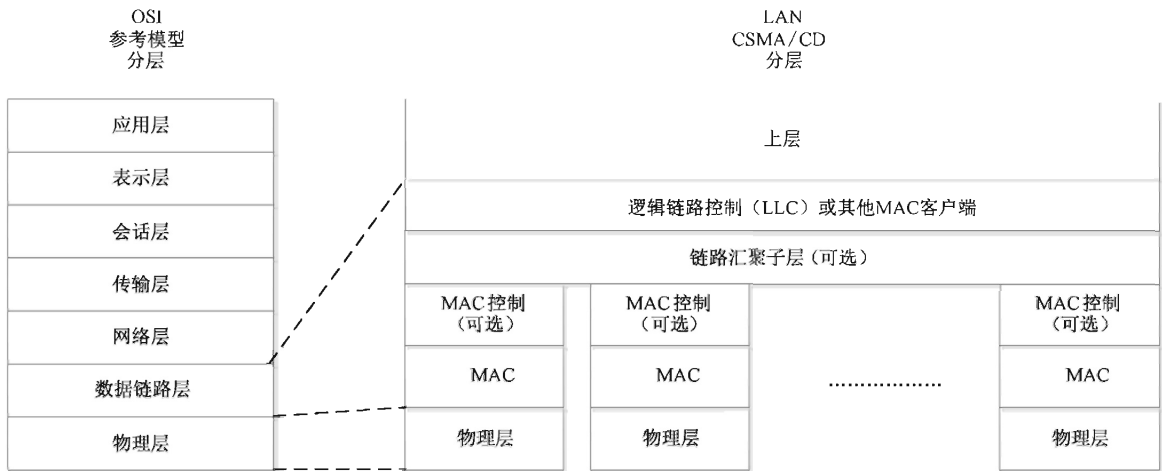


图 11 链路汇聚模型

一个 ETB 节点上允许最多 4 个(见附录 A)物理端口为通信链路提供冗余,且这些端口被定义为一个链路汇聚组,也称作逻辑链路。

当要求编组反向能力时,出于对称考虑,见 4.2.4,应在每个汇聚组中使用 2 条或 4 条物理线路。如前所述,单线的特例(当不要求编组反向能力时则不需要对称)被认为是链路汇聚的降级模式。因此,ETB 上的一个链路汇聚组可包含 1 条、2 条或 4 条物理线路。

两个 ETB 节点之间仅存在一个包含冗余以太网段的链路汇聚组。该链路汇聚过程仅定义为这两个 ETB 节点之间的关系。

在某些场景中,由于专属轨道交通环境可在两个 ETBN 之间的线路上放置一些中继器,用以再生电信号。由于仅使用“线路状态”不足以判断链路汇聚组而只能通过帧交换,因此要求使用能考虑该架构的协议,见图 12 和 4.4.3.2。根据 IEEE 802.1AX,执行该功能的常用方式是实现链路汇聚控制协议(LACP)。对于本 ETB 规范,且为限制网络负载,由下述 TTDP 通过使用携带专用结构 HELLO TLV 的 LLDP 帧(TTDP HELLO 帧)管理线路端口状态以替代 LACP。

只要逻辑链路的至少一条物理线路完好,则该逻辑链路可用,如标准链路汇聚一样。当链路丢失一条物理线路时,可通过 SNMP 获取该链路的降级状态信息。

线路中的中继器应在两个接口之间无变化地转发 LLDP 帧。

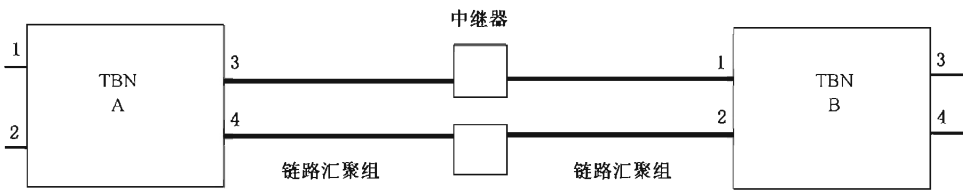


图 12 链路汇聚组

注：链路汇聚支持在 ETBN 之间可选地添加端口和线路的方式以提高可靠性和性能(分配更多带宽)。

4.4.3 功能

4.4.3.1 数据流规范

列车骨干网上支持负载共享,即在线路之间分布 MAC 客户端业务。

IEEE 802.1AX 不指定特定的分布算法。为确保不同系统之间的互操作性,该算法不应导致任何

给定会话(TCP、IP 等)的失序或帧重复。

每个会话一次仅使用一条线路。确保两个列车节点间的互操作性,即使该两个列车节点使用了不同的算法。存在多个会话的示例见图 13,但每一会话分布在同一线路上的情形。

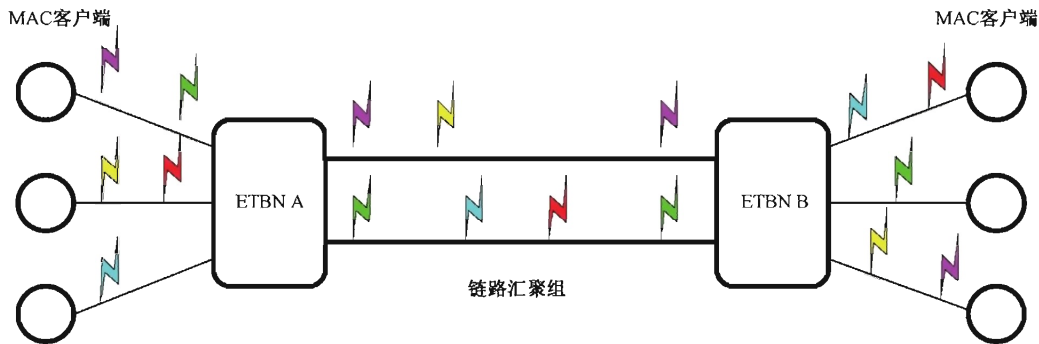


图 13 链路汇聚组上的会话

#### 4.4.3.2 配置

在 ETBN 初始化时静态设定链路汇聚配置。应在链路可用后进行配置。使用 TTDP HELLO 帧和以太网端口状态计算链路逻辑状态。

#### 4.4.3.3 重配置

当物理连接改变(失效切换)时应进行冗余线路的重配置。链路汇聚进程应在不超过 200 ms 的时间内快速收敛到冗余线路的新配置,见 8.9.1。

通过 TTDP HELLO 帧和 ETB 端口状态管理重配置。

#### 4.4.3.4 一致性

应兼容不支持汇聚功能的通信设备。不能参与汇聚的线路应按正常工作。

链路汇聚应不增加或改变设备之间交换的帧内容。

在 IEEE 802.1AX:2008 中 5.7 规定的 PICS 中定义了一致性。

### 5 ETB 数据链路层

连接到列车骨干子网的交换设备的数据链路层要求见表 4。

表 4 ETB 交换设备数据链路层接口

| OSI 层 | 要求                                 | 类型 | 描述  |
|-------|------------------------------------|----|---|
| 数据链路层 | MAC 服务和寻址<br>IEEE 802.3:2012       | M  |   |
|       | LLC 服务<br>IEEE 802.2               | X  | 使用 Ethernet II 帧格式的 IEEE 802.3:2012 以太网帧(带 16 位 EtherType 字段) |
|       | 帧中继<br>IEEE 802.1D:2012 的 PICS A.7 | M  | 帧接收,<br>帧发送,<br>转发进程包括:排队、QoS 优先级映射、FCS 计算等                   |

表 4（续）

| OSI 层  | 要求   | 类型 | 描述  |
|--|--|----|---|
| 数据链路层  | 帧过滤(第 2 层过滤)<br>IEEE 802.1D:2012 的第 7 章,PICSA.8          | M  | 学习过程,<br>过滤数据库(Mac 地址、端口、VLAN 相关),静态/动态表项             |
|  | 帧排队<br>IEEE 802.1D:2012 的第 7.7.3 和 7.7.4,<br>附录 GPICSA16 | M  | 用于中继帧的多个业务类型;为输入帧分配已定义的优先级                            |
|  | 帧加标签/去标签<br>IEEE 802.3:2012 的 3.5,IEEE 802.1Q<br>(VLAN)  | M  | 以太网帧在进入交换端口时可被加标签。在离开交换机端口时该标签可保留或移除                  |
|  | VLAN 服务<br>IEEE 802.1Q(VLAN);PICSA.21                    | M  | 将物理 LAN 划分为不同的虚拟 LAN                                  |
|  | 端口镜像   | O  | 配置一个交换端口以镜像另一交换端口的业务                                  |
|  | 流量控制<br>IEEE 802.3:2012 的第 2 部分附录                        | O  |   |
|  | 入口速率限制(管制)   | O  | 限制所选中的输入帧的接收速率  |
|  | 出口速率整形   | O  | 限制所选中的输出帧的发送速率  |
|  | 生成树协议(STP),快速生成树协议(RSTP)<br>IEEE 802.1D:2012             | X  |   |
|  | 链路汇聚<br>IEEE 802.1AX                                     | C  | <sup>a</sup>  |
|  | LLDP 协议链路层发现协议<br>IEEE 802.1AB                           | M  | 由 TTDP 使用   |
|  | 管理和远程管理<br>IEEE 802.1D:2012 中第 14 章 PICSA.14、<br>A.15    | M  | 交换机配置,故障管理(检测/诊断/纠正),性能管理(统计,带宽测量能力)。<br>仅在管理型网络设备上支持 |
| 注:类型列:M——强制;O——可选;C——条件;X——禁止。                             |  |    |   |
| <sup>a</sup> 如果需要管理 ETB 链路冗余,则使用链路汇聚。使用 TTDP HELLO 帧管理链路组。 |  |    |   |

6 ETB 网络层

6.1 概述

连接到列车骨干子网的所有设备的网络层要求见表 5。

表 5 ETB 设备 OSI 网络层要求

| OSI 层                          | 要求  | 类型 | 描述   |
|--------------------------------|---|----|--|
| 网络层                            | 地址解析协议(ARP)<br>IETF RFC 826                   | M  |  |
|                                | 互联网协议(IPv4)<br>IETF RFC 791                   | M  |  |
|                                | 主机名   | M  | 无论连接到哪个 ETBN,终端设备名应在其自身编组内唯一。<br>宜静态定义:从本地固定存储器中读取,外部编码密钥等 |
|                                | 缺省域名  | C  | 如果使能 DNS 客户端,则应设置为“ltrain”。<br>宜静态定义:从本地固定存储器中读取,外部编码等     |
|                                | IPv4 地址                                       | M  | 其范围为 10.128/9(见 6.4.2)。<br>初运行后动态定义(见 6.5.2)               |
|                                | IPv4 掩码                                       | M  | 255.255.192.0  |
|                                | IPv4 静态路由                                     | O  | 可用于对地通信或对另一编组子网访问。<br>可静态定义                                |
|                                | IPv4 域名系统(DNS)地址                              | C  | 如果使能 DNS 客户端,则应置为 DNS 服务器的 IPv4 地址                         |
|                                | 区分服务字段(DSCP,区分服务<br>代码点字段)管理<br>IETF RFC 2474 | O  | 应用宜能设置 DSCP 字段以设置业务优先级                                     |
| 注:类型列:M——强制;O——可选;C——条件;X——禁止。 |   |    |  |

6.2 IP 映射介绍

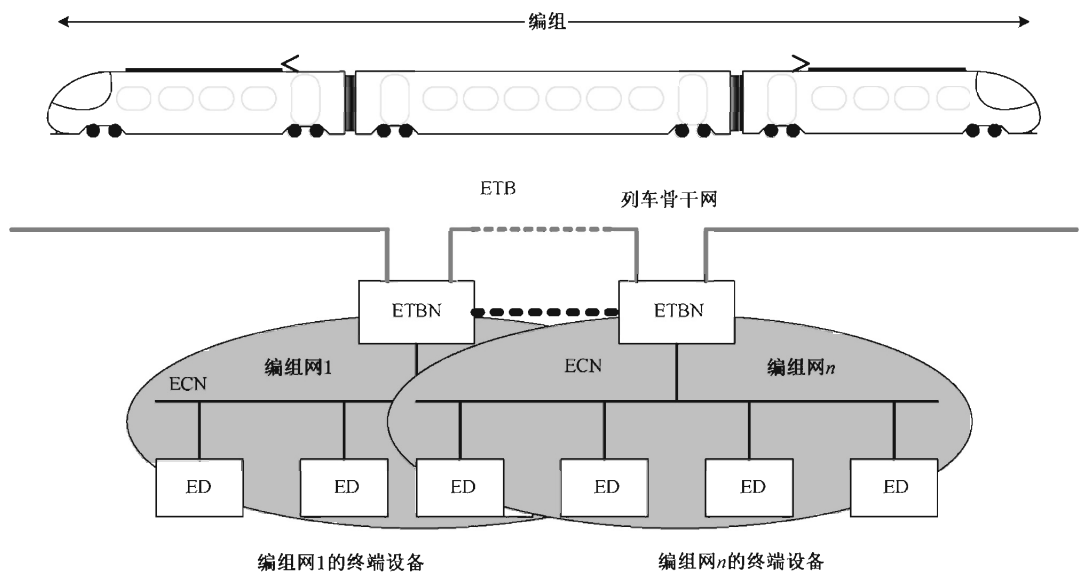
后续章条描述了强制性的、最小的网络 IP 寻址定义以保证开式列车之间通信互操作性。  
开式列车由不同来源的编组组成,本部分给出连接不同编组的最小要求。  
本部分不涉及如何执行 IP 映射(如何设置 IP 地址),仅描述 IP 地址方案(对于编组内以太网应用,见 GB/T 28029.12)。

6.3 拓扑

6.3.1 概述

如 GB/T 28029.1—2020 所述,编组拓扑应为分层结构,由一个或多个列车骨干网(ETB)子网与一个或多个编组网子网构成,见图 14。  
终端设备(ED)可直接连接到以太网列车骨干网节点(ETBN)。





- 注 1：假定 ETB OSI 第一层(连接器、电缆等)和第二层接口是可互操作的。
- 注 2：由于分层结构,编组网互操作性接口限于 ETB 子网上的 ETBN 之间。
- 注 3：在 ETB 子网上,假定在 OSI 第二层实现链路冗余,而不要求 IP 级定义(见 IEEE 802.1AX 链路汇聚)。
- 注 4：在列车内部,宜在初始化和初运行之后通过确定的列车 IP 地址加入每个通信设备(ED、ETBN 等)。
- 注 5：不同开式列车之间 IP 地址映射可相同。每一列开式列车被认为是一个小型独立私有网络。
- 注 6：编组内业务不属于互操作性范畴。

图 14 层次化的编组拓扑

6.3.2 闭式列车

依据 GB/T 28029.1—2020,闭式列车定义为由一个或一组编组组成的列车,在正常运行期间其配置不会变化,例如地铁、市郊列车或者高速列车单元,见图 15。

- 闭式列车运营方的其他要求包括：
- 闭式列车组成灵活,即中间车厢数量可变；
  - 无需调试的自动配置；
  - 作为一个单元可从单元内部和单元外部寻址。

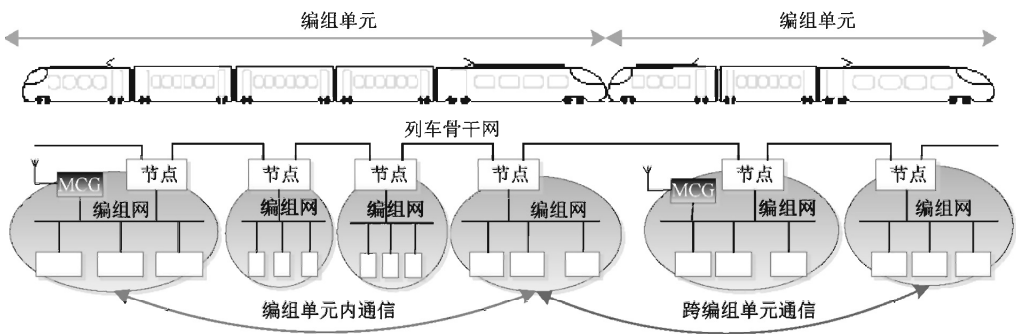


图 15 闭式列车

为支持闭式列车架构,组成闭式列车的所有编组应使用相同的 CstUUID。在 ETB 层面上,在集成为 GB/T 28029 可互操作的闭式列车后,该闭式列车可视为具有相关 CstUUID 的单一“虚拟编组”,且组成该闭式列车的编组不再视为编组。闭式列车内部描述不属于本部分范畴,其在 GB/T 28029.4 中规定。

6.4 网络 IP 地址映射

6.4.1 全局 IPv4 地址空间

规则一：列车内部使用互联网号码分配局 (IANA) 为私有网保留的 IPv4 地址空间 10.0.0.0/8 (见 IETF RFC 1597, 私有网地址分配)。

规则二：依据 IETF RFC 1519, 使用 CIDR (无类型域间路由) 能力定义子网 (分割和/或聚合)。

6.4.2 列车子网定义

6.4.2.1 概述

为不使用全部的 10.0/8 地址空间而为本地通信或供应商特殊用途保留一段地址范围, 列车子网地址空间限制为 10.128.0.0/9, 见表 6。

00001010.txxxxxxxx.xxxxxxxxx.xxxxxxxxx/9

表 6 列车子网定义

| [t] | 标记                      | 描述   |
|-----|-------------------------|------|
| 0   | 10.0.0.0/9 或 10.0/9     | 本地子网 |
| 1   | 10.128.0.0/9 或 10.128/9 | 列车子网 |

本地子网地址空间可用于定义本地子网: 编组内、ETB 级上、列车外等。该地址空间可自由使用且不属于互操作性范畴。

6.4.2.2 列车子网解析

列车子网 (t=1) 使用下列规则解析: 00001010.1bbxssss.sshhhhhh.hhhhhhhh/18

其中各字段解释见表 7。

表 7 列车子网解析

| 子网编号部分 |  |
|--------|--|
| [b]    | 骨干网标识 (BackboneId), 取值范围: 0~3。用于标识列车骨干网子网。最多可定义 4 个 ETB。静态分配, 编组之间的连线规则应保证同一 ETB 骨干网之间良好连接。在初运行阶段不动态计算该标识符。各值规定如下:<br>0: 用于 TCMS 网<br>1: 用于媒体网<br>2~3: 未指定 |
| [x]    | 保留位 (reserved bit)。应清零 (x=0)   |
| [s]    | 子网标识 (Subnet Id), 初运行结果, 用于标识列车的每个编组网子网 (CN)。空值保留给列车骨干网子网 (ETB)  |
| 主机编号部分 |  |
| [h]    | 主机标识 (Host Id), 编组网 (CN) 内唯一的主机标识, 每个编组最多 16 382 个主机。一些高位可用于定义内部专用编组网子网。此时, 地址掩码 (CN 侧) 宜考虑该解析并应扩展   |

依据上述规则:

——ETB0 (TCMS) 以太网列车骨干网子网地址空间是 10.128.0.0/18;

——ETB0 上的广播 IP 地址是 10.128.63.255。

6.4.2.3 编组网标识(子网标识)

6.4.2.3.1 概述

为标识列车内每个编组网子网,需要有“子网标识(Subnet Id)”值。该值由初运行进程的结果确定,见第 8 章。“子网标识”编码为 6 位精度的无符号整型。空值保留给 ETB 且不应由初运行进程返回。列车内可定义最多 63 个编组网子网。

在初运行之后,从列车的一端(ETBN 顶节点)到另一端(ETBN 底节点)从 1~ $n$  编号每个 ETBN。其结果是 6 位精度即 1~63 的“ETBN 标识(ETBN Id)”。空值被排除且不应由初运行进程返回(实际上,在单一编组内 ETBN 最小编号是 1)。ETB 上可连接最多 63 个 ETBN。

“子网标识”标识列车内的一个编组网子网,而“ETBN 标识”标识骨干网上的一个 ETBN,二者存在差异。

“子网标识”和“ETBN 标识”的值用于构建列车 IP 地址。

6.4.2.3.2 单编组网编组

当编组仅由一个编组网构成且无 ETBN 冗余时,“子网标识”等于“ETBN 标识”,见图 16 和图 17。

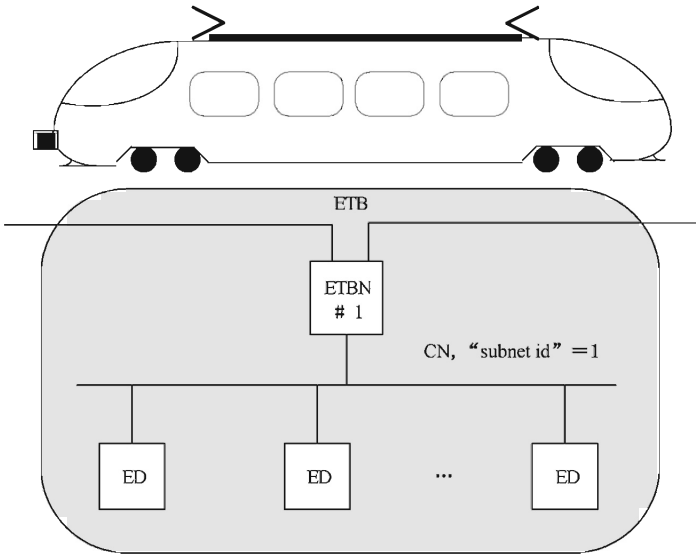


图 16 单编组网编组的“子网标识”

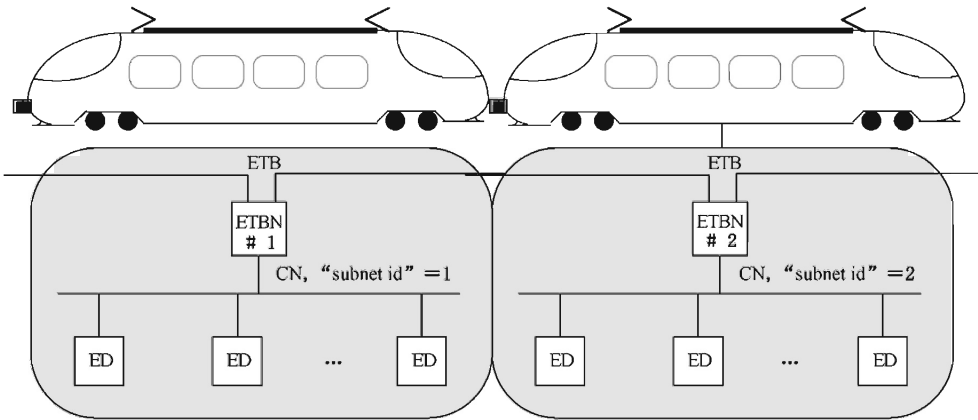


图 17 两个单编组网编组的“子网标识”

6.4.2.3.3 多编组网编组

当同一个编组内存在多个编组网(一个编组内有多个 ETBN)时,“子网标识”值顺序与 ETBN 编号顺序一致,见图 18。

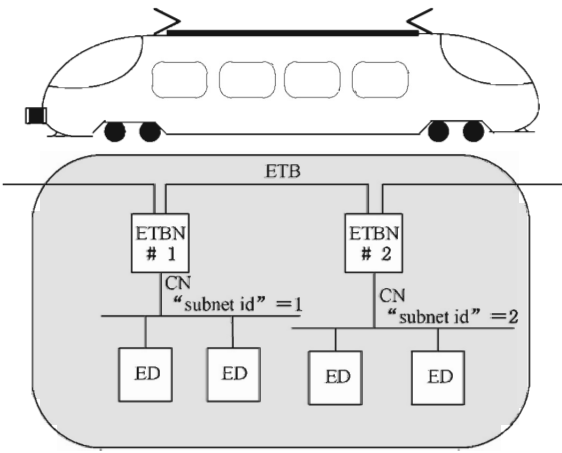


图 18 无容错的多编组网编组

6.4.2.3.4 ETBN 冗余

ETBN 冗余时,连接到同一个编组网子网的两个 ETBN 具有不同的“ETBN 标识”,但应共用同一“子网标识”,见图 19。

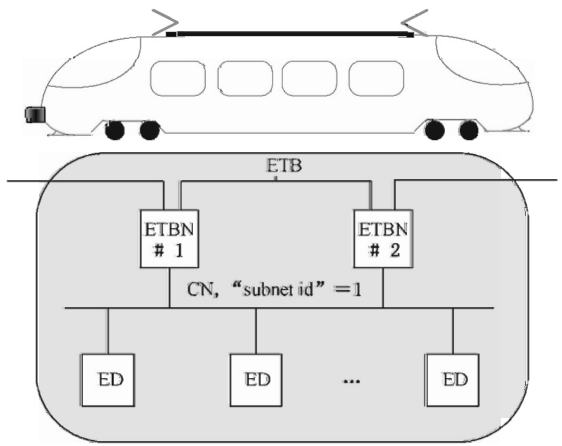


图 19 ETBN 冗余时的“子网标识”

“子网标识”值应根据组态和列车组成,随编组网子网出现、以与 ETBN 编号相同的顺序递增,见图 20。

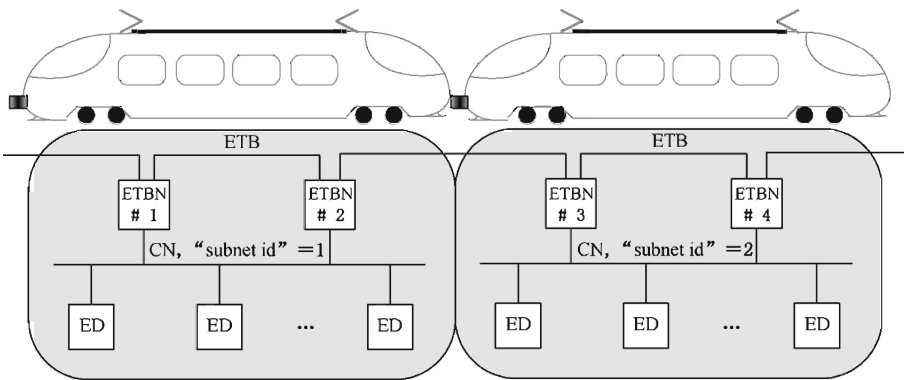


图 20 多个单元具有 ETBN 冗余时的“子网标识”

6.4.3 列车 IP 地址映射总结

列车 IP 地址映射总结见图 21。

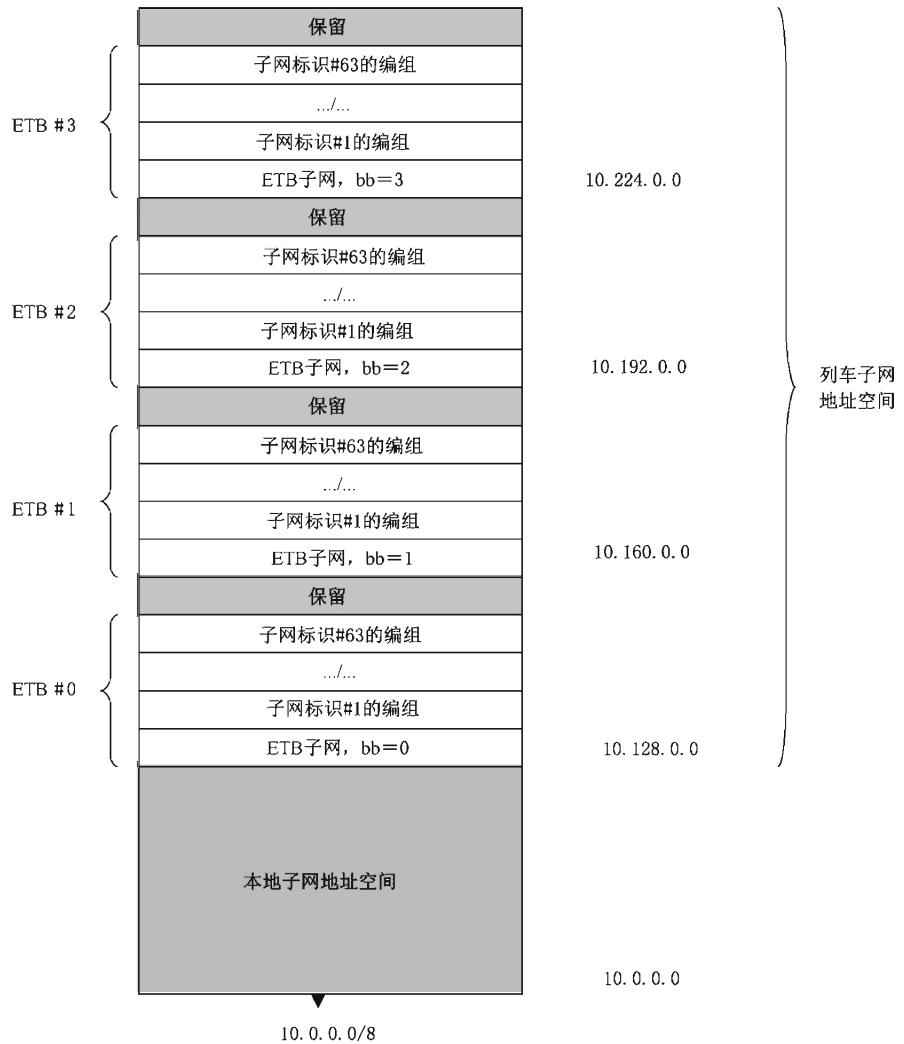


图 21 列车 IP 地址空间总结

6.4.4 列车 IP 组地址(多播)

在列车级,如 IETF RFC 2365 范围 239.192.0.0/14(组织范围)应用于多播寻址,见表 8。

当编组网基于以太网技术(即 ECN)时,宜为本地 ECN 定义另一多播地址范围,推荐的地址范围是 239.255.0.0/16(本地范围),参见 IETF RFC 2365 和 GB/T 28029.12。

互操作性保留范围是(256 个组地址):239.192.0.0~239.192.0.255。

表 8 列车 IP 组地址保留范围

| 组                           | 描述                                | 是否可路由 |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------|
| 239.192.0.0                 | 所有编组:<br>使能寻址所有编组的所有节点            | 是     |
| 239.192.0.X                 | 根据列车网络索引在位置 X 处编组上的所有主机,X 取值 1~63 | 是     |
| 239.192.0.64~239.192.0.127  | 保留给未来使用(例如:头车、头编组)                | 是     |
| 239.192.0.128               | ETB 子网上的所有主机                      | 否     |
| 239.192.0.129               | ETB 子网上的所有 ETBN                   | 否     |
| 239.192.0.130~239.192.0.255 | 保留给未来使用                           | 否     |

因此:

- 所有 ETBN 应订阅 239.192.0.129;
- ETB 子网上的所有主机应订阅 239.192.0.128;
- 需要接收列车范围消息的终端设备应订阅 239.192.0.0。

6.5 特殊主机 IP 地址

6.5.1 以太网列车骨干网节点(ETBN)

6.5.1.1 概述

如果接入到 ETBN 的编组网(CN)子网基于 IP(即为 ECN),则 ETBN 至少在 ETB 侧和 CN 侧各有一个接口和一个列车 IP 地址。

注 1: 由于同一个 ETBN 可用于连接多个 CN,所以一个 ETBN 可有多 IP 地址,其中 ETB 侧一个、每个连接的 CN 侧各一个。

注 2: 如果 ETBN 用于直连骨干网上多个 ED(用作交换机),则 ETBN 仅在 ETB 侧有一个 IP 地址。

6.5.1.2 ETBN 的 ETB 侧 IP 地址

ETBN 的 ETB 侧 IP 地址定义如下:00001010.1bb00000.00000000.v0tttttt/18。

其中各字段解释见表 9。

表 9 ETBN 的 ETB 侧 IP 地址

| 子网编号部分 |  |
|--------|--|
| [b]    | 骨干网标识(Backbone Id),取值范围:0~3。用于标识列车骨干子网。最多可定义 4 个 ETB。建议:<br>0:用于 TCMS 网<br>1:用于媒体网<br>2:未指定<br>3:未指定 |

表 9（续）

| 主机编号部分 |   |
|--------|---|
| [v]    | 虚拟位(Virtual Bit)。如果置位,则定义用于 ETBN 冗余的虚拟 IP 地址  |
| [t]    | ETBN 标识(ETBN Id),列车内 ETBN 编号,由初运行生成。<br>取值范围:1~63,不为空值。如果虚拟位置位,则应使用“子网标识”以代替“ETBN 标识” |

6.5.1.3 ETBN 的 CN 侧 IP 地址

ETBN 的 CN 侧列车 IP 地址与编组 ED 的 IP 地址一致,符合 CN 子网定义,见 6.4.2.2。ETBN 主机编号部分可取任意值。

作为共同约定,对于主设备或虚拟路由器,ETBN 列车 IP 主机编号部分宜置为 1。

6.5.2 列车子网上的主机

当 ETBN 用作交换机时,则可在 ETB 上接入 ED。在 ETB 上接入的 ED 应和 ETBN 一样拥有 ETB 子网内的一个列车 IP 地址。本部分仅定义 IP 地址范围。为此类设备设置 IP 地址的方法保留开放性,但该方法不应额外产生 ETB 业务。最多 254 个主机可通过 ETBN 直接接入 ETB。

ETB 侧的主机 IP 地址定义如下:00001010.1bb00000.00tttttt.hhhhhhhh/18。

其中各字段解释见表 10。

表 10 列车子网上的主机 IP 地址

| 子网编号部分 |   |
|--------|---|
| [b]    | 骨干网标识(Backbone Id),取值范围:0~3。用于标识列车骨干子网。最多可定义 4 个 ETB。<br>0:用于 TCMS 网<br>1:用于媒体网<br>2:未指定<br>3:未指定 |
| 主机编号部分 |   |
| [t]    | ETBN 标识(ETBN Id),列车内 ETBN 编号,由初运行生成。取值范围:1~63,不为空值  |
| [h]    | 主机标识(Host Id),该 ETBN 节点唯一主机标识。由于 ETBN 节点最多 254 个主机可用,取值范围:1~254                                   |

6.5.3 闭式列车内的主机

6.5.3.1 概述

当使用闭式列车时,可实施附加寻址方案以处理闭式列车内的通信要求。

该寻址方案向 ECN 主机提供一个 IP 地址以加入闭式列车中的另一主机,而不管闭式列车的拓扑状态如何。该寻址方案应为本地化子网的一部分,且不属于互操作性范畴。

应与列车子网定义适用相同的构造规则。

为标识闭式列车内的每个编组网子网,需要闭式列车子网标识(Closed train Subnet Id)值。由于闭式列车拓扑在正常运行中不会变化,该值在列车准备期间动态地由私有协议确定或静态确定。

闭式列车子网标识编码为 6 位精度的无符号整型。空值保留给闭式列车骨干子网标识。闭式列车内可定义最多 63 个 CN 子网。在闭式列车组成期间,为每个闭式列车末端分配一个方向编号(1 或 2)。

每个 ETBN 在闭式列车内从 1 到  $n$ 、从闭式列车方向 1 到方向 2 编号。其结果是一个 6 位精度的、取值范围 1~63 的闭式列车 ETBN 标识(closed train ETBN Id)。

### 6.5.3.2 IP 相对寻址方案(可选)

在初运行期间编组网以连续方式计数。由于 ETB 线形结构,每个编组网可通过从本地编组网开始的特定偏移寻址。

当列车联挂或解联时,仅新编组网出现或现有编组网消失,而其他编组网的偏移不发生变化。因此,相对寻址不受因初运行导致 ETB 地址变化的影响。

一个相对本地编组网的 IP 寻址方案定义如下:

00001010.0ssto0000.o0ddddd,ddddddd/12

其中:

s ——范围,0~3(3=列车,2=闭式列车,1=编组,0=编组网;当前相对寻址仅在列车范围中定义);

t ——类型,0~1(0=绝对地址,1=相对地址;相对 IP 地址恒为 1);

o ——目的编组网的偏移,0~63;

d ——设备地址,1~16383。

该寻址方案是相对于终端设备所属的本地编组子网标识的。在每个编组网级可使用相同的寻址方案,但根据编组网在列车内的位置,其标识不同的编组网。

目的编组网的偏移通过式(1)计算:

$$O = (\text{目的设备编组网标识} - \text{源设备编组网标识} + 64) \bmod 64 \quad \dots\dots\dots (1)$$

按照约定,假定 ETB 节点属于本地子网且其偏移为 0。该 ETB 节点的 IP 相对地址如下:

00001010.01110000.00000000.v0ttttt/18

其中:

v ——虚拟位,如果置位则为 ETBN 冗余定义虚拟 IP 地址;

t ——闭式列车 ETBN 标识,作为配置结果,其是闭式列车内 ETBN 编号。取值范围 1~63,不为空值。

如果虚拟位置位,则应使用“闭式列车子网标识”以代替“ETBN 标识”。

由于相对 IP 地址使用本地子网地址空间,ETBN 应实现 NAT 机制以转换相对 IP 地址。

源设备的 ETBN 应转换:

——相对目的 IP 地址到列车级 IP 地址;

——源 IP 地址到考虑目的设备 ETBN 朝向的相对源 IP 地址。

注: ETB 层上的所有目的 IP 地址属于列车子网 IP 地址空间 10.128.0.0/9。相对源 IP 地址属于本地子网地址空间。

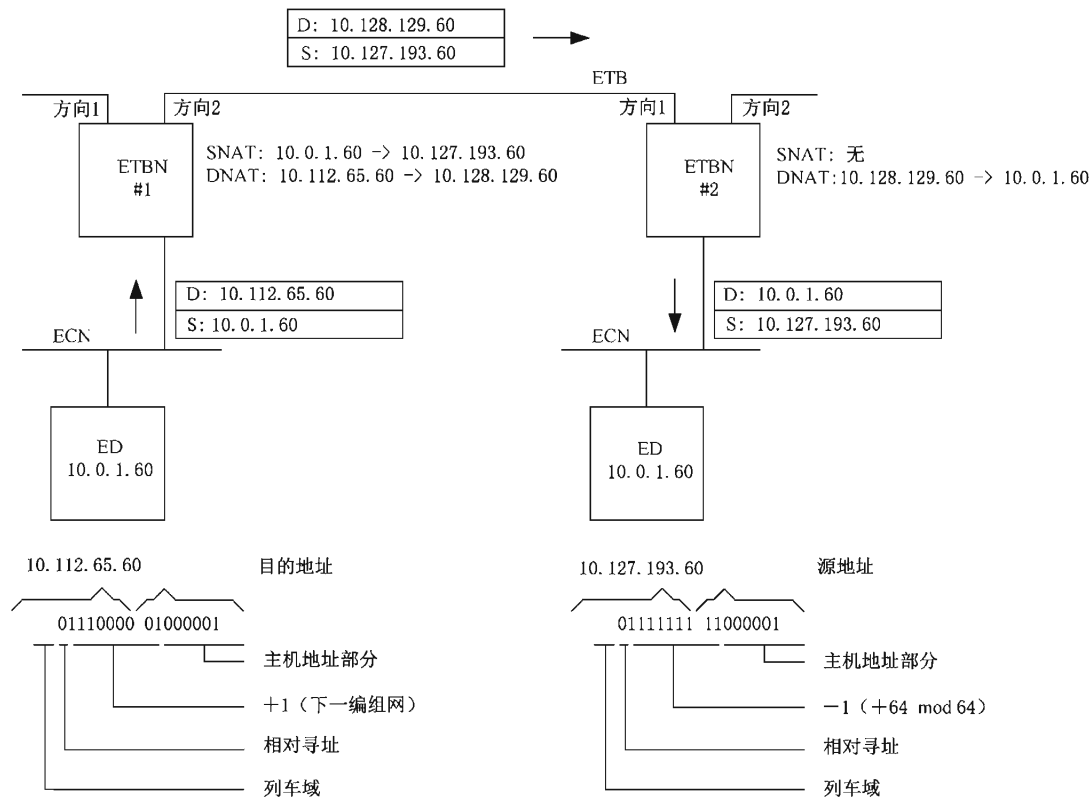
目的设备的 ETBN 应转换:

——列车级目的地址到目的设备独有的本地 IP 地址;

——且不改变源 IP 地址。

在相关 ETBN 中源和目的 NAT 示例见图 22。





说明：

D —— 目的地址；

S —— 源地址；

SNAT —— 源地址转换；

DNAT —— 目的地址转换。

图 22 相对寻址示例

ETBN #1 中相对源 IP 地址的转换考虑 ETBN #2 的朝向。两个 ETBN 朝向相同时,相对偏移从 +1 变为 -1。两个 ETBN 朝向不同时,相对偏移不变。如果图 22 中 ETBN #2 的朝向反向,则相对源地址将变为 10.112.65.60。

该寻址方案可扩展到闭式列车之外。此时,由于使用本地子网地址空间,ETBN 上应存在一种类似 NAT 的机制,以在 ETBN 级将本地地址转换到列车子网地址空间。终端设备之间的每一个携带属于列车子网地址空间的目的 IP 地址的帧应在列车骨干网上出现。在此情况下,由于 NAT 机制依赖于列车拓扑,在初运行期间可中断通信。

6.6 用例

不同用例下的列车 IP 地址映射见图 23~图 27。编组网不仅是 ECN 也可使用 MVB、CAN 等其他技术。图中所有 IP 地址是列车地址,每个终端设备应在列车级使用该地址(当编组网是 ECN 时不要和本地 IP 地址混淆)接入。

终端设备列车 IP 地址可由 ETBN 或直接由 ED 管理。图中未显示以太网二层网络设备(交换机)。

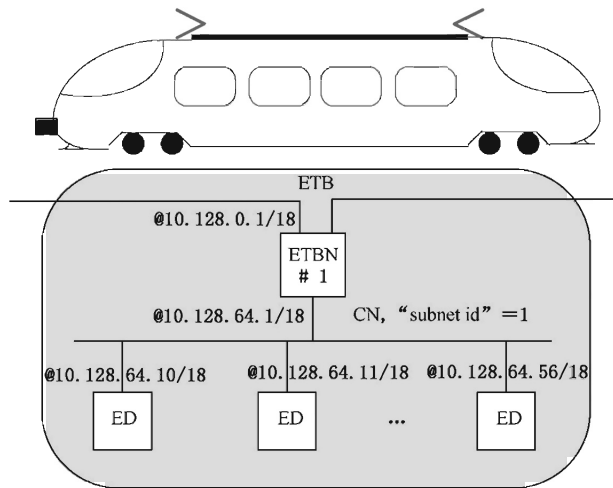


图 23 单一编组网构成的列车

图 23 给出了单一 CN 的简单编组。由于仅一个 ETBN 连接到一个 CN,初运行(在该 ETBN 上)之后,ETBN 编号为 1(“ETBN Id”=1),CN 编号为 1(“Subnet Id”=1)。使用表 6~表 10,从这两个编号推导出列车 IP 映射。如 ETBN 侧的 ETB IP 地址为 10.128.0.1/18。如果为每个终端设备关联一个列车 IP 地址,则这些终端设备不必直接管理该 IP 地址。列车 IP 地址应用于寻址列车内(编组内或编组外)任意终端设备。如果 CN 不基于以太网,则应定义转换规则。

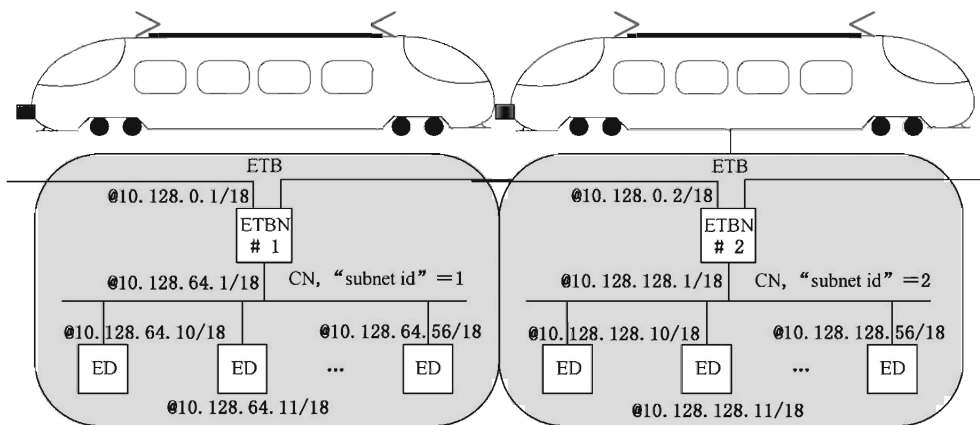
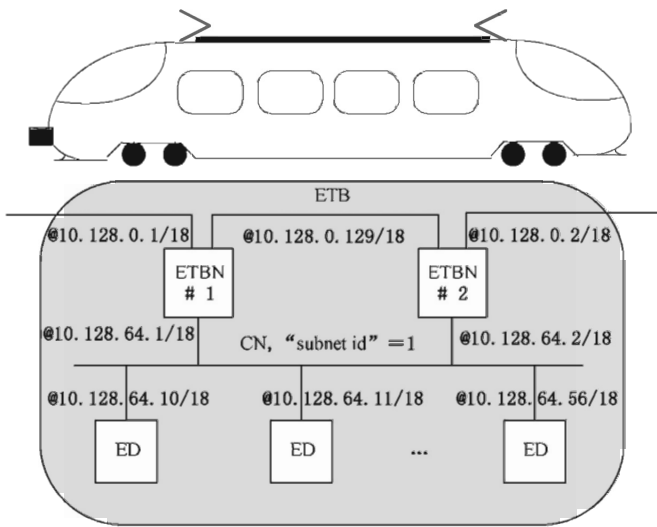


图 24 两个单独的编组网络构成的列车

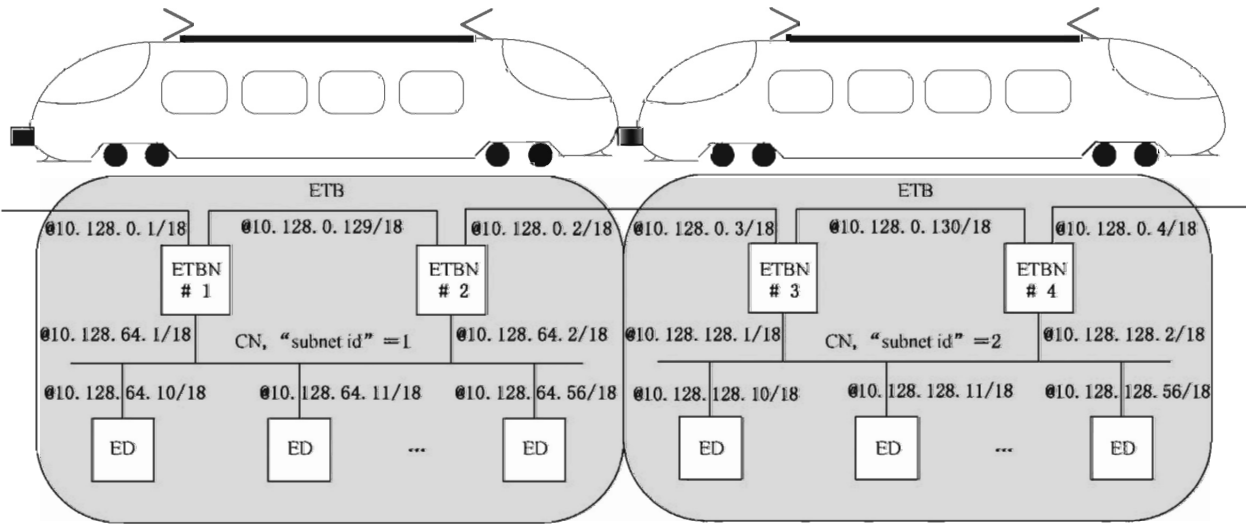
由两个编组构成的列车见图 24。每个编组包含一个无 ETBN 冗余的 CN。在初运行之后,ETBN 分别编号为 1、2。具有最小 CstUUID 的编组内列车端 ETBN 的编号最小。CN 也以同样方式编号。“ETBN Id”和“Subnet Id”用于计算列车地址映射。



注：ETBN 冗余和虚拟 IP 地址相关规范见第 9 章。

图 25 有 ETBN 冗余的单一编组构成的列车

使用两个 ETBN 接入 ETB 的单一编组构成的列车见图 25。初运行之后,每个 ETBN 获得一个编号。列车末端 ETBN 的编号 1 通过静态配置设置(类似于“主”“备”角色)。图中唯一一个 CN 编号为 1。无故障时,两个 ETBN 均激活,但通过静态配置设置一个 ETBN 是“主”、另一个 ETBN 是“备”。“主”定义了一个额外的列车 IP 地址:一个虚拟 IP 地址(图中该地址是 10.128.0.129/18)。其他 ETBN 应使用该单独地址以设置到该 CN 的路由。CN 内两个 ETBN 之间应使用一个生命信号算法:“备”节点周期轮询“主”。当“主”无响应时,“备”节点成为“主”,并发布该虚拟 IP 地址(新的“主”应在 ETB 上发送一个 ARP)。在另一 ETBN 上,路由不发生变化。



注：ETBN 冗余和虚拟 IP 地址相关规范见第 9 章。

图 26 有 ETBN 冗余的两个编组网构成的列车

由有 ETBN 冗余的两个编组网构成的列车见图 26。通过使用 CstUUID 编号 ETBN 和 CN。由于 TTDP 拓扑(TTDP TOPOLOGY)帧描述了编组内每个 CN,可给定连续的 CN 子网编号。通过使用虚拟 IP 地址 10.128.0.130/18,ETBN #3 和 ETBN #4 具有到子网 10.128.64.0/18(“Subnet Id”=1 的子网)的 IP 路由。相应的,通过使用虚拟 IP 地址 10.128.0.129/18,ETBN #1 和 ETBN #2 具有到子网

10.128.128.0/18 的 IP 路由。

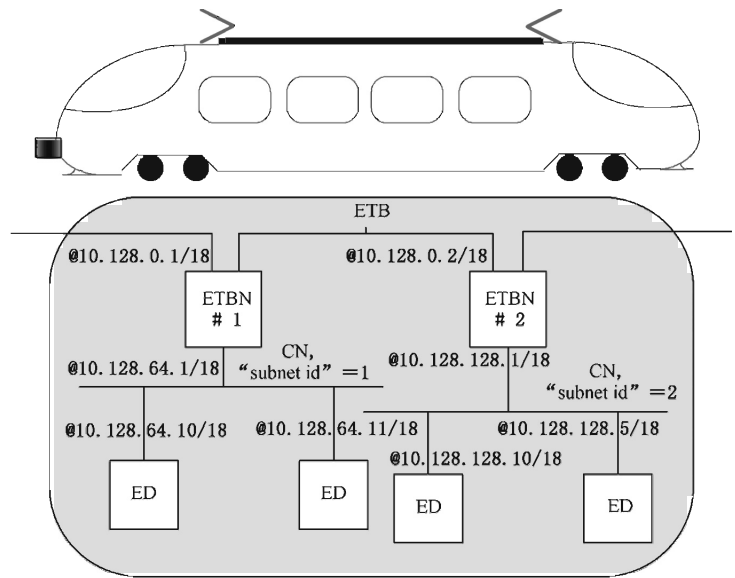


图 27 两个编组网在一个编组内的列车

由内部有两个编组网的、无冗余的单一编组组成的列车见图 27。通过使用 ETBN # 2 作为网关，ETBN # 1 具有到 10.128.128/18 的 IP 路由。相应的，通过使用 ETBN # 1 作为网关，ETBN # 2 具有到 10.128.64/18 的 IP 路由。

6.7 动态 IP 路由管理

6.7.1 单播路由

列车拓扑发现协议(TTDP)的结果应用于更新 ETBN 内的 IP 路由表。  
所有 ETBN 都是激活的。当 ETBN 冗余时，仅主 ETBN 拥有 ETBN 虚拟 IP 地址。该地址被其他 ETBN 用作网关。见第 9 章。

6.7.2 多播路由

6.7.2.1 概述

为在编组网间转发多播业务，需配置 ETBN 执行此功能，尤其是当 CN 基于以太网时(即 ECN)。为执行此任务，应设置 ETBN 的多播路由表。该表的每一行包含一个 IP 地址对(MG,US)：

- MG:多播组 IP 目的地址；
- US:多播源地址终端设备的单播源 IP 地址。US 地址应在 6.4.2.1 中定义的列车子网地址范围内。

在下列情况中，应更新多播路由表：

- 新的初运行发生(以考虑新的 IP 单播映射)；
- 终端设备希望使用新的 IP 组目的地址。

主要要求如下：

- 多播路由信息不应依赖专有协议提供的多播组信息的交换；
- 应考虑未来功能寻址定义和 PD/MD 协议，其中宜管理组地址和终端设备之间的动态关系。

6.7.2.2 ETBN 管理

每个 ETBN 应为多播路由器。  
多播路由器不应转发目的地址在 224.0.0.0~224.0.0.255 范围内（即 224.0.0/24）的多播报文。  
不应在 ETB 网络上使用诸如 2 层 IGMP 侦听等多播过滤。  
ETB 上交换的多播组地址应属于 6.4.4 中定义的范围。  
ETBN 应在 ETB 网络上转发该特定范围内的所有多播组 IP 地址，而不管 IP 源地址。  
ETBN 应清楚对其编组网上终端设备感兴趣的多播组列表。  
注：ETBN 可从静态配置或通过 IGMP 管理获取此列表。

对于这些组，每个 ETBN 应在多播路由表中建立一条路由，并配置其 ETB 接口以接受这些多播组。

该解决方案是基于每个 ETBN 能在其多播表中设置一个类似于(MG/range, \*)的行。当执行一次新的初运行时，应清空多播路由表。这是在 DisableRouting(禁止路由)动作期间退出 INAUGURATED(已初运行)状态时执行的(见 8.5.1)。

- ETBN 完成如下工作：
- 当从连接的编组网接收到具有多播组地址的帧时，如果该组地址在特定范围(见 6.4.4)内，则在 ETB 侧转发该帧；
  - 当从 ETB 接收到具有多播组地址的帧时，则依据编组内终端设备是否属于特定范围内的组地址决定是否在该编组网内转发此帧。

7 ETB 传输层

连接到列车骨干子网的设备的传输层要求见表 11。

表 11 终端设备公用接口

| OSI 层         | 要求                               | 类型 | 描述              |
|---------------|----------------------------------|----|-----------------|
| 传输层           | ICMP 互联网控制消息协议<br>IETF RFC 792   | M  | 终端设备应支持 IPv4 多播 |
|               | IGMPv2 互联网组管理协议<br>IETF RFC 2236 | M  |                 |
|               | UDP 用户数据包协议<br>IETF RFC 768      | M  |                 |
|               | TCP 传输控制协议<br>IETF RFC 793       | M  |                 |
| 注：类型列中，M——强制。 |                                  |    |                 |

8 ETB 列车初运行

8.1 概述

本章规定列车初运行过程。

列车初运行基于一个专有协议:列车拓扑发现协议(TTDP)。

所有 ETBN 应实现 TTDP。

## 8.2 目标和假设

### 8.2.1 目标

配置列车网络的动作称为列车初运行。通常在上电时发生初运行,但在列车动态解编或动态联挂时也会发生初运行。为保持 IP 不变,应避免降级模式导致的初运行,如 ETBN 丢失、ETBN 插入。列车 IP 配置应总是由所有 ETBN 在任意时刻计算、更新和共享,但是应用列车 IP 配置的决定(启动初运行过程)应总是在列车应用控制下(禁止初运行标志见 8.5.3)。

列车初运行过程需为每个编组网子网和每个 ETBN 定义一个标识编号,即子网标识(“Subnet Id”)和 ETBN 标识(“ETBN Id”)。这些值应用于构建列车 IP 映射、列车路由定义、NAT 规则、终端设备命名等,见 6.4。计算这些标识是 TTDP 的主要目标。

TTDP 应建立两类拓扑确定这些值:

- 物理拓扑:ETBN 顺序和朝向列表。列车物理拓扑在“连接表”的数组中定义。物理拓扑总是跟随连接到 ETB 上的 ETBN 的数更新。应检测到所有 ETBN(主节点或备节点)。新的物理拓扑不意味着一次新的初运行。为产生一次新的初运行(新的 IP 映射等),列车应用应使能初运行。见 8.8.7。
- 逻辑拓扑:列车子网顺序和朝向列表。列车逻辑拓扑在“列车网络索引”的数组中定义。逻辑拓扑包括“子网标识”和“ETBN 标识”。TTDP 为丢失的 ETBN 或编组网子网保留标识。这可通过在 ETBN 之间交换编组的 CN 子网描述实现(见 TTDP TOPOLOGY 帧)。新的逻辑拓扑不意味着一次新的初运行。为产生一次新的初运行(新的 IP 映射等),列车应用应使能初运行。

TTDP 在所有 ETBN 之间动态建立、更新和共享物理拓扑和逻辑拓扑。如果列车应用使能初运行,且产生一次新的初运行时,则根据 TTDP 结果设置新的列车 IP 映射。

列车初运行过程应遵守下列规则:

- 编组中具有最小 CstUUID 的列车 ETBN 末端节点定义为列车 ETBN 顶节点;
- 如果列车由唯一编组组成,则静态定义 ETBN 顶节点;
- ETBN 顶节点的“ETBN 标识”为 1;
- ETB 参考方向 2 上的后续节点从 2 开始升序编号,最后一个编号的 ETBN 为 ETB 底节点;
- ETB 参考方向 1 总是指向 ETBN 顶节点的方向,见图 28。

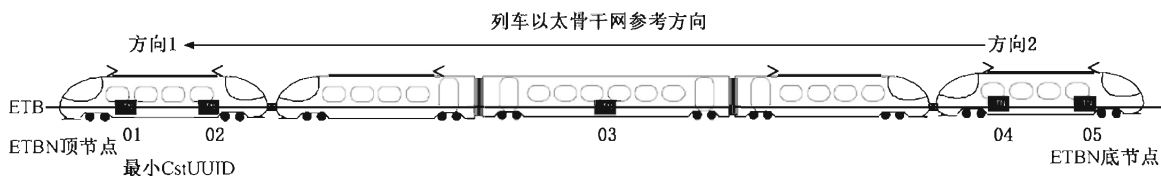


图 28 ETBN 顶节点参考

TTDP 也用于检测 ETB 上链路有效性,链路描述见 4.4。

### 8.2.2 未覆盖内容

编组描述语义和用法与项目相关,不属于本部分范畴。

物理编组描述不属于本协议范畴。

广播给编组内其他节点的拓扑不属于本部分范畴。依据编组网内部架构,可能需要一个或多个额外的协议,见第 13 章。

8.2.3 假设

假设 ETBN 以线形拓扑排列,协议旨在发现一个有序(且有朝向)的列表。该协议只适用于线形拓扑。

由于采用线形拓扑,每个 ETBN 有 0 个、1 个或 2 个相邻 ETBN。因此,ETBN 有“方向”的概念,且应能在每一侧的每一个端口上显式地发送和接收帧,而与链路汇聚无关。

ETBN 之间的每条链路以一个字母标识。由于可汇聚至多四条链路,因此使用字母“A”“B”“C”和“D”标识链路。

链路“C”和“D”可选,因此图 29 中仅表示链路“A”和“B”。

连接到方向 1 的 ETB 交换机以太网端口命名为“方向 1 端口(DIR 1 ports)”,连接到方向 2 的 ETB 交换机以太网端口命名为“方向 2 端口(DIR 2 ports)”。可自由指定 ETB 端口为方向 1 或方向 2。ETB 交换机端口标识编号、方向和线路之间的关联关系可从 TTDP 帧获知。

另一个假设是 ETB 交换机方向与静态编组方向的定义相对应。为简化列车拓扑发现协议(朝向计算),ETB 节点总是与编组同向。对于安装模块,ETB 节点实现了静态设置配置,这允许了将 ETBN 端口映射到 ETB 方向。如果安装在车辆上的 ETB 节点可在编组中反向,则通过修改 ETB 端口和方向映射调整 ETB 节点方向,见图 29。

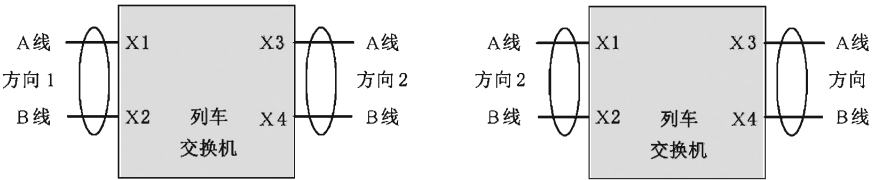


图 29 ETBN 朝向能力

8.3 ETBN 设置

8.3.1 ETB 交换机端口状态

ETB 交换机端口可处于表 12 中的一种状态(见 IEEE 802.1D:2012)。

表 12 ETB 交换机端口状态

| 端口状态           | 描述   |
|----------------|--|
| 禁用(Disabled)   | 不准许帧进入或离开处于禁用状态的端口。处于禁用状态的端口不学习                                |
| 丢弃(Discarding) | 仅允许 IEEE 802.3:2012 管理帧进入或离开处于丢弃状态的端口。所有其他帧类型被丢弃。处于丢弃状态的端口禁止学习 |
| 转发(Forwarding) | 正常工作。允许所有帧进入或离开处于转发状态的端口。对所有以太网帧实施学习                           |

以下状态在实现列车拓扑发现协议中强制使用:

——丢弃:此状态仅用于末端节点设置的末端端口;

——转发:此状态用于除末端端口之外的所有 ETB 端口。

ETB 节点上不应使用 IEEE 802.1D:2012 学习(Learning)状态(在该状态下,仅允许 IEEE 802.3:

2012 管理帧进入或离开学习端口。所有其他类型的帧被丢弃但从中学习)。

禁用状态是端口使用时交换机上电/重启后的临时状态,或是端口(通过配置)静态禁用时的稳定状态。

### 8.3.2 节点设置

#### 8.3.2.1 概述

为支持不同列车初运行的工作模式,ETB 交换机应可配置下列各节中描述的基本设置。

注: 下图仅表述 2 条线路用作冗余链路,但是每个方向上可使用 4 条线路。

#### 8.3.2.2 无源旁路设置

在无源旁路设置中,ETB 线路应旁路 ETB 交换机,然后将其从 ETB 线路中解联(见图 30)。无源旁路设置是 ETB 交换机断电或发生故障时的缺省设置。

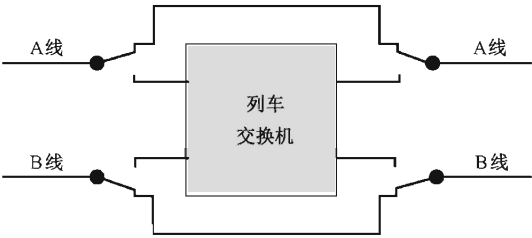


图 30 无源旁路设置时的 ETB 交换机

当无源旁路激活时,布线架构应管理电缆长度物理限制问题:如增加交换机、采用中继器等。

#### 8.3.2.3 中间节点设置

中间节点设置时,ETB 线路应连接到 ETB 交换机(见图 31)。ETB 端口处于转发状态,且 ETB 线路应根据 IEEE 802.1AX 在每个方向上汇聚。

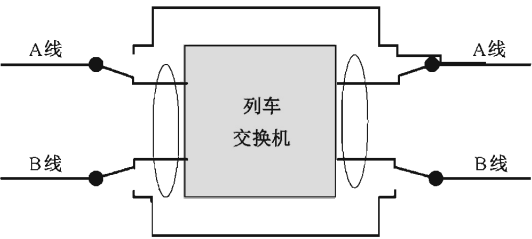


图 31 中间设置时的 ETB 交换机

#### 8.3.2.4 末端节点设置

末端节点设置时,ETB 线路应连接到 ETB 交换机(见图 32)。仅一个方向(方向 1 或方向 2)上的 ETB 端口处于转发状态,另一个方向上的 ETB 端口处于丢弃状态(当初运行完成时)。处于转发状态的 ETB 端口应根据 IEEE 802.1AX 汇聚。丢弃状态端口管理旨在保护已初运行列车上的数据交换。当初运行完成时,即处于已初运行(INAUGURATED)状态时,列车末端的 ETB 端口处于丢弃状态。



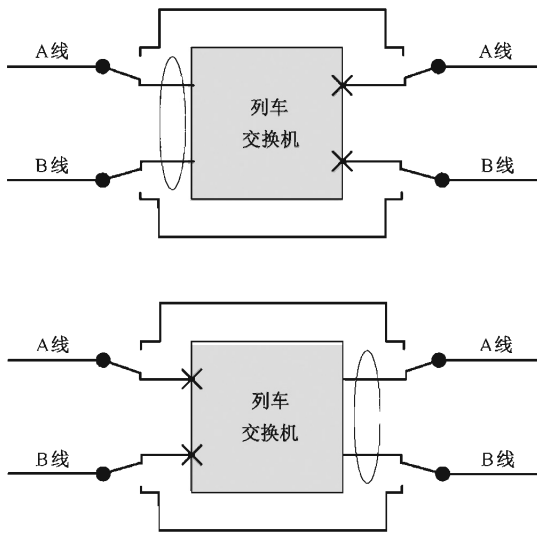


图 32 末端节点设置时的 ETB 交换机

8.4 通用行为

- 初运行进程应在所有 ETBN 上运行：
- 发现和监视 ETB 上的 ETBN。拓扑发现进程应一直激活。每个 ETBN 向所有其他 ETBN 多播拓扑(TOPOLOGY)消息,因此在每次传输时更新 ETBN 交换机转发表。
  - 通告并与列车应用协商拓扑。在未得到应用确认时,不添加任何动作。
  - 在应用确认后,计入列车逻辑拓扑以建立列车 IP 映射并更新网络服务(DHCP、DNS、NTP 等)。宜通告终端设备新的已认可的拓扑。列车 ETB 末端端口处于丢弃状态,仅 HELLO 帧(IEEE 802.3:2012 管理帧)被发送并可(使用管理 MAC 地址)通过这些端口以发现可能的联挂。
- 拓扑的稳定性是基于 CRC 计算的。当所有 CRC(本地 CRC 和从其他 ETBN 接收的 CRC)相同时,所有 ETBN 共享相同拓扑。
- 结果是单纯的拓扑信息:此处描述的 TTDP 协议旨在尽快检测到拓扑变化和/或不变。全面的编组描述交换和共享应由另一个协议完成,见 GB/T 28029.4。
- 因列车联挂/解联或因 ETBN 丢失导致的预期变化之间的差异也应管理以避免多个初运行进程。

8.5 ETBN 初运行状态图

8.5.1 概述

- ETBN 初运行进程由图 33 中的状态转移图定义。该状态转移图的定义如下：
- 进入动作(entry):状态开始时仅执行一次的动作；
  - 退出动作(exit):状态结束时仅执行一次的动作；
  - 循环动作(do):周期循环执行的动作；
  - 取反(NOT)、与(AND)、或(OR):逻辑 NOT、AND、OR 运算符。

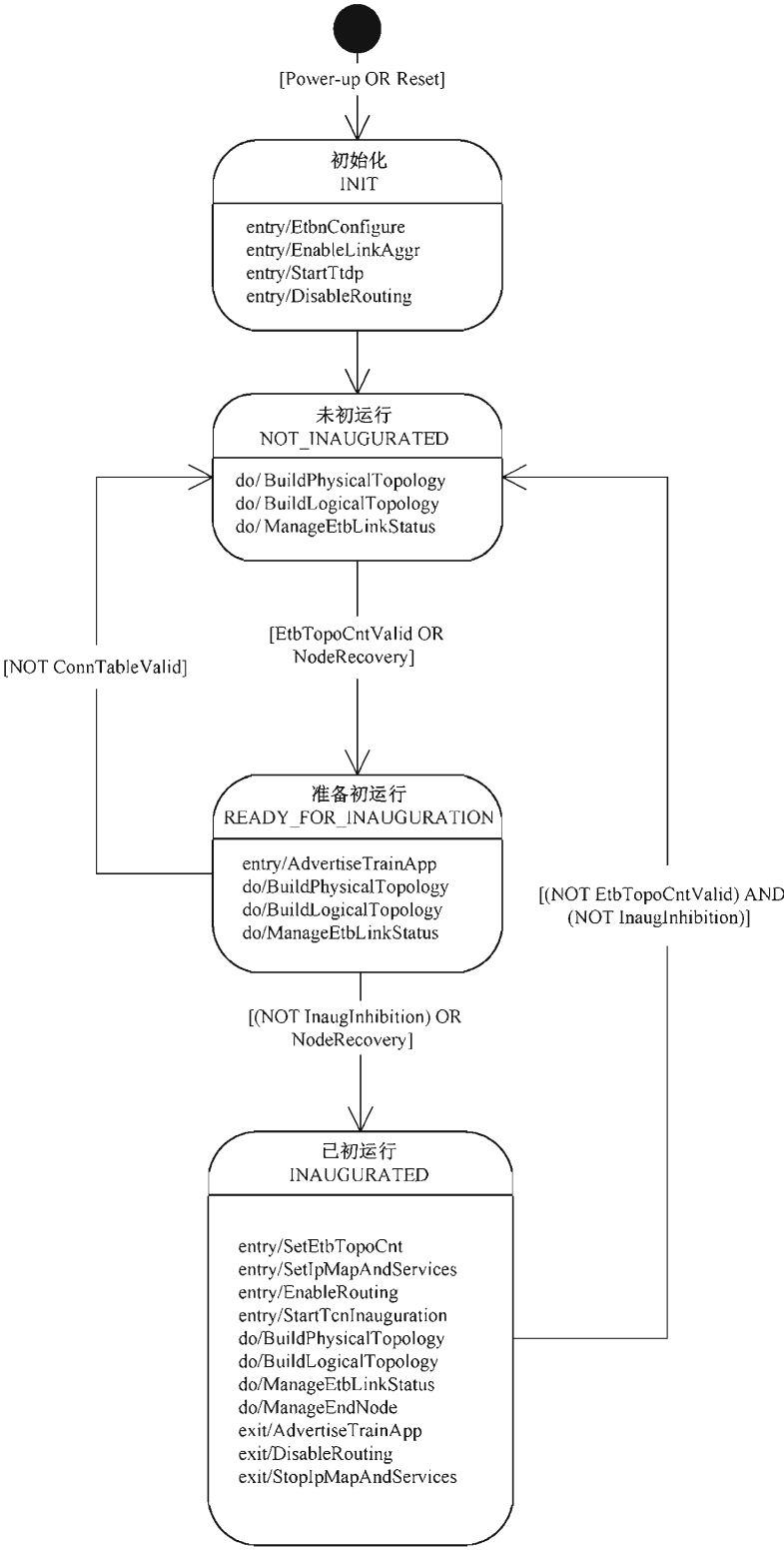


图 33 ETBN 初运行状态图

## 8.5.2 动作

### 8.5.2.1 配置 ETBN(EtbnConfigure)

ETB 交换机端口设置为转发状态、禁止 IP 转发、无 IP 配置、清空 ETB 交换机转发表等。

### 8.5.2.2 使能链路汇聚(EnableLinkAggr)

分别配置方向 1 或方向 2 上的 ETBN 交换机端口静态汇聚。

### 8.5.2.3 启动 TTDP 进程(StartTtdp)

启动 TTDP 守护进程。

初始值配置如下：

- ETBN 端口状态 = “Forwarding”；
- etbnInhibition = FALSE(该 ETBN 允许初运行)；
- InaugInhibition = FALSE(所有 ETBN 允许初运行,描述见 8.5.3.4)；
- ConnTableCrc32 = “ConnTableCrc 缺省值”；
- Topology Counter = “etbTopoCnt 缺省值”。

注：etbnInhibition 是每一个 ETBN 生成的在 TOPOLOGY 帧中的布尔值。当列车应用禁止新的初运行时(例如列车在工作模式下移动中),该值置为真(True)；当列车应用使能初运行以修改所有 IP 设置时,该值置为假(False)。该信息在本地 ETBN 范围内有效。上电时,拓扑中的 etbnInhibition 字段置为 False(允许初运行)。

### 8.5.2.4 禁止路由(DisalbeRouting)

禁止 ETB 和编组网之间的转发。编组网之间通信不可用。

### 8.5.2.5 建立物理拓扑(BuildPhysicalTopology)

TTDP 守护进程建立连接表(物理拓扑),计算 ConnTableCrc32 值并更新 TTDP TOPOLOGY 帧中的“TTDP 专属 ETB”TLV,见 8.7.6。

### 8.5.2.6 建立逻辑拓扑(BuildLogicalTopology)

TTDP 守护进程建立列车网络索引(逻辑拓扑),计算 etbTopoCnt(见 8.8.6)并更新 TTDP TOPOLOGY 帧中的“TTDP 专属 ETB”TLV,见 8.7.6。

### 8.5.2.7 管理 ETB 链路状态(ManageEtbLinkStatus)

ETBN 应使用下列结果管理连接其邻节点的 ETB 链路的状态：

- TTDP HELLO 帧；
- 以太网物理端口状态。

### 8.5.2.8 设置 ETB 拓扑计数器(SetEtbTopoCnt)

将列车网络索引 CRC 值作为当前拓扑计数器(初运行标识符)值存储起来。当 ETB 节点处于已初运行(INAUGURATED)状态,则 TTDP TOPOLOGY 帧中的 etbTopoCnt 字段以已存储的列车网络索引 CRC 值填充。

### 8.5.2.9 设置 IP 映射和服务(SetIpMapAndServices)

使用 TTDP 结果(ETBN 标识和子网标识)初始化 IP 映射(所有 IP 参数,包含 IP 地址、子网掩码、

域名解析、IP 路由等)和服务(DHCP、NAT、DNS等)。启动/重启服务,清空 ARP 表等。

#### 8.5.2.10 使能路由(EnableRouting)

使能 ETB 和编组网之间的数据转发。编组网之间的通信可用。

#### 8.5.2.11 通告列车应用(AdvertiseTrainApp)

将新的初运行通告给编组网内的列车应用。ETBN 应依据编组网采用的技术输出列车拓扑。

#### 8.5.2.12 启动 TCN 初运行(StartTcnInauguration)

处于已初运行(INAUGURATED)状态时,每一个 ETBN 应允许进行通信规约(见 GB/T 28029.4)中描述的 TCN 初运行。

#### 8.5.2.13 管理末端节点(ManageEndNode)

TTDP 守护进程管理末端节点标识,并设置未连接端口为丢弃(Discarding)状态。当发生末端节点恢复时,该功能也负责将先前丢弃(Discarding)端口设置为转发(Forwarding)状态,见 8.11.3。

#### 8.5.2.14 停止 IP 映射和服务(StopIpMapAndServices)

清除 IP 映射(所有 IP 参数,包含 IP 地址、子网掩码、域名解析、IP 路由等)并停止服务(DHCP、NAT、DNS等)。

### 8.5.3 转移条件

#### 8.5.3.1 上电或重启(Power-upORReset)

ETBN 上电或重启事件。

#### 8.5.3.2 连接表有效(ConnTableValid)

布尔值,当所有 ETBN 共享物理拓扑(即所有 ETBN 的连接表 CRC 值相同)时为 TRUE。

#### 8.5.3.3 ETB 拓扑计数器有效(EtbTopoCntValid)

布尔值,当所有 ETBN 共享逻辑拓扑(即所有 ETBN 的列车网络索引 CRC 值相同)时为 TRUE。

#### 8.5.3.4 禁止初运行(InaugInhibition)

该标志是从所有其他 ETBN 接收到的 TOPOLOGY 帧的“etbnInhibition”字段(当作布尔值)和编组网本地值或操作的结果。为使能初运行,所有编组网应使能(即所有 ETBN 通告的 etbnInhibition 标志应为 False)。上电时,直到 ETBN 至少一次进入已初运行(INAUGURATED)状态,InaugInhibition 才有意义(因此启动时该值置为 False 以允许第一次初运行)。

#### 8.5.3.5 节点恢复(NodeRecovery)

当自身 ETBN 具有有效 etbTopoCnt 时为 True,即使从其他 ETBN 接收到的 TOPOLOGY 帧指示禁止初运行(其他 ETBN 的 etbnInhibition 标志中至少一个为 True)。在下列情况下发生节点恢复:

- ETBN 是中间节点,曾是已知节点,消失后又重新出现。
- ETBN 是中间节点,且在包含至少一个已初运行的 ETBN 的编组中晚起。
- ETBN 是在一组丢失的末端节点中恢复的节点。从“准备初运行(READY\_FOR\_INAUGU-

RATION)”到“已初运行(INAUGURATED)”应等待一段时间,该延时应足够长(约 200 ms)以满足以下条件:

- 允许临时末端节点(连接到实际丢失末端节点)将其临时末端链路从丢弃(Discarding)状态设置回转发(Forwarding)状态(当发现正在恢复的节点);
- 让 TOPOLOGY 帧能被传送到恢复中的节点;
- 对于避免与先前丢失的末端节点执行“快速本地初运行”(即未发现其他 ETB 节点)冲突,该延时是必要的;在从 READY\_FOR\_INAUGURATION 状态到 INAUGURATED 状态之前,恢复中的末端节点等待足够长的时间以再次收到其他 ETB 节点的 TOPOLOGY 帧并收敛到已初运行的 ETB 拓扑。

## 8.6 ETBN 发现

### 8.6.1 内部 ETBN 检测

每个 ETBN 不间断地尝试检测 ETB 上的其他 ETBN。为此,每个 ETBN 向所有其他 ETBN 周期地发送第二层多播帧。该帧称作 TTDP TOPOLOGY 帧。

使用链路汇聚组(在两个 ETB 方向上)发送该帧。

接收到 TTDP TOPOLOGY 帧时,ETBN 应在其交换机转发表中查找该帧源 MAC 地址,以检测该帧是否来自方向 1 侧或方向 2 侧。

当 ETB 上只有一个 ETBN(从未接收到帧)时,一段延时后该 ETBN 自声明拓扑稳定。

未从特定 ETBN 接收到帧的超时用于检测 ETBN 丢失。

可使用两种方法建立连接表:

——“连接矢量(Connectivity Vector)”字段,见 8.8.1;

——“ETBN 矢量(ETBN Vector)”字段,见 8.8.2。

可自由选择使用哪个字段作为拓扑建立算法的输入,但是在发送 TOPOLOGY 帧时强制填充所有这些拓扑字段。

在特定安全要求场景中,可同时使用两种算法建立连接表。

附录 B 给出了维持物理拓扑的一种算法示例(仅供参考)。

### 8.6.2 外部 ETBN 检测

一旦列车应用认可拓扑(“InaugInhibition”标志为 TRUE),列车两端的 ETB 以太网端口设置为丢弃(Discarding)模式。仅允许诸如 TTDP HELLO 帧等管理帧(依据其目的 MAC 地址)通过这些端口,TTDP TOPOLOGY 帧不能通过。

通过周期性的帧交换检测新的外部 ETB(例如列车联挂/ETB 联挂期间)。这些消息称作 TTDP HELLO 帧。但是,仅当列车应用允许初运行(“InaugInhibition”标志置为 False)且在一次新的 ETB 初运行之后才会将新的 ETB 增加到 ETB 拓扑中。

由于 TTDP HELLO 帧非常小,其以某一配置的(高)速率交换,以对 ETBN 出现或丢失提供良好反应。典型的时序参数见 8.12.2 和 8.12.3。

未从一个已知的 ETBN 邻居接收到 TTDP HELLO 帧的超时用于检测列车解联(ETB 解联)。

### 8.6.3 交换端口状态处理

根据初运行状态和 ETBN 检测的 ETBN 交换端口状态处理见图 34。该图特别描述了末端节点如何从丢弃(Discarding)状态转移到转发(Forwarding)状态。

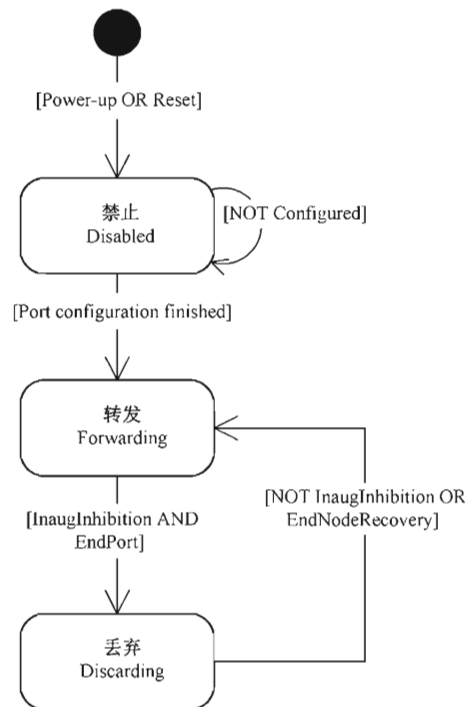


图 34 交换端口状态图

端口状态定义在 8.3.1 中给出。

状态转移条件如下：

- 上电或重启(**Power-up OR Reset**)：ETBN 上电或重启事件；
- 端口配置已完成(**Port configuration finished**)：上电或重启后的端口初始化序列已完成；
- 禁止初运行(**InaugInhibition**)：当标志为 True(初运行已完成)时禁止初运行；
- 末端端口(**EndPort**)：当端口未接收到 TTDP HELLO 帧时,宣称该端口为末端端口；
- 末端节点恢复(**EndNodeRecovery**)：当发现另一末端节点(例如末端节点晚起或恢复后,见 8.11.3)时,先前末端节点的端口重新打开。

在上电后旁路中继切断(以连接 ETBN 端口到 ETB 线路)前 ETBN 端口应处于转发(Forwarding)状态。

注：当列车编组增加/编组减少(联挂/解联)发生时,如果列车应用设置 InaugInhibition 为 False,则重新打开端口以发现新拓扑。

#### 8.6.4 ETB 线路状态

ETB 线路状态在 TTDP TOPOLOGY 帧中发送并在所有 ETBN 之间共享,见 8.7.6。

每个 ETBN 根据其端口上接收到的 TTDP HELLO 帧(见 8.7.5)为其自身线路计算这些线路状态。TTDP HELLO 帧时序和超时处理见 8.9.1。

ETBN 线路状态机见图 35。其仅适用于通过静态配置定义的已使用线路(未使用线路上无帧发送)。

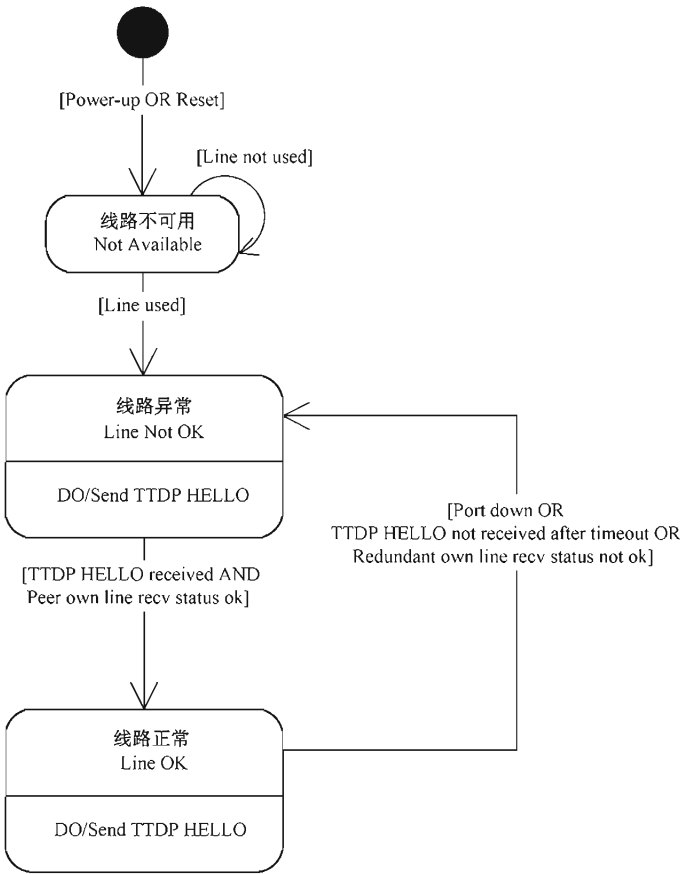


图 35 ETBN 物理线路状态机

线路状态如下：

- 线路不可用(**Not Available**)：上电/重启后或当相关交换端口配置为不使用；
- 线路正常(**Line OK**)：交换端口处周期地接收到 TTDP HELLO 帧；
- 线路异常(**Line Not OK**)：上电后尚未评估出线路状态或在给定超时期未在交换端口处接收到 TTDP HELLO 帧。

状态转移条件如下：

- 上电或重启(**Power-up OR Reset**)：ETBN 上电或重启事件；
- 线路不使用(**Line not used**)：线路静态配置为不使用；
- 线路使用(**Line used**)：线路静态配置为使用；
- 端口不工作(**Port down**)：连接到线路的交换端口不工作；
- 接收到 TTDP HELLO 帧(**TTDP HELLO received**)：在当前超时时间内接收到 TTDP HELLO 帧；
- 超时期未接收到 TTDP HELLO 帧(**TTDP HELLO not received after timeout**)：在当前超时时间内未接收到 TTDP HELLO 帧；
- ETBN 自身接收线路状态正常(**Peer own rcv line status ok**)：从远端 ETBN 发送的 TTDP HELLO 帧中接收到的自身线路接收状态正常；
- 冗余自身线路接收状态异常(**Redundant own line rcv status not ok**)：从同一汇聚组另一条冗余线路接收到的自身线路接收状态异常。例如，查询链路 A 且从汇聚线路 B 的 TTDP HELLO 帧中接收到的线路 A 接收状态是异常状态(即远端 ETBN 认为线路 A 异常)。

- 动作如下：
- 发送 TTDP HELLO 帧(**Send TTDP HELLO**)：在所有状态下，当端口配置为使用时，在相关物理线路上周期性发送 TTDP HELLO 帧。

8.7 TTDP 消息描述

8.7.1 概述

- 本条定义了 ETBN 之间交换的两种 ETB 初运行数据包：
- TTDP HELLO 帧，用于发现直接相连的 ETB 邻节点和检测到这些邻节点的物理通信线路；
  - TTDP TOPOLOGY 帧，用于将自身 ETB 邻节点发现通知给所有其他 ETBN。该帧用于物理拓扑(连接表)建立。
- 注：虽然对 TTDP HELLO 帧的应答用于在每个 ETBN 上建立自身“连接矢量”，但是该信息通过 TTDP TOPOLOGY 帧多播且在所有 ETBN 节点间共享(HELLO 帧只作用于 ETBN 直接邻节点)。

8.7.2 约定

- 对消息中使用的字段的通用约定如下：
- 未使用/预留字段：
    - 传输时应置为 0；
    - 接收时不应检查。
  - 字节顺序：
    - 长度超过一个字节的数值符合“网络序”约定，即高字节优先；
    - 长度不足一个字节的数值假定最左位为最高有效字节位。

8.7.3 TTDP 数据帧标签

- TTDP 消息应为依据 IEEE 802.1Q 的带标签的 VLAN 数据：
- VLAN 标识符(VID)应置为 492(=‘1EC’H)；
  - VLAN 优先级应置为最高优先级 7。

8.7.4 传输和寻址

- TTDP 定义了两种专用的以太网帧：
- TTDP HELLO 帧：基于携带专用结构 TTDP TLV(HELLO TLV)的 LLDP 帧；
  - TTDP TOPOLOGY 帧：专用的 TTDP 以太网多播帧。
- 第二层帧应使用表 13 中的 MAC 地址。

表 13 TTDP 目的 MAC 地址

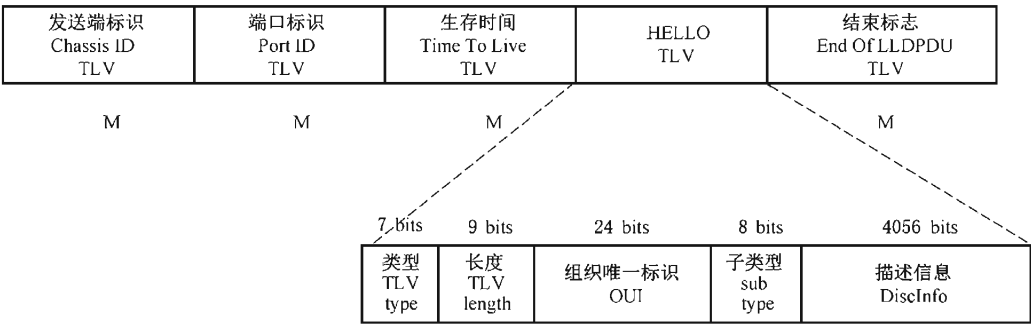
| TTDP 帧     | MAC 地址            | 目的  | 定义                                       |
|------------|-------------------|-----|--|
| HELLO 帧    | 01-80-C2-00-00-0E | 邻接桥 | IEEE 802.1AB,LLDP(链路层发现协议)。允许节点交换机箱和端口信息 |
| TOPOLOGY 帧 | 01-80-C2-00-00-10 | 所有桥 | IEEE 802.1D:2012。为普通的多播地址，用于到达桥接局域网中所有桥  |

8.7.5 TTDP HELLO 帧

如 4.4.2 所述，TTDP HELLO 帧在所有 ETBN 静态配置的物理线路(用于 ETB)上周期性地发送。



TTDP HELLO 帧(见图 36)基于 LLDPDU 定义(见 IEEE 802.1AB,其中包含强制性的 LLDP TLV 和组织专属 TLV 的描述)。



注：图中 M 表示强制，即所有 LLDPDU 均需要。

图 36 TTDP HELLO 帧 LLDPDU 结构

发送端标识(Chassis ID)、端口标识(Port ID)、生存时间(TTL)和结束标志(EOF)等 TLV 是强制性的 LLDP TLV,TTDP 不应使用其数值,因此对于这些强制性的 LLDP TLV,子类型可自由使用。

TTDP HELLO 数据在组织专属 TLV(Organizationally Specific TLV)格式(见图 37)中编码。

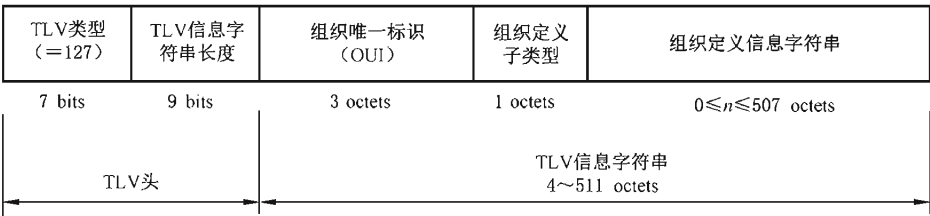


图 37 LLDP 组织专属 TLV 结构

TTDP HELLO 帧应以如下 ASN.1 格式的 TTDP-HELLO-FRAME 记录定义。强制性的 LLDP TLV 子类型置为示例值。

```
TLV-TYPE ::= ENUM7 {
    endOfLLDPDU-TLV-TYPE (0),
    chassisId-TLV-TYPE (1),
    portId-TLV-TYPE (2),
    ttl-TLV-TYPE (3),
    specific-TLV-TYPE (127)
}
-- LLDP TLV 类型值定义
-- 4~126 未使用
-- 组织专属 TLV

TLV-HEADER ::= RECORD {
    tlvType TLV-TYPE,
    tlvLength UNSIGNED9 (0..511)
}
-- 标准 TLV 头定义
-- TLV 类型
-- 以八位位组计的 TLV 信息长度
-- TLV 头字段不对齐到字节边界,整个头长度是 16 位(7+9)

GEN-TLV ::= RECORD {
    tlvHeader TLV-HEADER,
    tlvInfo ARRAY [tlvHeader.tlvLength] OF WORD8
}
-- 通用 TLV 定义
-- 标准 TLV 头
```

|   |  |
|---|--|
| }   | —— TLV 净负荷   |
| MAC-ADDR::= ARRAY[6] OF UNSIGNED8   | —— MAC 地址类型定义(48 位)  |
| TTDP-VLAN-HDR::= RECORD {<br>tpid            UNSIGNED16 ('8100'H),<br>pcp            UNSIGNED3 (7),<br>de             BOOLEAN1 (0),<br>vid            UNSIGNED12 ('1EC'H)<br>}                    | —— TTDP VLAN 头定义<br>—— 标记协议标识符值,用于标识帧为 IEEE 802.1Q 标记帧<br>—— 优先级代码点 = 最高(参见 IEEE 802.1p 优先级)<br>—— 丢弃资格(用于指示可丢弃的帧)<br>—— TTDP 用 VLAN 标识符 |
| CHASSIS-TLV::= RECORD {<br>chassisTlvHeader    TLV-HEADER {<br>tlvType(chassisId-TLV-TYPE),<br>tlvLength(7)<br>}<br>chassisIdSubtype    UNSIGNED8('04'H),<br>chassisId           MAC-ADDR<br>}    | —— 发送端 TLV 定义<br>—— 发送端 TLV 头值<br>—— 发送端标识子类型=MAC 地址<br>—— 发送端 MAC 地址  |
| PORT-TLV::= RECORD {<br>portTlvHeader       TLV-HEADER {<br>tlvType(portID-TLV-TYPE),<br>tlvLength(2)<br>}<br>portIdSubtype       UNSIGNED8('06'H),<br>portId              UNSIGNED8(0..255)<br>} | —— 端口 TLV 定义<br>—— 端口 TLV 头值<br>—— 代理巡回标识(IETF RFC 3046)<br>—— ETB、ETBN 输出物理端口编号   |
| TTL-TLV::= RECORD {<br>ttlTlvHeader        TLV-HEADER {<br>tlvType(ttl-TLV-TYPE),<br>tlvLength(2)<br>}<br>ttl                  UNSIGNED16(0..65535)<br>}  | —— 生存时间 TLV 定义<br>—— 生存时间 TLV 头值<br>—— LLDP 生存时间(s)  |
| EOL-TLV::= RECORD {<br>eolTlvHeader        TLV-HEADER {<br>tlvType(endOfLLDPDU-TLV-TYPE),<br>tlvLength(0)<br>}<br>}   | —— LLDPDUTLV 终止定义<br>—— LLDPDUTLV 终止 TLV 头值  |
| TIMEOUT-SPEED::= ENUM8 {<br>slowTimeout (1),<br>  | —— 超时值定义<br>—— 慢超时值(100 ms)  |

fastTimeout (2) — 快超时值(15 ms)

}

LINE-IDENT::= CHARACTER8 (65 | 66 | 67 | 68 | 45) — 线路标识值定义, 'A'/'B'/'C'/'D'/'-' 字符 ASCII 码

EGRESS-DIR::= ENUM8 { — 方向定义

    dir1 (1), — 方向 1

    dir2 (2) — 方向 2

}

HELLO-TLV::= RECORD { — 专用 HELLO TLV 定义

    specTlvHeader TLV-HEADER { — 组织专属 TLV 头值

        tlvType(Specific-TLV-TYPE),

        tlvLength(86)

    },

    oui ARRAY[3] OF UNSIGNED8 ('200E95'H), — IEC TC9 WG43 组织唯一标识符

    ttdpSubtype UNSIGNED8 ('01'H), — TTDP HELLO TLV 子类型

    tlvCS UNSIGNED16, — TLV 校验和(见 7)

    version UNSIGNED32 ('01000000'H), — HELLO TLV 版本“1.0.0.0”

    lifeSign UNSIGNED32, — 包序列号, 一直累加, 溢出循环

    etbTopoCnt UNSIGNED32, — 内部“列车网络索引”的 CRC32 校验和(见 1)

    vendor ARRAY[32] OF CHARACTER8, — 供应商自由使用字符串(见 2)

    recvAstatus ANTIVALENT2, — 线路 A 上接收状态(见 3)

    recvBstatus ANTIVALENT2, — 线路 B 上接收状态(见 3)

    recvCstatus ANTIVALENT2, — 线路 C 上接收状态(见 3)

    recvDstatus ANTIVALENT2, — 线路 D 上接收状态(见 3)

    timeoutSpeed TIMEOUT-SPEED, — 超时速度(见 4)

    srcId MAC-ADDR, — 自身 ETBN 的源 MAC 地址

    srcPortId UNSIGNED8 (0..255), — ETB、ETBN 输出物理端口号, 用于提供信息和诊断

    egressLine LINE-IDENT, — 当前 ETBN 发送该帧经由线路名称('A'/'B'/'C'/'D')

    egressDir EGRESS-DIR, — 指定给该输出线路的方向

    reserved1 UNSIGNED6 (0), — 用于 8 位对齐的填充位

    inaugInhibition ANTIVALENT2, — 禁止初运行标志(见 6)

    remoteId MAC-ADDR, — 邻节点的上一已知 MAC 地址(已接收的)

    reserved2 UNSIGNED16 (0), — 用于 32 位对齐的填充位

    cstUuid ARRAY[16] OF UNSIGNED8 — 编组全球唯一标识符(见 5)

}

TTDP-HELLO-FRAME::= RECORD { — TTDP HELLO 帧定义

    destAddr MAC-ADDR ('0180C200000E'H), — 目的 LLDP MAC 多播地址(见 IEEE 802.1AB)

    srcAddr MAC-ADDR, — ETBN 发送者源 MAC 地址

    vlanHdr TTDP-VLAN-HDR, — TTDP VLAN 头

    etherType UNSIGNED16 ('88CC'H), — LLDP EtherType 标识符

    chassisTlv CHASSIS-TLV, — 发送端 TLV(LLDP 强制性 TLV)

    portTlv PORT-TLV, — 端口 TLV(LLDP 强制性 TLV)

    ttlTlv TTL-TLV, — 生存时间 TLV(LLDP 强制性 TLV)

|            |                      |                                  |
|------------|----------------------|----------------------------------|
| otherTlvs1 | SEQUENCE OF GEN-TLV, | —— 可选 LLDP TLV 列表                |
| helloTlv   | HELLO-TLV,           | —— 帧中 TTDP HELLO 专属 TLV          |
| otherTlvs2 | SEQUENCE OF GEN-TLV, | —— 可选 LLDP TLV 列表                |
| eorTlv     | EOL-TLV,             | —— LLDPDU 结束标志 TLV(LLDP 强制性 TLV) |
| etherCrc   | UNSIGNED32           | —— 以太网帧 CRC(见 IEEE 802.3:2012)   |

注:

- 1) 依据 IEEE 802.3:2012 计算。缺省值:定义见 8.8.6。在此 TLV 中,其目的是管理临时末端节点故障恢复。
- 2) 供应商专属信息,以 0 结尾的文本字符串。0 结尾字符串字符之后直到数组末尾以空字符填充。
- 3) 线路接收状态:如果从该线路上直邻节点接收到 HELLO 帧且相应以太网端口工作,则线路接收状态正常;如果相应以太网端口不工作或该线路上快超时加上慢超时时间内未接收到 HELLO 帧,则认为线路接收状态不正常。取值如下:

|                      |   |            |
|----------------------|---|------------|
| ‘00’B(出错,ERROR)      | = | 无效值 (不应使用) |
| ‘01’B(假,FALSE)       | = | 线路接收状态不正常  |
| ‘10’B(真,TRUE)        | = | 线路接收状态正常   |
| ‘11’B(未定义,UNDEFINED) | = | 不可用        |

ETBN 物理线路状态图和描述见 8.6.4。

- 4) 接收中超时管理通告(机制类似于 LACP)以加速任何情况下的故障检测。该信息主导邻节点 TTDP HELLO 帧传输周期。

如果在慢超时(正常)模式下未接收到帧,则请求邻节点进入快传输模式。

本地含义:如果该字段改变则立即发送以通告邻节点。

远端含义:如果邻节点字段改变则立即发送。

详见 8.9.1。

初始值宜置为“慢超时(slowTimeout)”。

- 5) 同一编组内的所有 ETBN 共享同一个 CstUUID。
- 6) 有关列车初运行许可的列车应用状态(全局禁止信息=本地值和所有接收到的 ETBN 本地禁止标志的或操作值,见 8.5.3)。

在第一次拓扑建立前标志值为“不可用(not available)”。

取值如下:

|                      |   |               |
|----------------------|---|---------------|
| ‘00’B(出错,ERROR)      | = | 无效值 (不应使用)    |
| ‘01’B(假,FALSE)       | = | 未禁止初运行(允许初运行) |
| ‘10’B(真,TRUE)        | = | 禁止初运行(不准许初运行) |
| ‘11’B(未定义,UNDEFINED) | = | 不可用           |

- 7) TLV 校验和与 RFC 793 中 TCP 校验和的计算方法相同。

TLV 校验和值应对 TLV 负荷(从校验和后第一个 TLV 字到最后一个 TLV 字)计算。

校验和字段是 TLV 负荷中所有 16 位字的反码和的 16 位反码(初始值等于 0)。如果 TLV 负荷包含奇数个八位位组,则最后一个八位位组在右侧以 0 填充构成 16 位字计算校验和。填充不作为 TLV 的组成部分传输。

- 8) 当需要在 HELLO 帧中添加更多 TTDP 信息时,宜定义一个带有 TTDP OUI 的新的专属 TLV。TTDP 子类型小于 128 的 TTDP TLV 为互操作性保留,TTDP 子类型大于或等于 128 的 TTDP TLV 专属供应商自由使用。

CstUUID 用于唯一标识世界上的一个编组,而不需要集中注册。CstUUID 是一个 128 位标识符。其依据 IETF RFC 4122 定义。闭式列车看作虚拟编组(见 6.3.2)。

同一个编组内所有 ETBN 应共享同一个 CstUUID。

CstUUID 目前表示为由 32 个十六进制数组成的标识符,例如:“f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6”。

整个 TTDP HELLO 帧结构可由图 38 表示。

|                                      |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |                              |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|------------------------------|----|----|----|-------------|----|---|---|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|
| 位位置                                  |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |                              |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| 31                                   | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23              | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15                           | 14 | 13 | 12 | 11          | 10 | 9 | 8 | 7                 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| 15                                   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7               | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 15                           | 14 | 13 | 12 | 11          | 10 | 9 | 8 | 7                 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| 7                                    | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 7               | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 7                            | 6  | 5  | 4  | 3           | 2  | 1 | 0 | 7                 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                      |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |                              |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| LLDP/TTDP HELLO帧：                    |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |                              |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| [dest MAC addr ...                   |    |    |    |    |    |    |    | ...             |    |    |    |    |    |    |    | ...                          |    |    |    |             |    |   |   | ...               |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| ... dest MAC addr] = ‘0180C200000E’H |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | [src MAC addr ...            |    |    |    |             |    |   |   | ...               |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ...                          |    |    |    |             |    |   |   | ... src MAC addr] |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| TPID =‘8100’H                        |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | PCP = 7                      |    | 0  |    | VID =‘1EC’H |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| EtherType =‘88CC’H                   |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | [Chassis TLV ...             |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   | ...             |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ...                          |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   | ...             |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ... Chassis TLV]             |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   | [Port TLV ...   |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                      |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ... Port TLV]                |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   | [TTL TLV ...    |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                      |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ... TTL TLV]                 |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   | {other TLVs ... |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| ... other TLVs)                      |    |    |    |    |    |    |    | [HELLO TLV ...  |    |    |    |    |    |    |    |                              |    |    |    |             |    |   |   | ...               |   |   |   |   |   |   |   | ...             |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                      |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ...                          |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
|                                      |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    | ...                          |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   | ... HELLO TLV]  |  |  |  |  |  |  |  | {other TLVs ... |  |  |  |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    | ... other TLVs) |    |    |    |    |    |    |    | [End of LLDPDU TLV] =‘0000’H |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |
| 以太网帧CRC                              |    |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |                              |    |    |    |             |    |   |   |                   |   |   |   |   |   |   |   |                 |  |  |  |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |  |  |

图 38 TTDP HELLO 帧结构

TTDP HELLO 帧专属 TLV 结构可由图 39 表示。

|                         |     |     |     |                     |  |  |  |               |  |  |  |               |  |        |  |
|-------------------------|-----|-----|-----|---------------------|--|--|--|---------------|--|--|--|---------------|--|--------|--|
| 用于TTDP的LLDP专属HELLO TLV: |     |     |     |                     |  |  |  |               |  |  |  |               |  |        |  |
| TLV type (7 bits) = 127 |     |     |     | TLV length (9 bits) |  |  |  | [OUI ...      |  |  |  |               |  |        |  |
| ... OUI]                |     |     |     | TTDP subtype = 1    |  |  |  | TVL checksum  |  |  |  |               |  |        |  |
| version = '01000000'H   |     |     |     |                     |  |  |  |               |  |  |  |               |  |        |  |
| life sign               |     |     |     |                     |  |  |  |               |  |  |  |               |  |        |  |
| etbTopoCnt              |     |     |     |                     |  |  |  |               |  |  |  |               |  |        |  |
| [vendor ...             |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ... vendor]   |  |        |  |
| lnA                     | lnB | lnC | lnD | timeout speed       |  |  |  | [src ID ...   |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ... src ID]   |  |        |  |
| src port ID             |     |     |     | egress line         |  |  |  | egress dir    |  |  |  | reserved1 = 0 |  | inhib. |  |
| [remote ID ...          |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
|                         |     |     |     | ... remote ID]      |  |  |  | reserved2 = 0 |  |  |  |               |  |        |  |
| [ cst UUID ...          |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ...           |  |        |  |
| ...                     |     |     |     | ...                 |  |  |  | ...           |  |  |  | ... cst UUID] |  |        |  |

这些帧用于建立物理拓扑和逻辑拓扑。

TTDP TOPOLOGY 帧应以如下 ASN.1 格式的 TTDP-TOPOLOGY-FRAME 记录定义。

注 1: 下面使用的一些 ASN.1 定义在 8.7.5 中定义。

```

TTDP-PROTO-ID ::= ARRAY[4] OF CHARACTER8{84,84,68,80}
                                —— TTDP 协议标识字符串定义 = “TTDP”的 ASCII 值

ETBN-INAUG-STATE ::= ENUM8 {
    Init                (0),
    NotInaugurated      (1),
    Inaugurated         (2),
    ReadyForInaug       (3)
                                —— 其他值不应使用
}

ETBN-ROLE ::= ENUM8 {
    EtbnRoleUndefined   (0),
    EtbnRoleMaster      (1),
    EtbnRoleBackup       (2),
    EtbnRoleNotRedundant (3)
                                —— 其他值不应使用
}

ETBN-DIR-LINK-INFO ::= RECORD {
    etbnLineAstatus      ANTIVALENT2, —— 给定方向上的 ETBN 链路信息
    etbnLineBstatus      ANTIVALENT2, —— A 线状态(见 3)
    etbnLineCstatus      ANTIVALENT2, —— B 线状态(见 3)
    etbnLineDstatus      ANTIVALENT2, —— C 线状态(见 3)
    etbnLineAdistIdent    LINE-IDENT, —— D 线状态(见 3)
    etbnLineBdistIdent    LINE-IDENT, —— 不同于 A 线的 ETBN 线路标识(见 4)
    etbnLineCdistIdent    LINE-IDENT, —— 不同于 B 线的 ETBN 线路标识(见 4)
    etbnLineDdistIdent    LINE-IDENT, —— 不同于 C 线的 ETBN 线路标识(见 4)
                                —— 不同于 D 线的 ETBN 线路标识(见 4)
}

ETB-TLV ::= RECORD {
    etbTlvHeader TLV-HEADER {
        tlvType      (1),
        tlvLength     (0..511)
    },
    tlvCS            UNSIGNED16, —— TLV 校验和(见 7)
    protoID          TTDP-PROTO-ID, —— TTDP 协议标识字符串(见 1)
    protoVersion     UNSIGNED32('01000000'H), —— ETB 初运行协议的协议版本(1.0.0.0)
    lifeSign         UNSIGNED32, —— 包序列号,一直累加,溢出循环
    cstUuid          ARRAY[16] OF UNSIGNED8, —— 编组全球唯一标识(见 2)
    etbnInaugState   ETBN-INAUG-STATE, —— ETBN 状态机状态
    etbnNodeRole     ETBN-ROLE, —— ETBN 当前角色
    reserved1        UNSIGNED6 (0), —— 用于 8 位对齐的填充位
}

```

|                           |                                   |  |
|---------------------------|-----------------------------------|--|
| etbnInhibition            | ANTIVALENT2,                      | —— 通知该节点的禁止请求。来自 ETBN 的本地信息<br>—— 字段编码见 HELLO 帧注 6 |
| reserved2                 | UNSIGNED6 (0),                    | —— 8 位对齐的填充位                                       |
| remoteInhibition          | ANTIVALENT2,                      | —— 解释见 15, 字段编码见 HELLO 帧 6                         |
| connTableCrc32            | UNSIGNED32,                       | —— 内部连接表 CRC32 值(见 5)                              |
| etbnDir1LinkInfo          | ETBN-DIR-LINK-INFO,               | —— 方向 1 上 ETBN 链路信息                                |
| etbnDir2LinkInfo          | ETBN-DIR-LINK-INFO,               | —— 方向 2 上 ETBN 链路信息                                |
| dir1MacAddr               | MAC-ADDR,                         | —— 方向 1 上邻节点 MAC 地址(见 6)                           |
| ownMacAddr                | MAC-ADDR,                         | —— 自身 MAC 地址                                       |
| dir2MacAddr               | MAC-ADDR,                         | —— 方向 2 上邻节点 MAC 地址(见 6)                           |
| nDir1Etbn                 | UNSIGNED8 (0..62),                | —— 在 ETBN 方向 1 侧检测到的 ETBN 数(见 14)                  |
| nDir2Etbn                 | UNSIGNED8 (0..62),                | —— 在 ETBN 方向 1 侧检测到的 ETBN 数(见 14)                  |
| reserved3                 | UNSIGNED16 (0),                   | —— 用于 32 位对齐的填充位                                   |
| dir1EtbnVector            | ARRAY[nDir1Etbn]OFMAC-ADDR,       | —— 方向 1 侧检测到的无序 ETBN 列表, 每个邻 ETBN 由其 MAC 地址描述      |
| dir2EtbnVector            | ARRAYALIGN32[nDir2Etbn]OFMAC-ADDR | —— 方向 2 侧检测到的无序 ETBN 列表, 每个邻 ETBN 由其 MAC 地址描述      |
| ETBN-CN-CNX::= BITSET32 { |                                   |  |
|                           |                                   | —— 编组网连接位掩码定义                                      |
|                           |                                   | —— 对于每一位, FALSE(0)即“未连接”, TRUE(1)即“已连接”            |
| cn01                      | (0),                              | —— 编组网 # 1   |
| cn02                      | (1),                              | —— 编组网 # 2   |
|                           |                                   | —— 填写 cn02~cn30                                    |
| cn31                      | (30),                             | —— 编组网 # 31  |
| cn32                      | (31)                              | —— 编组网 # 32  |
| }                         |                                   |  |
| CN-TYPE::= ENUM8 {        |                                   |  |
| cn-MVB                    | (1),                              |  |
| cn-NotUsed                | (2),                              |  |
| cn-CAN                    | (3),                              |  |
| cn-Ethernet               | (4)                               |  |
|                           |                                   | —— 其他值不应使用   |
| }                         |                                   |  |
| CN-TLV::= RECORD {        |                                   |  |
|                           |                                   | —— TTDP 拓扑编组网专属 TLV 定义                             |
| cnTlvHeader               | TLV-HEADER {                      | —— 编组网 TLV 头值                                      |
| tlvType                   | (2),                              |  |
| tlvLength                 | (0..511)                          |  |
| },                        |                                   |  |
| tlvCS                     | UNSIGNED16,                       | —— TLV 校验和(见 7)                                    |
| etbTopoCnt                | UNSIGNED32,                       | —— 内部“列车网络索引”CRC32 值(见 13)                         |
| ownEtbnNb                 | UNSIGNED8 (1..32),                | —— ETBN 在编组中的静态相对位置(见 8)                           |
| lengthen                  | ANTIVALENT2,                      | —— 联挂状态(见 9)                                       |
| shorten                   | ANTIVALENT2,                      | —— 解联状态(见 10)                                      |
| reserved1                 | UNSIGNED4(0),                     | —— 用于 8 位对齐的 4 位填充                                 |
| nEtbnCst                  | UNSIGNED8 (0..32),                | —— 编组中 ETBN 数(见 11)                                |

|              |                               |                    |
|--------------|-------------------------------|--------------------|
| nCnCst       | UNSIGNED8 (0..32),            | —— 编组中编组网数(见 12)   |
| cnToEtbnList | ARRAY[nEtbnCst]OFETBN-CN-CNX, | —— 连接到 ETBN 的编组网列表 |
| cnTypes      | ARRAYALIGN32[nCnCst]OFCN-TYPE | —— 编组网类型           |

}

TTDP-TOPOLOGY-FRAME::= RECORD {                      —— TTDP TOPOLOGY 帧定义

|           |                             |                                    |
|-----------|-----------------------------|------------------------------------|
| destAddr  | MAC-ADDR ('0180C2000010'H), | —— 目的 MAC 多播地址(见 IEEE 802.1D:2012) |
| srcAddr   | MAC-ADDR,                   | —— ETBN 发送者的源 MAC 地址               |
| vlanHdr   | TTDP-VLAN-HDR,              | —— TTDPVLAN 头                      |
| etherType | UNSIGNED16('XXXX'H),        | —— EtherType 标识符                   |
| reserved1 | UNSIGNED16 (0),             | —— 用于 32 位对齐的填充字节                  |
| etbTlv    | ETB-TLV,                    | —— ETB 拓扑专属 TLV(TTDP 强制性 TLV)      |
|           |                             | —— 用于建立“连接表”(物理拓扑)                 |
| cnTlv     | CN-TLV,                     | —— 编组网专属 TLV(TTDP 强制性 TLV)         |
|           |                             | —— 用于建立“列车网络索引”(逻辑拓扑)              |
| otherTlvs | SEQUENCEOFGEN-TLV,          | —— 可选的 TLV 列表                      |
| eolTlv    | EOL-TLV,                    | —— TLV 列表结束(强制性)                   |
| etherCrc  | UNSIGNED32                  | —— 以太网帧 CRC(见 IEEE 802.3:2012)     |

}

注 2:

- 1) 纯文本字符串(不以 0 结尾)。用于在监视工具中过滤以太网帧。
- 2) 同一个编组中所有 ETBN 共享同一个 CstUUID。
- 3) 某个方向上一条线路的线路状态,可用于监视 ETB 线路。取值如下:
 

|                      |   |           |
|----------------------|---|-----------|
| '00'B(出错,ERROR)      | = | 无效值(不应使用) |
| '01'B(假,FALSE)       | = | 线路不正常     |
| '10'B(真,TRUE)        | = | 线路正常      |
| '11'B(未定义,UNDEFINED) | = | 不可用       |
- 4) 相邻连接的线路名('A' 'B' 'C'或'D')。如果相邻线路名未知,则应使用'-'字符。可用于监视 ETB 链路。
- 5) 依据 IEEE 802.3:2012 计算的 CRC32。  
起始值:'FFFFFFFF'H。  
缺省值为只有一个 ETBN 节点(即该节点)的连接表的计算值,见 8.8.4。
- 6) 如果未检测到邻节点或先前检测到的邻节点不再出现,则置为 0。
- 7) TLV 校验和与 HELLO TLV 校验和的计算方法相同。见 8.7.5。
- 8) ETBN 在编组中的静态相对位置:不要与 ETBN 标识混淆(ETBN 标识在初运行时动态计算)。不应使用空值。
- 9) 指示已初运行组成联挂(可由任意节点设置),例如出现新的编组。使用 TTDP HELLO 帧和逻辑拓扑检测。  
如果节点检测到 CstUUID 不同于列车网络索引中包含的 CstUUID 值的新节点,则置为 TRUE。  
缺省、编组消失或新的列车网络索引(见 8.8.5)则复位为 FALSE(长度稳定),见 8.8.5。  
取值如下:
 

|                      |   |           |
|----------------------|---|-----------|
| '00'B(出错,ERROR)      | = | 无效值(不应使用) |
| '01'B(假,FALSE)       | = | 长度稳定      |
| '10'B(真,TRUE)        | = | 联挂        |
| '11'B(未定义,UNDEFINED) | = | 不可用       |



初始值宜置为 FALSE。

- 10) 指示解联:列车末端处至少一个编组丢失(可由任意节点设置)。使用 TTDP HELLO 帧和先前的逻辑拓扑检测。

如果节点根据列车网络索引检测到一个或多个编组在列车末端丢失,则置为 TRUE。

缺省、编组再次或新的列车网络索引(见 8.8.5)则复位为 FALSE(长度稳定),见 8.8.5。

取值如下:

- ‘00’B(出错,ERROR) = 无效值(不应使用)
- ‘01’B(假,FALSE) = 长度稳定
- ‘10’B(真,TRUE) = 解联
- ‘11’B(未定义,UNDEFINED) = 不可用

初始值宜置为 FALSE。

- 11) 此信息为编组静态描述的一部分。  
用于编组的 ETBN 以编组朝向(ETBN#1 是从编组 1 端计起的第 1 个 ETBN)有序排列。
- 12) 此信息为编组静态描述的一部分。
- 13) 根据 IEEE 802.3:2012 计算,缺省值定义见 8.7.5。
- 14) 需要指出的是:由于 ETB 上最多有 63 个 ETBN,nDir1Etbn 和 nDir2Etbn 均小于或等于(63-1),且有  $nDir1Etbn + nDir2Etbn \leq (63-1)$ ,其中减 1 是为了排除本地 ETBN。因此,ETB-TLV 最大数据长度为  $70 + 62 \times 6 = 442$  字节,其小于 TLV 最大数据长度(511 字节)。
- 15) 在列车联挂时指示是否允许远端组成初运行(仅由末端节点设置)。初始值宜为“未定义(UNDEFINED)”,即不应考虑。
- 16) 当连接到多个 ECN 且至少为一个 ECN 主时,ETBN 宜被认为是 ETBN 主(EtbnRoleMaster),即使其在另一 ECN 里为备。

整个 TTDP TOPOLOGY 帧结构可如图 40 表示。

| 位位置                                  |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|--------------|----|---|---|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| 31                                   | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23  | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15                | 14 | 13 | 12 | 11           | 10 | 9 | 8 | 7                             | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |  |  |  |
| 15                                   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7   | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 15                | 14 | 13 | 12 | 11           | 10 | 9 | 8 | 7                             | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |  |  |  |
| 7                                    | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 7   | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 7                 | 6  | 5  | 4  | 3            | 2  | 1 | 0 | 7                             | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |  |  |  |
|                                      |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| TTDP TOPOLOGY帧:                      |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| [dest MAC addr ...                   |    |    |    |    |    |    |    | ... |    |    |    |    |    |    |    | ...               |    |    |    |              |    |   |   | ...                           |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ... dest MAC addr] = '0180C2000010'H |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    | [src MAC addr ... |    |    |    |              |    |   |   | ...                           |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    | ...               |    |    |    |              |    |   |   | ... src MAC addr]             |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| TPID = '8100'H                       |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    | PCP = 7           |    | 0  |    | VID = '1EC'H |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| EtherType = '894C'H                  |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    | reserved1 = 0     |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| [ETB TLV ...                         |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ... ETB TLV]                         |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| [CN TLV ...                          |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ... CN TLV]                          |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| (other TLVs ...                      |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    | ...               |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| ...                                  |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    | ... other TLVs)   |    |    |    |              |    |   |   | [End of LLDPDU TLV] = '0000'H |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 以太网帧CRC                              |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |              |    |   |   |                               |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |

图 40 TTDP TOPOLOGY 帧结构

TTDP TOPOLOGY 专属 TLV 结构可如图 41 和图 42 表示。

| TTDP专属ETB TLV:              |     |                            |     |                    |                                  |                    |                            |                    |         |
|-----------------------------|-----|----------------------------|-----|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|---------|
| TLV type (7 bits) = 1       |     | TLV length (9 bits)        |     |                    | TVL checksum                     |                    |                            |                    |         |
| [proto ID ...               |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ... proto ID] = "TTDP"     |                    |         |
| proto version = '01000000'H |     |                            |     |                    |                                  |                    |                            |                    |         |
| life sign                   |     |                            |     |                    |                                  |                    |                            |                    |         |
| [ cst UUID ...              |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ... cst UUID]              |                    |         |
| ETBN inaug state            |     | ETBN node role             |     |                    | reserved1 = 0                    |                    | e. inh.                    | reserved2 = 0      | r. inh. |
| conn. table CRC32           |     |                            |     |                    |                                  |                    |                            |                    |         |
| InA                         | InB | InC                        | InD | dir 1 InAdistIdent |                                  | dir 1 InBdistIdent |                            | dir 1 InCdistIdent |         |
| dir 1 InDdistIdent          |     |                            |     | InA                | InB                              | InC                | InD                        | dir 2 InBdistIdent |         |
| dir 2 InCdistIdent          |     |                            |     | dir 2 InDdistIdent |                                  | [dir1 MAC addr ... |                            |                    |         |
| ...                         |     |                            |     | ...                |                                  | ... dir1 MAC addr] |                            |                    |         |
| [own MAC addr ...           |     |                            |     | ...                |                                  | ...                |                            |                    |         |
| ...                         |     |                            |     | ... own MAC addr]  |                                  | [dir2 MAC addr ... |                            |                    |         |
| ...                         |     |                            |     | ...                |                                  | ... dir2 MAC addr] |                            |                    |         |
| nb Dir1 ETBN (n1)           |     | nb Dir2 ETBN (n2)          |     |                    | reserved3 = 0                    |                    |                            |                    |         |
| [dir1 ETBN#1 MAC addr ...   |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ... dir1 ETBN#1 MAC addr]  |     |                    | [dir1 ETBN#2 MAC addr ...        |                    | ...                        |                    |         |
|                             |     |                            |     |                    | ...                              |                    |                            |                    |         |
|                             |     |                            |     |                    | ...                              |                    |                            |                    |         |
| ...                         |     | ...                        |     |                    | [dir1 ETBN#n1 MAC addr ...       |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ... dir1 ETBN#n1 MAC addr] |                    |         |
| [dir2 ETBN#1 MAC addr ...   |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ... dir2 ETBN#1 MAC addr]  |     |                    | [dir2 ETBN#2 MAC addr ...        |                    | ...                        |                    |         |
|                             |     |                            |     |                    | ...                              |                    |                            |                    |         |
|                             |     |                            |     |                    | ...                              |                    |                            |                    |         |
| [dir2 ETBN#n2 MAC addr ...  |     | ...                        |     |                    | ...                              |                    | ...                        |                    |         |
| ...                         |     | ... dir2 ETBN#n2 MAC addr] |     |                    | (0 padding for 32-bit alignment) |                    |                            |                    |         |

<

每个 ETBN 能通过使用 TTDP HELLO 帧或 TTDP TOPOLOGY 帧建立其自身的连接矢量。  
连接矢量定义见表 14。

表 14 连接矢量

| 项 | b47～b0       |
|---|--------------|
| 0 | MAC 地址(方向 1) |
| 1 | MAC 地址(自身)   |
| 2 | MAC 地址(方向 2) |

其中各字段描述见表 15。

表 15 连接矢量字段

| 项      | 描述   | 值             |
|--------|--|---------------|
| MAC 地址 | 方向 1/方向 2 上邻节点的 MAC 地址或自身 MAC 地址。<br>如果未检测到邻节点或先前检测到的邻节点不再出现,则置为 0 | ‘××××××××××’H |

8.8.2 ETBN 矢量

ETBN 矢量(见表 16 和表 17)给出在特定方向(方向 1 或方向 2)上检测到的所有邻节点的信息。检测到的 ETBN 列表未排序。TTDP TOPOLOGY 帧中包含两个 ETBN 矢量,见 8.7.6。每个 ETBN 能使用多播 TTDP TOPOLOGY 帧(从每个其他 ETBN 接收一个 TTDP TOPOLOGY 帧足以)建立这两个 ETBN 矢量(方向 1 ETBN 矢量和方向 2 ETBN 矢量)。接收到 TTDP TOPOLOGY 帧时,简单查找 ETBN 交换转发表给出输入端口号,ETBN 就应易于推断出发送者的方向。

ETBN 矢量定义见表 16。

表 16 ETBN 矢量

| 项   | b47～b0 |
|-----|--------|
| 0   | MAC 地址 |
| ... | MAC 地址 |
| N   | MAC 地址 |

其中各字段描述见表 17。

表 17 连接矢量字段

| 项      | 描述               | 值             |
|--------|------------------|---------------|
| MAC 地址 | 特定方向上邻节点的 MAC 地址 | ‘××××××××××’H |

8.8.3 连接表

连接表(见表 18 和表 19)包含在骨干网上检测到的物理 ETBN 列表,即“物理拓扑”。该列表从 TOPOLOGY 帧计算得到。连接表第一项是具有最小编组 UUID(TTDP TOPOLOGY 帧中的 CstU-

UID)的列车末端节点。ETB 参考方向用作参考朝向,且 ETBN 朝向根据列车参考方向计算得到。每当 ETBN 接收到新的 TOPOLOGY 帧时,所有 ETBN 重新计算连接表。

刚完成初始化后,每个 ETBN 最小连接表(缺省值)仅包含一个节点(即自身节点)。

表 18 连接表

| 节点  | b7~b6           | b5~b0 |
|---|-----------------|-------|
| ETB 顶节点(第一个)<br>(末端节点中拥有最小<br>CstUUID 值的节点) | 朝向(Orientation) | 0     |
|   | 0               |       |
|   | MAC 地址(OUI)     |       |
|   | MAC 地址(OUI)     |       |
|   | MAC 地址(OUI)     |       |
|   | MAC 地址(专属)      |       |
|   | MAC 地址(专属)      |       |
|   | MAC 地址(专属)      |       |
| …中间 ETBN…                                   | …               | …     |
| ETB 底节点(最后一个)                               | 朝向(Orientation) | 0     |
|   | 0               |       |
|   | MAC 地址(OUI)     |       |
|   | MAC 地址(OUI)     |       |
|   | MAC 地址(OUI)     |       |
|   | MAC 地址(专属)      |       |
|   | MAC 地址(专属)      |       |
|   | MAC 地址(专属)      |       |

其中各字段描述见表 19。

表 19 连接表字段

| 项                   | 描述                        | 类型          | 值   |
|---------------------|---------------------------|-------------|---|
| MAC 地址              | ETB 上所有检测到的 ETBN 的 MAC 地址 | uint8[6]    | ‘××××××××××’H   |
| 朝向<br>(Orientation) | 相对 ETB 参考方向的节点朝向信息        | Antivalent2 | ‘00B’:出错<br>‘01B’:同向(与 ETB 参考方向相同)<br>‘10B’:反向<br>‘11B’:未定义 |

8.8.4 连接表 CRC

连接表 CRC32 校验和称作 ConnTableCrc32。其根据 IEEE 802.3:2012 计算,是一个 32 位的无符号整数,缺省值对应于仅包含一个 ETBN(即自身 ETBN)的连接表 CRC 值。连接表 CRC 在 TTDP TOPOLOGY 帧中传输(见 8.7.6)。

从 ETB 顶节点包含朝向信息的第一个字节到 ETB 底节点包含 MAC 地址专属的最后一个字节计

算连接表 CRC32(见 8.7.6)。

当所有 ETBN 发送相同的 ConnTableCrc32 值时,所有 ETBN 共享相同的连接表。即,所有 ETBN 知晓所有其他节点,物理拓扑完整。

8.8.5 列车网络索引

列车网络索引(见表 20 和表 21)包含以编组网为单位的列车描述,即逻辑拓扑。列车网络索引第一项是具有最小 CstUUID 的列车末端编组网。该编组用作列车参考朝向。每当 ETBN 接收到新的 TTDP TOPOLOGY 帧(见 8.7.6)时,所有 ETBN 重新计算列车网络索引(TNDir)。

表 20 列车网络索引

| 序号  | uint8[16]                         | uint32  |                                 |         |                 |         |                  |       |                      |
|-----|-----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------------|---------|------------------|-------|----------------------|
|     |                                   | b31~b30 | b29~b24                         | b23~b22 | b21~b16         | b15~b14 | b13~b8           | b7~b2 | b1~b0                |
| 0   | CstUUID<br>(末端编组中拥有的最小 CstUUID 值) | 0       | 编组网标识(CN Id)<br>=1(编组内可定义多个编组网) | 0       | 子网标识(Subnet Id) | 0       | ETBN 标识(ETBN Id) | 0     | 编组朝向(CstOrientation) |
| 1   | CstUUID                           | 0       | CNId                            | 0       | Subnet Id       | 0       | ETBN Id          | 0     | CstOrientation       |
| ... | .../...                           |         |                                 |         |                 |         |                  |       |                      |
| n   | CstUUID                           | 0       | CNId                            | 0       | Subnet Id       | 0       | ETBN Id          | 0     | CstOrientation       |

其中各字段描述见表 21。

表 21 列车网络索引字段

| 项              | 描述                      | 类型                   | 值   |
|----------------|-------------------------|----------------------|---|
| CstUUID        | 编组全球唯一标识(IETF RFC 4122) | uint8[16]            | 例如:<br>‘f81d4fae-7dec11d0-a76500a0c91e6bf6’H  |
| CN Id          | 静态定义,标识编组内的编组网          | 6 位字段(位 5~位 0)       | 1~32  |
| Subnet Id      | 用于编号 ETB 上编组网子网         | 6 位字段(位 5~位 0)       | 1~63  |
| ETBN Id        | 用于编号 ETB 上 ETBN         | 6 位字段(位 5~位 0)       | 1~63  |
| CstOrientation | 相对于列车参考方向的编组朝向          | Antivalent2(位 1~位 0) | ‘00B’:出错<br>‘01B’:同向<br>‘10B’:反向<br>‘11B’:未定义 |

列车网络索引项应由编组、编组网标识、ETBN 标识的序列化列表按如下规则排序:  
——第一层(“编组序列化”):如上所述,TNDir 中第一个编组是具有最小 CstUUID 的末端编组。  
TNDir 中第二个编组(如有)是 ETB 参考方向 2(即 ETBN 升序方向)上的下一个编组。以此类推到最后一个编组,见 8.2.1。

- 第二层(“编组网标识序列化”):每个编组中每个编组网有一条记录(TNDir 数组中的一项)。  
对于每个编组,如果编组同向则编组网标识升序排列。否则,如果编组反向,则编组网标识降序排列。
- 第三层(“ETBN 序列化”):每个编组网中每个 ETBN 有一条记录(TNDir 数组中的一项)。  
ETBN 标识升序排列。

注 1: 编组网标识从静态编组配置数据获知。ETBN 也在配置数据中描述,且以编组朝向顺序列出。

注 2: 子网标识与 CN 标识直接相关(一旦物理拓扑已知)。

注 3: TNDir 中给定 CN 的 ETBN 标识也包含丢失的节点(如有),即给定 CN 所有 ETBN 标识以校正的物理拓扑列出(静态配置数据知晓所有 ETBN,见 8.8.7)。

列车组成的一个实例见图 43。

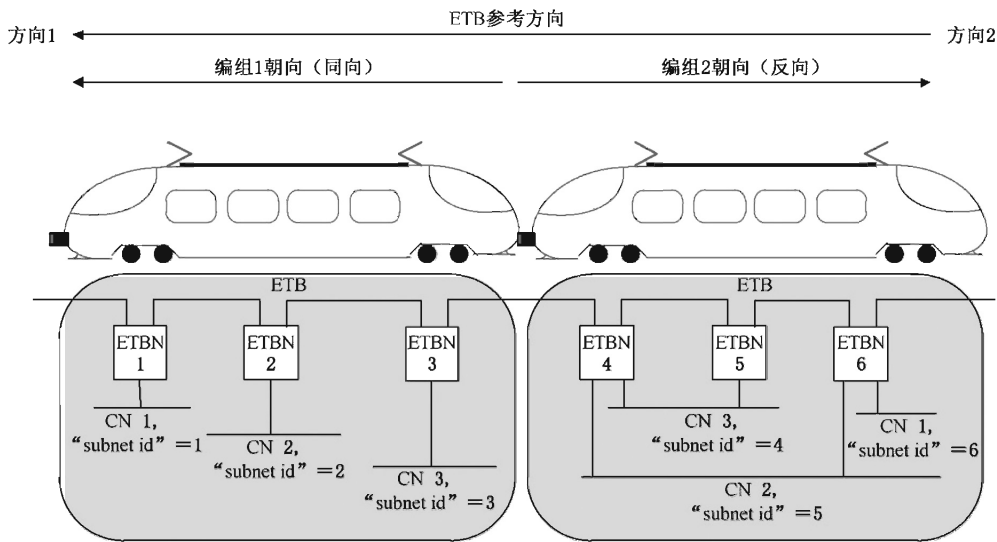


图 43 TNDir 示例用列车组成

其列车网络索引见表 22(表第一列为行索引,不属于 TNDir 的一部分)。

表 22 列车网络索引(示例)

| 序号 | uint8[16]       | uint32  |       |         |      |         |         |       |       |
|----|-----------------|---------|-------|---------|------|---------|---------|-------|-------|
|    | CstUUID         | b31~b30 | 编组网标识 | b23~b22 | 子网标识 | b15~b14 | ETBN 标识 | b7~b2 | 编组朝向  |
| 0  | 编组 1<br>CstUUID | 0       | 1     | 0       | 1    | 0       | 1       | 0     | ‘01’B |
| 1  | 编组 1<br>CstUUID | 0       | 2     | 0       | 2    | 0       | 2       | 0     | ‘01’B |
| 2  | 编组 1<br>CstUUID | 0       | 3     | 0       | 3    | 0       | 3       | 0     | ‘01’B |
| 3  | 编组 2<br>CstUUID | 0       | 3     | 0       | 4    | 0       | 4       | 0     | ‘10’B |
| 4  | 编组 2<br>CstUUID | 0       | 3     | 0       | 4    | 0       | 5       | 0     | ‘10’B |
| 5  | 编组 2<br>CstUUID | 0       | 2     | 0       | 5    | 0       | 4       | 0     | ‘10’B |



表 22（续）

| 序号 | uint8[16]       | uint32  |       |         |      |         |         |       |       |
|----|-----------------|---------|-------|---------|------|---------|---------|-------|-------|
|    | CstUUID         | b31~b30 | 编组网标识 | b23~b22 | 子网标识 | b15~b14 | ETBN 标识 | b7~b2 | 编组朝向  |
| 6  | 编组 2<br>CstUUID | 0       | 2     | 0       | 5    |         | 6       | 0     | ‘10’B |
| 7  | 编组 2<br>CstUUID | 0       | 1     | 0       | 6    | 0       | 6       | 0     | ‘10’B |

8.8.6 列车网络索引 CRC(拓扑计数器)

列车网络索引 CRC32 是一个 32 位的无符号整数,称作 etbTopoCnt。其根据 IEEE 802.3:2012 计算,缺省值对应于仅包含一个编组(即自身 ETBN 编组)的列车网络索引 CRC32 值。

列车网络索引 CRC 在 TTDP TOPOLOGY 帧中传输。当所有 ETBN 发送相同的值时,所有 ETBN 共享相同的列车网络索引。即,所有 ETBN 知晓所有的列车编组网描述。ETBN 共享相同的“子网标识”和“ETBN 标识”,就能进行初运行。

稳定的列车网络索引 CRC 标识了列车 IP 配置,该值也命名并用作“拓扑计数器(Topology Counter)”[类比于 GB/T 28029.1—2020 中 5.6.2“拓扑计数器(TopoCount)”概念]。

如果不准许列车初运行,则 TTDP TOPOLOGY 帧应包含 etbTopoCnt 前一个有效稳定值(前值由 SetEtbTopoCnt 功能设置,见 8.5.2)。如果允许列车初运行,则 TTDP TOPOLOGY 帧应包含当前列车网络索引的 CRC32 值(新值由 BuildLogicalTopology 功能设置),见 8.5.2。

8.8.7 已校正的拓扑

每个 ETBN 内部宜保持一个从实际物理拓扑得到的“已校正的物理拓扑”。其包含已发现(从接收到的 TOPOLOGY 帧)并存储在连接表(物理拓扑)中的所有 ETBN,以及已插入的丢失 ETBN(如有)。

丢失的 ETBN 可从在 TTDP TOPOLOGY 帧编组网 TLV 中通告的静态编组描述推断得到。根据编组静态描述中的编组朝向和 ETBN 有序列表将丢失的 ETBN 插入到其在 ETB 上预期位置。从而,可在初运行时不受晚起节点影响地指定 ETBN 标识和 IP 地址;晚起节点具有预留的标识和 IP 地址。

注 1: 直到出现在 ETB 上,丢失的 ETBN 才提供 MAC 地址。

注 2: 已校正的物理拓扑是一个内部的数据结构,该信息不在诸如 TTDP TOPOLOGY 帧中通告。

如 8.8.5 中定义,逻辑拓扑为“已校正”的拓扑。其包含了所有 ETBN 和子网(编组网),其中包括丢失的 ETBN 和子网。逻辑拓扑实际上根据已校正物理拓扑和静态编组描述建立。

8.9 TTDP 帧定时

8.9.1 TTDP HELLO

TTDP HELLO 帧应无条件地被所有 ETBN 在所有 ETB 交换端口上发送,与链路汇聚无关(即在每条配置为使用的物理线路上)。

TTDP HELLO 时序算法与 LACP(链路汇聚协议)或 MRP(环网)类似。为 TTDP HELLO 定义了如下两个发送周期:

- 正常模式下的慢发送周期,以减少 CPU 和网络负载,其接收超时相应较长。慢周期应置为 100 ms。
- 快速模式下的较短发送周期,以提高线路错误检测性能,其接收超时相应较短。快周期应置为 15 ms。该模式下 ETBN 应修改自身模式并应答每个接收到的 TTDP HELLO 帧。



满足恢复时间要求的周期值和建议的超时值示例如下：

- 慢周期(SlowPeriod):100 ms;
- 慢超时(SlowTimeout): $1.3 \times \text{SlowPeriod} = 130 \text{ ms}$ ;
- 快周期(FastPeriod):15 ms;
- 快超时(FastTimeout): $3 \times \text{FastPeriod} = 45 \text{ ms}$ 。

检测时间(Detection time)=SlowTimeout+FastTimeout=175 ms。

恢复时间[检测时间+链路汇聚重配置时间(Link aggregation reconfiguration time)]应小于200 ms。TTDP HELLO 协议时序(UML 序列图)见图 44 和图 45。

注 1: 图 44~图 45 中仅描述了一个方向的 HELLO 协议,但注意在两个方向上管理该协议(即当检查另一方向时,左侧的接收器也是 TTDP HELLO 帧发送器,而发送器则为接收器)。

注 2: 提供的用例仅展示了一个方向(从发送器到接收器)上的通信问题,且发送器总是正确地接收来自接收器的帧。

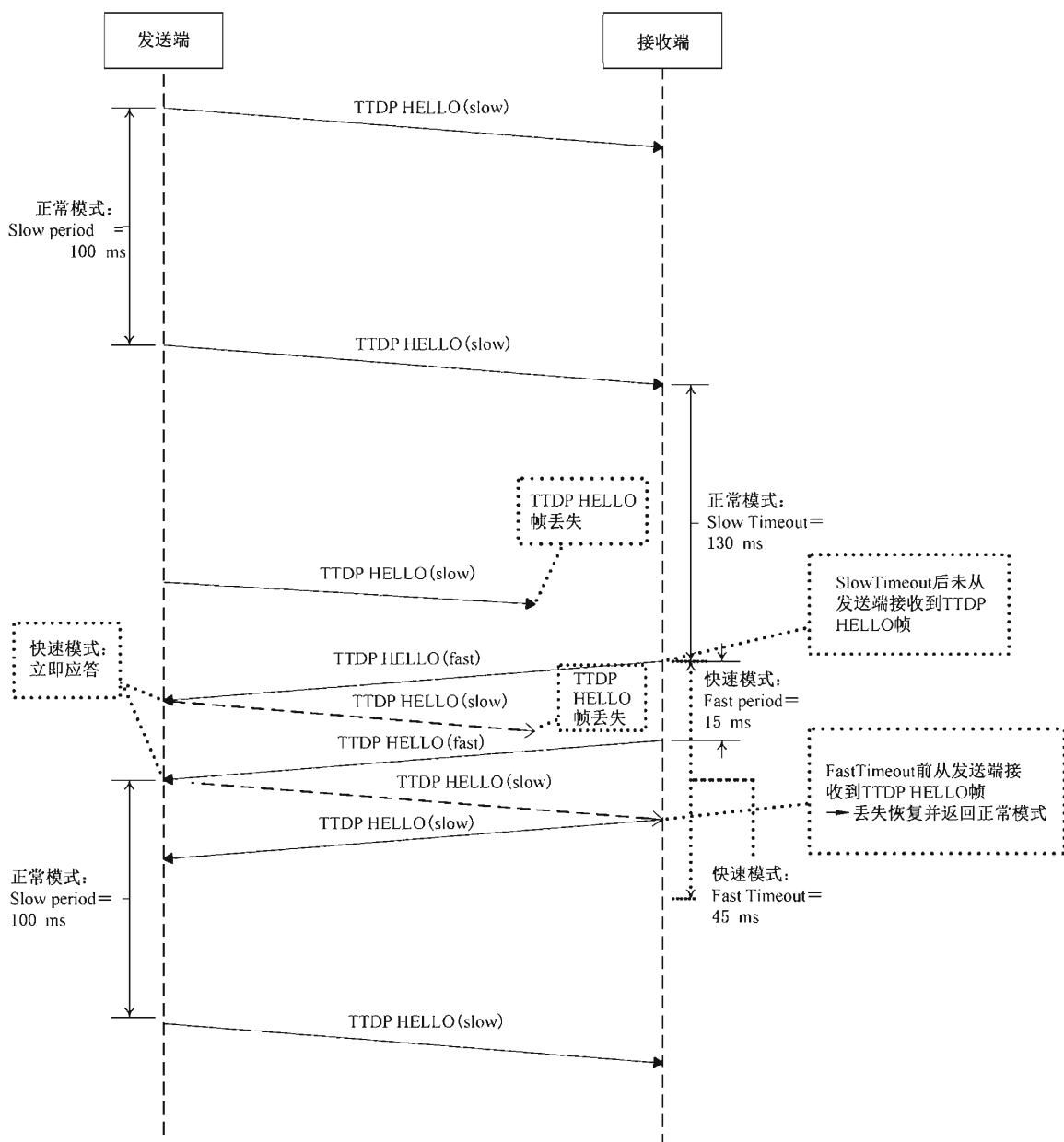


图 44 TTDP HELLO 正常模式和恢复时序

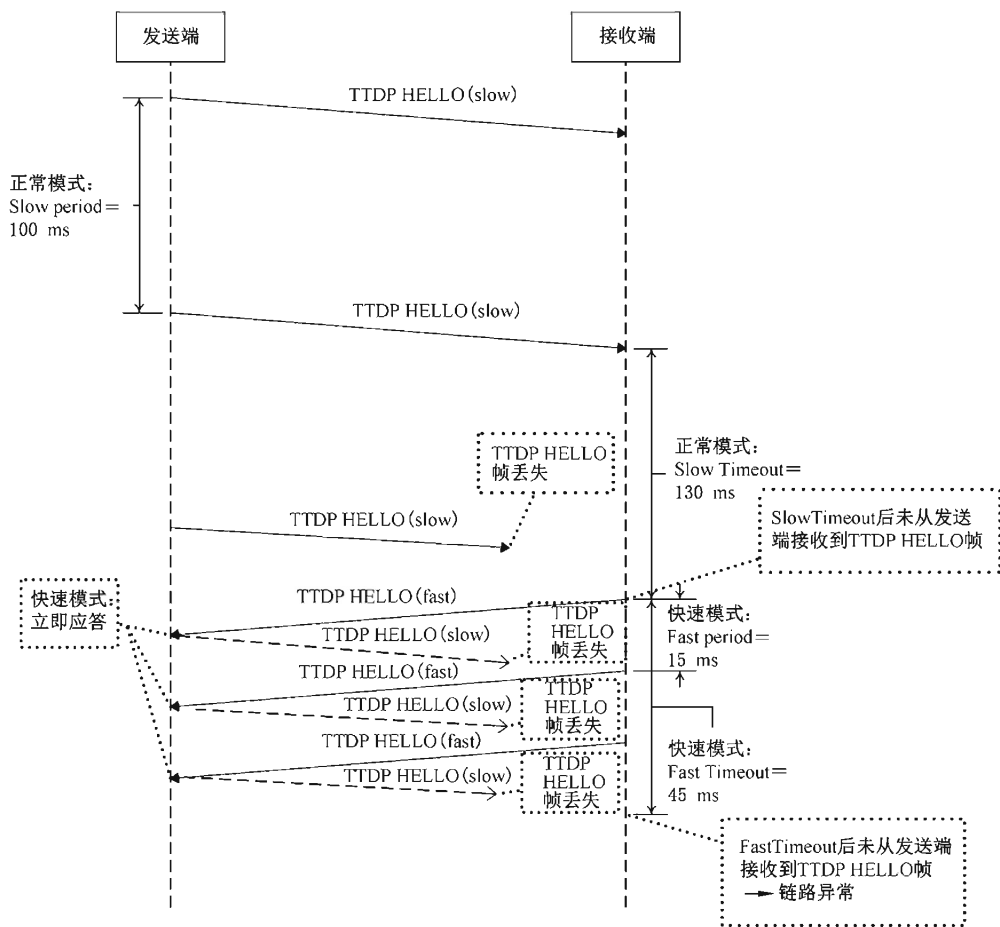


图 45 TTDP HELLO 故障时序

8.9.2 TTDP TOPOLOGY

TTDP TOPOLOGY 帧应无条件地被所有 ETBN 在 ETB 上使用链路汇聚组发送。

TTDP TOPOLOGY 的发送周期应置为 100 ms。

接收到的 TTDP TOPOLOGY 信息应具有最大 400 ms 的有效持续时间。由于在 TTDP TOPOLOGY 帧中未提供明确的 TTL 值,应在每个 ETBN 上为每个接收到的 TTDP TOPOLOGY 信息处理 400 ms 的本地超时。当超时期满而未从先前已知的 ETBN 接收到新的 TTDP TOPOLOGY 帧时,相应 TOPOLOGY 信息无效,且远端 ETBN 应被认为丢失。

每个 ETBN 也应处理全局 TTDP TOPOLOGY 帧接收超时,该超时值为 1 s。当该超时期满(即未从任意节点接收到 TTDP TOPOLOGY 帧时),该节点可认为是 ETB 上的孤立节点且拓扑是稳定的。

TTDP TOPOLOGY 帧处理过程见图 46(UML 图)。

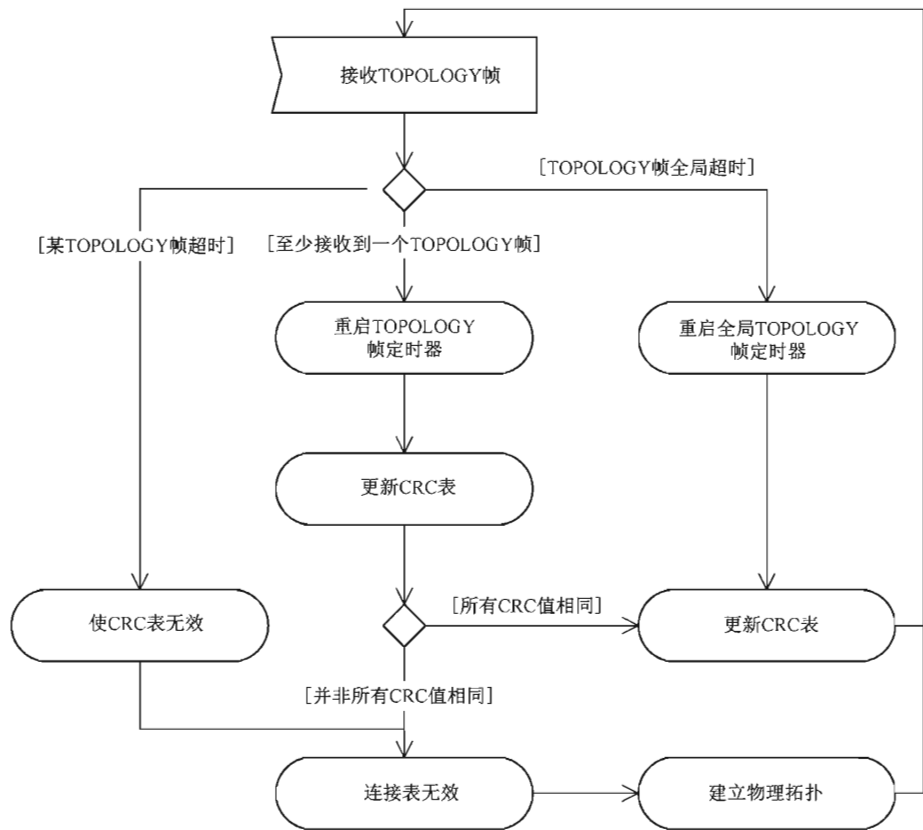


图 46 TTDP TOPOLOGY 帧处理

数据描述见附录 B。

条件：

- 至少接收到一个 TOPOLOGY 帧(At least one TOPO frame received)：在全局超时之前至少接收到一个 TTDP TOPOLOGY 帧，即本地 ETBN 在 ETB 上不是孤立节点。
- TOPOLOGY 帧全局超时[Else(global timeout on TOPO frames)]：等待 TTDP TOPOLOGY 帧到来时全局超时期满。即本地 ETBN 在 ETB 上是孤立节点。物理拓扑可认为稳定，仅由 ETB 上自身 ETBN 组成。
- TOPOLOGY 帧超时(Timeout on a TOPO frame)：一个先前接收到的 ETBN TOPOLOGY 帧超时期满，即相应 ETBN 已从 ETB 上消失。
- 所有 CRC 值相同(All CRC equal)：所有连接表 CRC 值相同，即所有 ETBN 共享相同物理拓扑。
- 并非所有 CRC 值相同[Else (all CRC not equal)]：并非所有连接表 CRC 值相同。

动作：

- 接收 TOPOLOGY 帧(receiveTopoFrame)：等待 TTDP TOPOLOGY 帧到来。
- 重启全局 TOPOLOGY 帧定时器(restartGlobalTopoFrameTimer)：重启全局 TOPOLOGY 帧定时器，超时值 1 s。
- 重启 TOPOLOGY 帧定时器[restartTopoFrameTimer(remMAC)]：为指定的远端 ETBN 重启 TOPOLOGY 帧定时器，超时值 400 ms。
- 更新 CRC 表[updateCRCTable(remMAC)]：以新接收到的 TTDP TOPOLOGY 帧中的连接表 CRC 值更新 CRC 表中指定的远端 ETBN 已接收 CRC 值。
- 使 CRC 表无效[invalidateCRCTable(lostMAC)]：使为 CRC 表中指定的远端 ETBN 而本地存

- 储的连接表 CRC 值无效(地址为 lostMAC 的 ETBN 超时期满)。
- 建立物理拓扑(**BuildPhysicalTopology**):运行物理拓扑建立算法(见附录 B)并根据已接收到的 TTDP TOPOLOGY 帧信息更新连接表。
- 连接表有效(**ConnTableValid** = **True**):设置本地连接表状态为稳定。
- 连接表无效(**ConnTableValid** = **False**):设置本地连接表状态为不稳定。

## 8.10 初运行列车应用接口

应在运行列车应用的 ETBN 和编组网设备之间定义接口。由于存在诸如 ECN、MVB、CAN 等多种类型的编组网,该接口可自由定义或在编组网部分中定义。

至少应支持如下交互:

- 当初运行状态改变时 ETBN 通告列车应用;
- 从应用获取初运行状态;
- 从应用获取列车拓扑;
- 从列车应用设置或清除初运行禁止标志。

## 8.11 降级模式

### 8.11.1 晚起插入 ETBN

应使用 TTDP TOPOLOGY 帧检测 ETBN 晚起(因为编组网描述在编组之间交换):晚起节点以其端口处于转发模式状态启动,即已初运行节点之间的通信不受影响。

- 第一种情况:晚起 ETBN 属于已在逻辑拓扑中标识的编组。

拓扑发现算法要求每编组仅一个 ETBN 用于计算实际列车拓扑。每个 ETBN 具有完整的编组架构描述,包含 ETBN 编号、编组网编号、ETBN 和编组网的连接关系。当处于激活状态的 ETBN 共享相同列车网络索引时,其可为丢失节点保留一些编号,且应无需等待晚起节点唤醒(为其保留编号)而完成初运行:晚起节点收敛到相同的逻辑拓扑(etbTopoCnt 值与其他节点相同),并可进入已初运行(INAUGURATED)状态。

- 第二种情况:晚起 ETBN 属于尚未在逻辑拓扑中标识的编组。

对于编组的晚起不应避免新的初运行。晚起 ETBN 不能收敛到同一逻辑拓扑,因为其他节点在其 TOPOLOGY 帧中具有不同的 etbTopoCnt 值。如果禁止初运行标志(InaugInhibition)为 False(由所有已初运行节点决定),则发生新的初运行。

### 8.11.2 丢失 ETBN

丢失 ETBN 不应引起一次新的初运行。

丢失非冗余 ETBN 导致相关编组网的 ETB 通信停止。其他编组网不受影响(即使在同一编组中)。

丢失“备”(冗余)ETBN 不影响通信。

丢失“主”(冗余)ETBN 导致编组网和 ETB 之间通信中断,直到“备”ETBN 成为该编组网新的“主”ETBN。

在所有情况下,丢失 ETBN 时不应执行新的初运行。TTDP TOPOLOGY 帧中的更新信息应允许更正连接表并通知列车应用 ETBN 丢失,见 8.8.7。

作为特例,当中间 ETBN 是编组唯一的节点时,该 ETBN 丢失由禁止初运行机制处理以避免新的初运行。

8.11.3 末端 ETBN 故障和部分拓扑计数器

解联和末端节点故障视为末端节点丢失。

解联由至少一个末端编组丢失检测:列车网络索引(逻辑拓扑)改变,如果允许初运行则触发一次新的初运行。如果不准许初运行,则拓扑保持与前一稳定拓扑相同,并带有一个不可到达的编组。

如果末端编组包含多个节点且仅末端节点故障,则列车网络索引不变:不发生新的初运行。

为增强末端节点暂时故障时的可用性,即使不准许初运行,TTDP 算法可允许末端节点和相关编组网恢复[处于已初运行(INAUGURATED)状态]。

当末端节点故障时,丢弃(Discarding)端口移至其邻节点。末端节点暂时故障后恢复的主要问题是解锁其邻节点的端口。通过比较已恢复的末端节点发送的 etbTopoCnt(在 TTDP HELLO 帧中)与当前逻辑拓扑的部分拓扑计数器值,邻节点可解锁其端口。

当前末端节点在通过其末端链路(处于丢弃状态的端口)接收到新的 HELLO 帧时计算部分拓扑计数器值。然后当前末端节点试图匹配从其新邻节点接收到的 HELLO 帧中的 etbTopoCnt 值与已计算的部分拓扑计数器值:部分拓扑计数器值依据包含新出现节点的当前列车网络索引的有限部分计算。当二者匹配时,当前末端节点可设置其丢弃端口为转发状态,因为其新邻节点共享相同的部分拓扑。这保证了在未发生新的初运行下不会引入新的未知节点。

8.12 发现时序

8.12.1 ETBN 启动

具有 3 个 ETBN 的列车启动见图 47。

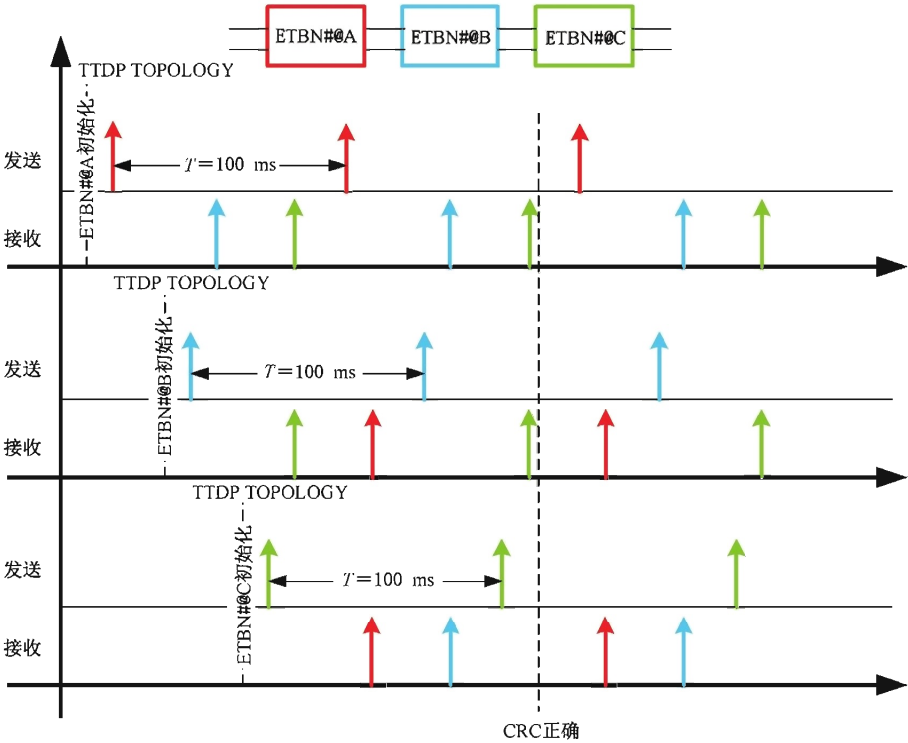


图 47 TTDP ETBN 唤醒时序

宜认为发现时间取决于最后一个启动的编组中最后一个启动的 ETBN 而不取决于 ETBN 总数。

8.12.2 ETBN 故障

发现进程的 ETBN 故障检测见图 48。

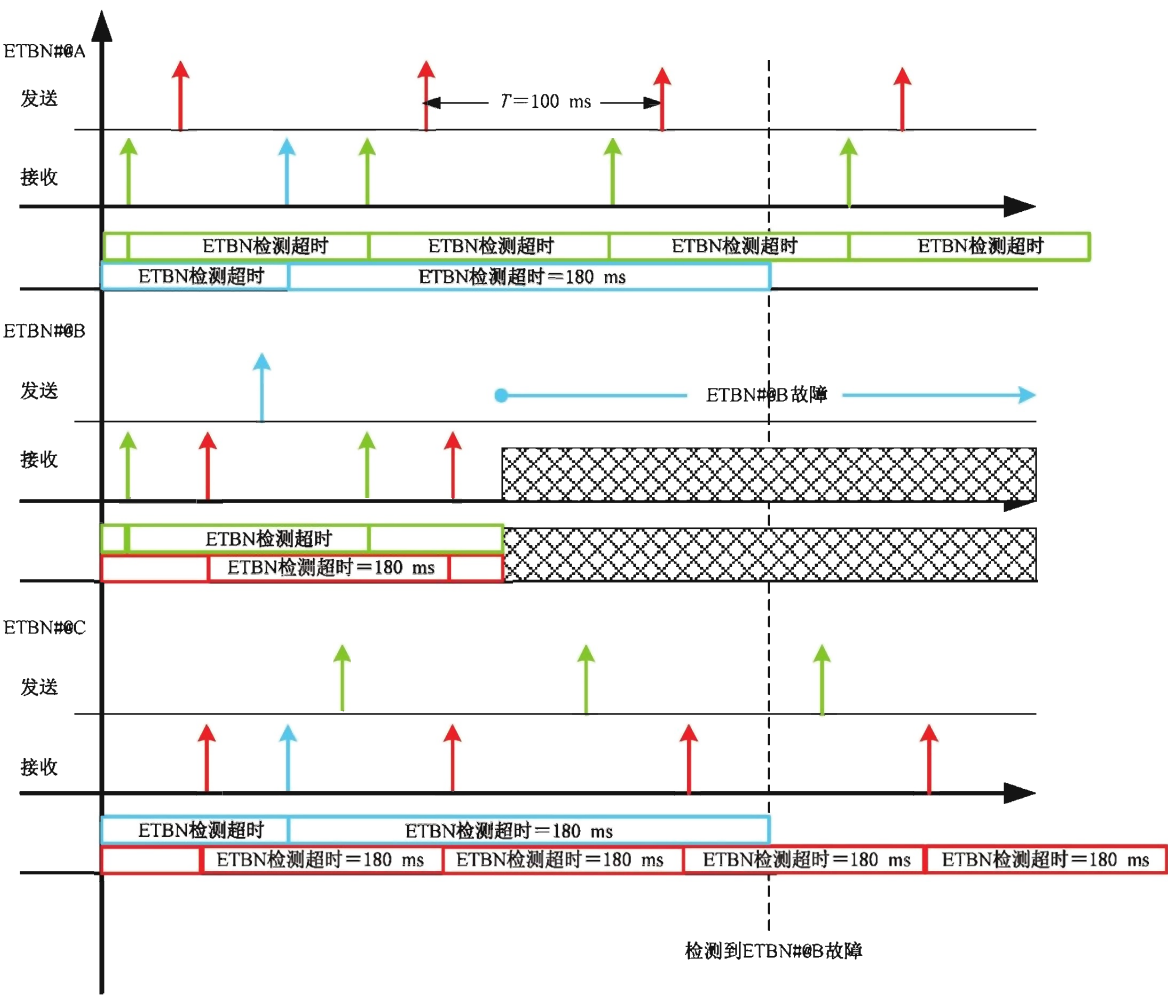


图 48 TTD ETBN 故障时序

列车应用被通告 ETBN 故障,但由于禁止初运行应用标志应避免新的初运行。不改变 ETBN 编号和 IP 地址映射。

8.12.3 编组联挂

TTDP HELLO 消息检测时序见图 49。

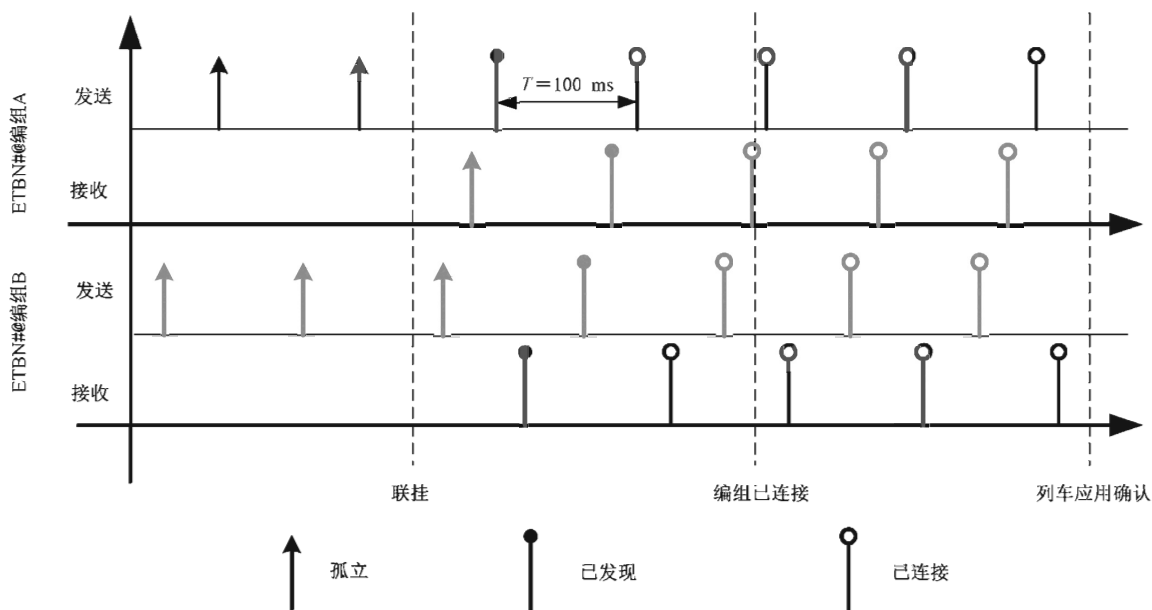


图 49 TTDP 编组联挂时序

在列车应用确认联挂后,打开末端端口并多播 TTDP TOPOLOGY 消息。

9 ETBN 冗余

每个编组网子网应可通过使用唯一 IP 路由从 ETB 访问。这是 ETB 互操作性的强制要求。

对于无 ETBN 冗余的特定编组网,该 IP 路由设置为其唯一 ETBN 的 ETB 接口,见图 50。ETBN 列车 IP 地址是在初运行后动态定义的,其定义见 6.5.1.2。该唯一 ETBN 列车 IP 地址被所有其他列车 ETBN 用作该编组网的目的 IP 路由。

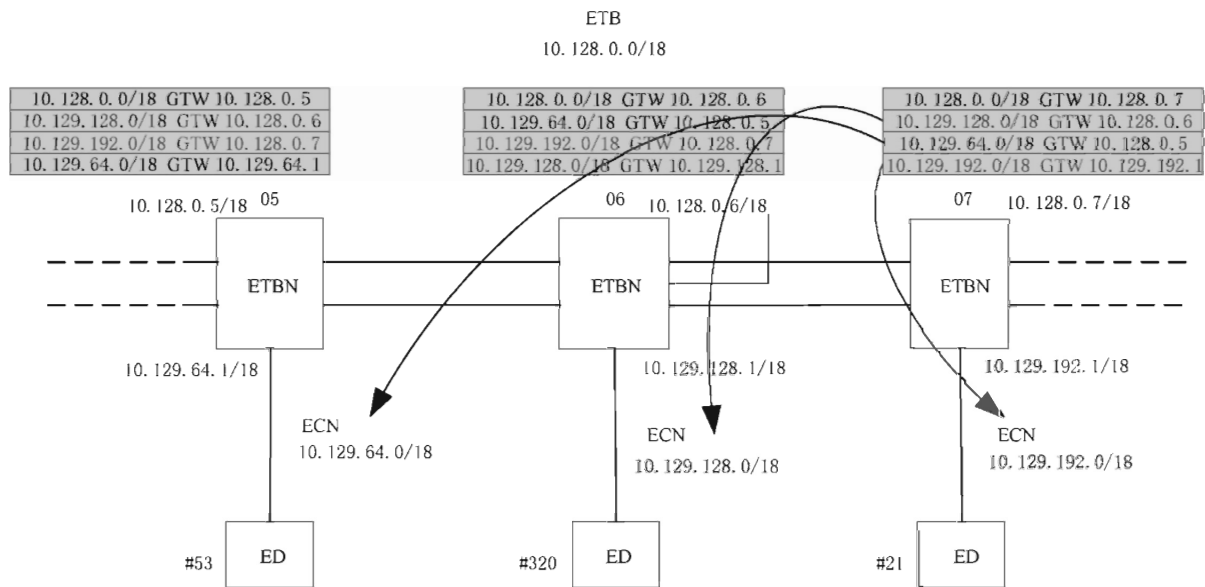


图 50 无冗余时 ETBN IP 路由表示例

当同一编组网有多个 ETBN 时,该列车 IP 地址应在所有冗余 ETBN 之间作为虚拟 IP 地址共享(无虚拟 MAC 地址,见图 51)。任意时刻,仅一个冗余 ETBN 输出该 IP 地址,该 ETBN 是冗余主,其他

称作 ETBN 备。冗余 ETBN 的虚拟列车 IP 地址在 6.5.1.2 中定义。

ETBN 主/备模式应由编组网级交换管理,详见编组网描述(ECN 见 GB/T 28029.12)。

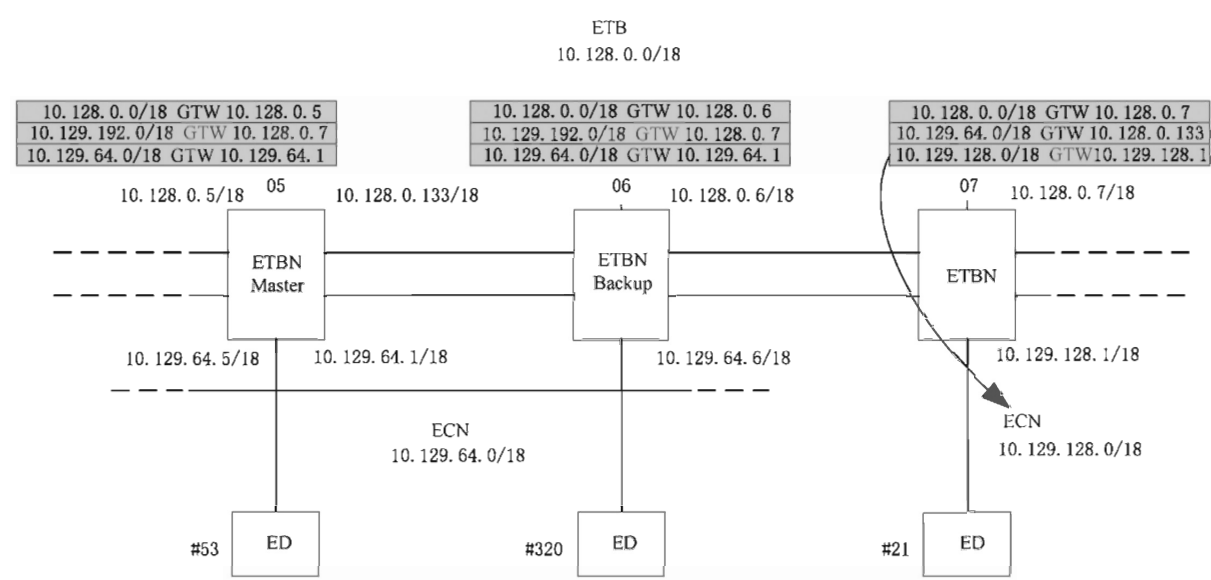


图 51 有冗余时 ETBN IP 路由表示例

每个 ETBN 在 ETB 第 2 层上直接接入。所有 ETBN 能与任意 ETBN 直接通信。  
因为 ETBN 主选举与互操作性无关,本部分未描述选举规则。  
ETBN 冗余状态应通过使用状态标志[例如“是否为主(is\_master)”标志]周期地对应用可用。  
ETBN 冗余状态宜可通过使用 SNMP 进行监视。

10 ETB 物理列车命名约定(可选)

10.1 概述

在特定列车中,每个具有列车 IP 地址的主机(终端设备或网络设备)应由一个无歧义的列车完全限定域名(FQDN)标识。

- 该要求通过一个可选的列车域名定义实现达成。
- 一个 FQDN,即“hostname.domain.tld.”,由两部分构成:
  - “hostname”:设备物理标识。在域内应唯一;
  - “domain.tld.”:域标识。“tld”是顶层域,“domain”可分解为层次化的子域。
- 后续各节描述了域实现和“hostname”部分定义的简单规则。

10.2 ETB 列车域

ETB 列车域用于标识列车中每个物理终端设备。所有终端设备应具有该域内的一个 FQDN:列车 FQDN。列车 FQDN 无歧义地定义了一个物理终端设备,而无任何其他含义。  
列车 FQDN 定义应在整个列车内可用。列车 FQDN 应总是被转换为列车 IP 地址。  
标准域名系统(DNS)协议(IETF RFC 1035)应在编组间的 ETB(编组内接口)上可用,以将列车 FQDN 转换为列车 IP 地址。  
ETB 列车域应使用列车网络索引内容定义。因此,ETB 列车域针对给定拓扑计数器值有效。  
ETB 列车域应按图 52 定义。



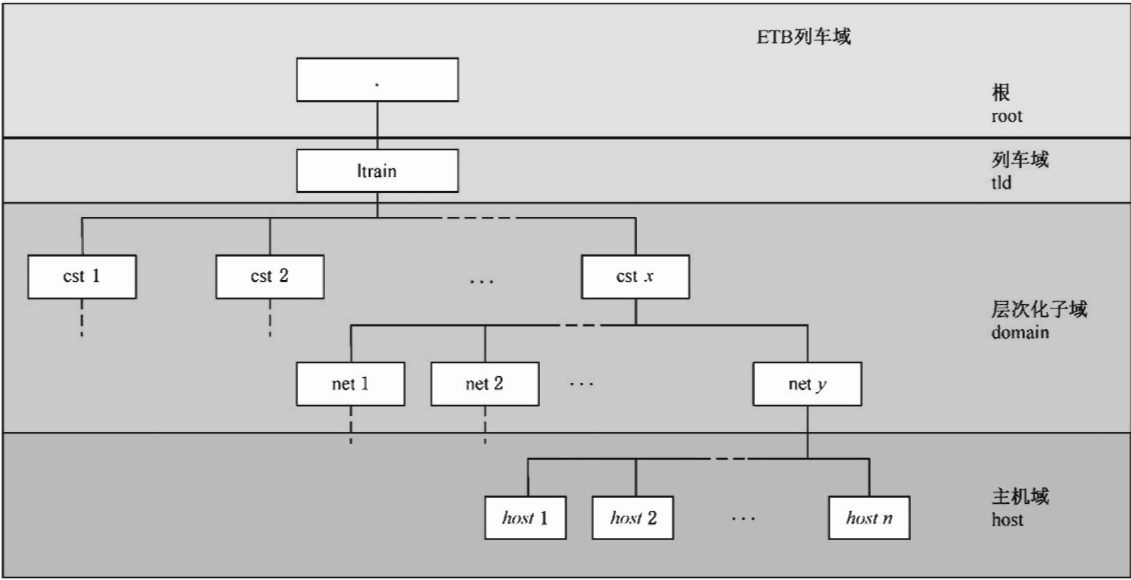


图 52 ETB 列车域定义

ETB tld 应为“ltrain”。

ETB 域应为“net $x$ .cst $y$ ”，其中：“ $x$ ”是编组网标识(见列车网络索引)，“ $y$ ”是列车编组编号，在初运行期间动态确定( $y$  不同于子网标识)。

因此，在给定的编组网内主机名应唯一。

注 1：如图 52 中所示，主机可拥有多于一个 FQDN：在多个域中，在诸如 ETB、ECN 等不同级别上定义，或用于诸如维护、功能、地面通信等不同目的。

注 2：该域名结构是非正式的。功能寻址规范见 GB/T 28029.4 和 GB/T 28029.5。

10.3 主机名

终端设备列车 FQDN 主机名部分应依据 IETF RFC 1035 由项目定义。

终端设备主机名应在 ETB 列车域内唯一(见上)。

终端设备名宜用户友好(见 IETF RFC 1178)。

示例 1：使用类型名或缩写：DDU 用于驾驶显示单元，MPU 用于主处理单元等。

示例 2：可选地以事例编号(1、2 等)结尾。

示例 3：mpu、DDU1、ddu2 等。

终端设备名不区分大小写(IETF RFC 1033)：mpu 和 MPU 等是相同的名字。

11 ETB 服务质量

11.1 概述

本章规定了 ETB 提供的服务质量特性。这些质量特性应保证服务可满足 ETB 所有工况下的要求。

11.2 帧转发

11.2.1 ETBN 交换速率

ETB 输入端口和输出端口之间的以太网帧转发应以全线速执行。

11.2.2 无线头阻塞

拥塞或慢速的输出端口不应影响到非拥塞端口的帧传输。

11.2.3 交换优先级

ETBN 应为以太网帧交换支持至少 4 个不同的优先级。  
帧优先级应由符合 IETF RFC 2474 建议的 IP 服务类型(TOS)/差分服务(DS)字段定义。  
差分服务代码点(IETF RFC 2474 中定义的 DSCP)到四个优先级的映射应如表 23 定义。

表 23 DSCP 字段映射

| DSCP 字段   | 优先级       |
|-----------|-----------|
| ‘11X000’B | 最高优先级     |
| ‘10X000’B | 第二优先级     |
| ‘01X000’B | 第三优先级     |
| ‘00X000’B | 最低优先级(缺省) |

其中“X”为“0”或“1”。  
如无其他定义,帧优先级应由符合 IEEE 802.1Q 建议的 VLAN 优先级字段定义,见表 24。

表 24 ETB 交换优先级

| IEEE 建议 |             | 最小 ETB 优先级强制性管理(4 级) |           | 本部分一致性<br>(M:强制;R:推荐) |
|---------|-------------|----------------------|-----------|-----------------------|
| 优先级     | VLAN 优先级位字段 | VLAN 优先级位字段          | 交换优先级     |                       |
| 0       | ‘000’B      | ‘00X’B               | 最低优先级(缺省) | M                     |
| 1       | ‘001’B      |                      |           |                       |
| 2       | ‘010’B      | ‘01X’B               | 第三优先级     | M                     |
| 3       | ‘011’B      |                      |           |                       |
| 4       | ‘100’B      | ‘10X’B               | 第二优先级     | M                     |
| 5       | ‘101’B      |                      |           |                       |
| 6       | ‘110’B      | ‘11X’B               | 最高优先级     | M                     |
| 7       | ‘111’B      |                      |           |                       |

11.2.4 交换排队方案

应采用严格优先级排队执行交换。  
注: 通过采用严格优先级排队,所有高优先级帧在低优先级帧之前输出 ETB 端口。

11.3 初运行帧优先级

初运行帧(TTDP HELLO 帧和 TOPOLOGY 帧)应以最高的 IEEE 802.1Q 帧优先级(即 7)发送。

11.4 ETB 入口速率限制

ETBN 可限制从编组网或直连终端设备的入口帧速率。

如果需要丢弃帧以限制速率,则应首先丢弃低优先级帧。

注:入口速率限制使 ETB 避免被出故障的编组网或直连终端设备发出的帧非故意泛洪。

## 11.5 ETB 出口速率整形

ETBN 可限制到编组网或直连终端设备的出口帧速率。

如果需要丢弃帧以限制速率,则应首先丢弃低优先级帧。

## 11.6 ETB 数据类型

GB/T 28029.1—2020 定义了 ETB 应支持的五种数据类型,如下所示:

- 监视数据;
- 过程数据;
- 消息数据;
- 流数据;
- 尽力而为数据。

这些数据类型应映射到 GB/T 28029.4 通信规约中的 ETB 优先级类型。

## 12 ETB 管理和监视

应使用 SNMP 管理 ETB 上的网络设备(ETBN 见 13.5.2)。

当参数在一个标准 MIB 中定义时,参数应从该标准 MIB(非专属 MIB)中读取。

所有 SNMP 管理者应能访问 ETB 网络 MIB 变量。

宜使用常用网络工具完成网络监视,以:

- 通过 ICMP 协议、IP 寻址和域名解析测试并明确延迟时间。
- 验证 IP 路径。
- 验证域名解析。
- 监视并记录以太网业务。如果需要,宜使用端口镜像功能复制业务量。
- 验证终端设备网络状态(打开 IP 端口等)。

## 13 ETB 应用接口

### 13.1 概述

本章规定了用于 ETB 上常规数据和事件数据交换的传输协议。为以抽象的方式定义这些协议,需要首先为 ETB 通信定义抽象通信模型。基于此抽象模型,定义 ETB 常规数据和 ETB 事件数据传输协议。

### 13.2 抽象通信模型

为定义 ETB 上的数据转换,需要一个抽象模型,该模型隐藏了将 ED 连接到 ETB 的专用技术。见图 53。其中显示了由任意类型的编组网连接到 ETBN 的“逻辑终端设备”。

注 1:如果编组网基于 ECN 且 ETBN 用作路由器,则这些逻辑终端设备可与物理终端设备一致,也可在物理终端设备之间共享。这些终端设备仅被当作通过 ETB 通信的源和目的应用功能所在。

注 2:如果编组网不基于 ECN 或 ETBN 用作应用网关(应用协议之间),则这些逻辑终端设备和 ETBN 一致。

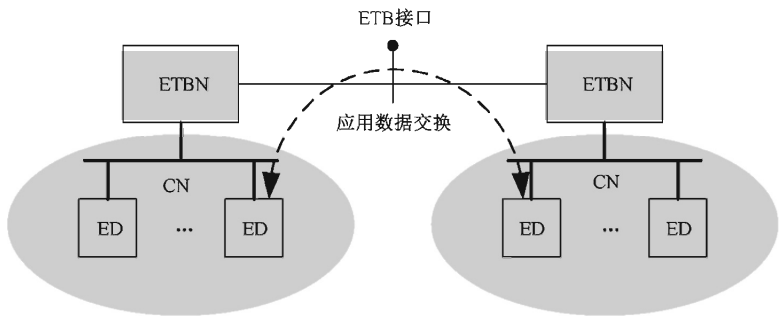


图 53 用于 ETB 通信的抽象通信模型

驻留在逻辑终端设备上的应用功能通过 ETB 交换应用数据。应用数据构造成数据类型,每种数据类型可使用不同协议,数据类型列表见 11.6。

13.3 ETB 过程数据和消息数据协议

为在列车应用层交换数据,应使用 PD/MD 协议。应用协议选择在 GB/T 28029.4 中定义。

13.4 ETB 协议透明性

ETB 应在 UDP/TCP 层对所有应用透明。ETB 应发送单播和多播交换。  
ETB 子网应对诸如 SNMP、DNS、FTP、HTTP、NTP 等常用网络协议透明。  
ETB 子网应对诸如 PD/MD、多媒体数据流等列车应用协议透明。

13.5 ETBN 接口

13.5.1 应用

在编组网中,ETBN 应输出一个应用(TCMS、多媒体等)接口以管理 ETB 状态。  
接口：  
——ETB 状态:链路状态、冗余等；  
——列车拓扑发现结果(携带朝向和 CstUUID 的有序 ETBN 列表)。  
一个列车拓扑发现结果示例见表 25。

表 25 列车拓扑发现对象

| 编组编号<br>(Subnet Id) | 编组名          | 编组<br>朝向 | CstUUID                                | 本地标志(用于<br>知晓其自身编组) |
|---------------------|--------------|----------|--|---------------------|
| 1                   | “consist234” | 1        | “f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6” | 0                   |
| 2                   | “consist124” | 0        | “ba1d4fae-fcd5-11d0-a765-00b1c91e7cf7” | 0                   |
| 3                   | “consist78”  | 1        | “f56d4fae-7abc-11d0-a658-00a0c91e1259” | 1                   |

当编组网基于以太网(即 ECN)时,为与列车应用交换数据,最好的方式是使用列车数据应用 PD/MD 协议。

13.5.2 维护和监视

13.5.2.1 网络监视

ETBN 应实现一个 SNMPv2 代理者(见 IETF RFC 1901、RFC 1905 和 RFC 1906)。

ETBN 应输出下列 MIB:

- IEEE 8023-LAG-MIB;
- 附录 C 中定义的 TTDP-MIB。

ETBN 宜输出下列 MIB:

- MIB-II(管理信息库,IETF RFC 1213);
- IF-MIB(接口组,IETF RFC 2863);
- VRRP-MIB(IETF RFC 2787)。

### 13.5.2.2 ETBN 监视

ETBN 应实现 SSH 或 telnet/CLI。

### 13.5.2.3 ETBN 维护

ETBN 宜实现 HTTP 服务器。

下列参数列表应可用:

通用:

- 制造商名称;
- 设备类型;
- 设备名称;
- 设备位置;
- 产品版本。

状态:

- 当前拓扑发现状态;
- 当前以太网端口状态。

参数:IPv4 参数。

ETBN 宜实现 SOAP 维护 WEB 服务。

## 14 ETB 一致性声明

为声明对本部分的一致性,期望装置通过一套测试。要测试的设备应包括:

“以太网列车骨干网节点(ETBN):符合本部分的列车骨干网节点(列车通信网络基于以太网)。”

ETB 一致性测试方案不属于本部分范畴。

附 录 A  
(规范性附录)  
ETB 参数限值总结

用于 ETB 架构的主要参数限值见表 A.1。

表 A.1 ETB 参数限值

| 参数                        | 值       | 说明   |
|---------------------------|---------|--|
| 列车中最大 ETB 数               | 4       | 与骨干网标识有关。见 6.4.2.2                                   |
| ETB 中最大 ETBN 数            | 63      | 与初运行后 ETB 上 ETBN 标识有关(1~63)。见 6.4.2.3.1              |
| 列车中最大编组数                  | ~63     | 未规定,但受 ETB 之最大 ETBN 数限制。<br>如果每个编组一个 ETBN 则最大 63 个编组 |
| 编组中最大 ETBN 数              | 32      | 与编组中 ETBN 相对位置有关(静态配置,1~32)。见 8.7.6“ownEtbnNb”       |
| 编组中最大编组网数                 | 32      | 与编组中相对编组网标识(1~32)有关(静态配置,0~31)。见 8.7.6“ETBN-CN-CNX”  |
| 列车中最大编组网数                 | 63      | 与编组网子网标识有关(1~63)。见 6.4.2.3.1                         |
| ETBN 上最大主机(终端设备)数         | 254     | 直接连入 ETB 的主机数。见 6.5.2                                |
| 编组网中最大主机数                 | 16382   | 与编组网中主机标识有关。见 6.4.2.2                                |
| 物理链路/逻辑链路(链路<br>汇聚组)上的端口数 | 1、2 或 4 | 见 4.4.2 链路汇聚架构                                       |

附录 B  
(规范性附录)  
物理拓扑建立算法

图 B.1 所示的 UML 活动图描述了一种可供参考的维护物理拓扑(连接表)算法。该算法使用 TTDP TOPOLOGY 帧中的“ETBN 矢量”信息。算法使用的 TOPOLOGY 帧字段定义见 8.7.6。

所有 ETBN 每当接收到 TTDP TOPOLOGY 帧时运行该算法。以下从“本地 ETBN”视图描述该算法。

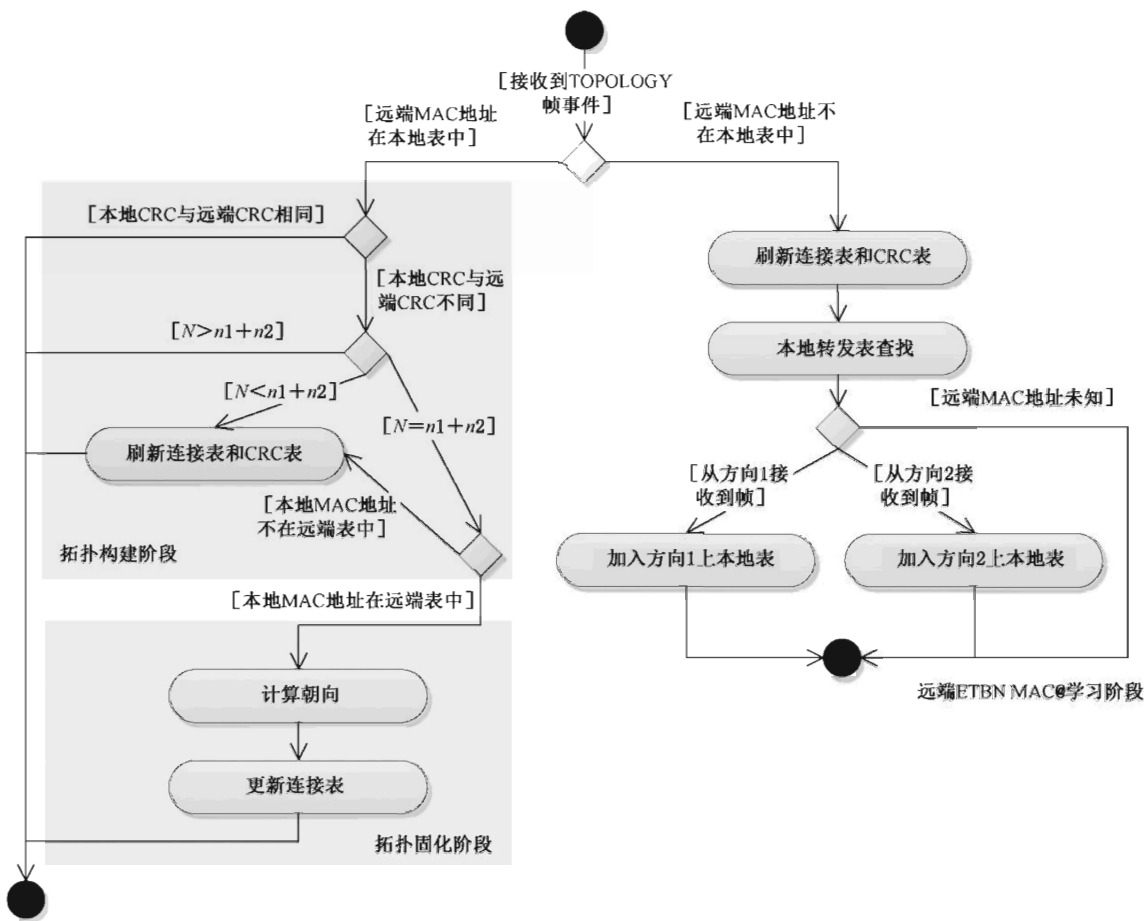


图 B.1 物理拓扑建立

数据:

- 远端 MAC 地址(**remMAC**):发送当前接收的 TOPOLOGY 帧的远端 ETBN MAC 地址(= 接收的 TOPOLOGY 帧中 ownMacAddr 字段)。
- 本地 MAC 地址(**locMAC**):本地 ETBN MAC 地址。
- 方向 1 上本地表(**LocTableDir1**):本地 ETBN 方向 1 上 ETBN 本地无序列表(在 TOPOLOGY 帧中发送的方向 1 上 ETBN 矢量)。
- 方向 2 上本地表(**LocTableDir2**):本地 ETBN 方向 2 上 ETBN 本地无序列表(在 TOPOLOGY 帧中发送的方向 2 上 ETBN 矢量)。
- 本地表(**locTable**):LocTableDir1 和 LocTableDir2 合表。
- 方向 1 上 ETBN 数(**N1**):LocTableDir1 中 ETBN 数量。

- 方向 2 上 ETBN 数( $N_2$ ): LocTableDir2 中 ETBN 数量。
- ETBN 数( $N$ ): locTable 中 ETBN 数量,  $N = N_1 + N_2$ 。
- 方向 1 上远端表(**remTableDir1**): 接收到的远端 ETBN 方向 1 上 ETBN 无序列表(接收到的 TOPOLOGY 帧中方向 1 上 ETBN 矢量)。
- 方向 2 上远端表(**remTableDir2**): 接收到的远端 ETBN 方向 2 上 ETBN 无序列表(接收到的 TOPOLOGY 帧中方向 2 上 ETBN 矢量)。
- 远端表(**remTable**): remTableDir1 和 remTableDir2 合表。
- 远端 CRC(**remCRC**): 远端连接表的 CRC(接收到的 TOPOLOGY 帧 connTableCrc32 字段)。
- 远端方向 1 上 ETBN 数( $n_1$ ): remTableDir1 中 ETBN 数量。
- 远端方向 2 上 ETBN 数( $n_2$ ): remTableDir2 中 ETBN 数量。
- 远端 ETBN 数( $n$ ): remTable 中 ETBN 数量,  $n = n_1 + n_2$ 。
- 连接表(**ConnTable**): 本地 ETB 连接表。
- 本地 CRC(**locCRC**): 本地连接表 ConnTable 的 CRC(发送的 TOPOLOGY 帧 connTableCrc32 字段)。
- CRC 表(**CRCTable**): 接收到的 CRC(远端 ETBN 连接表的 CRC)列表。
- 朝向(**Orientation**): 远端 ETBN 朝向的有序列表。

条件:

- 接收到 TOPOLOGY 帧事件(**TOPO frame event received**): 接收到 TTDP TOPOLOGY 帧或先前接收到的 TTDP TOPOLOGY 帧有效性超时。
- 远端 MAC 地址不在本地表中[**Else(remMAC not in LocTable)**]: 在本地表中找不到 remMAC 或有效性超时。
- 远端 MAC 地址未知[**Else(remMAC unknown)**]: 接收到的 MAC 地址尚不在本地 ETBN 交换转发表中(在接收到 TOPOLOGY 帧时不宜发生)。
- 从方向 1 接收到帧(**Received from Dir1**): 从本地 ETBN 的方向 1 侧接收到 TOPOLOGY 帧。
- 从方向 2 接收到帧(**Received from Dir2**): 从本地 ETBN 的方向 2 侧接收到 TOPOLOGY 帧。
- 远端 MAC 地址在本地表中(**remMAC in LocTable**): 接收到携带已知 ETBN MAC 地址的 TOPOLOGY 帧。
- 本地 CRC 与远端 CRC 相同(**locCRC == remCRC**): 接收到的连接表 CRC 与本地连接表 CRC 相同。所有 ETBN 共享同一个物理拓扑, 不动作。
- 本地 CRC 与远端 CRC 不同[**Else(locCRC != remCRC)**]: 接收到的连接表 CRC 与本地连接表 CRC 不同。ETBN 尚未共享同一个物理拓扑。
- 本地 ETBN 数大于远端 ETBN 数[**Else( $N > n_1 + n_2$ )**]: 本地 ETBN 比接收到的 TOPOLOGY 帧中远端 ETBN 知晓更多 ETBN。
- 本地 ETBN 数小于远端 ETBN 数( **$N < n_1 + n_2$** ): 远端 ETBN 比本地 ETBN 知晓更多 ETBN。
- 本地 ETBN 数等于远端 ETBN 数( **$N == n_1 + n_2$** ): 本地节点和远端节点知晓相同数量的 ETBN。
- 本地 MAC 地址不在远端表中[**Else(locMAC not in RemTable)**]: 本地 ETBN MAC 地址不在接收到的 ETBN 矢量中(即远端 ETBN 知晓一个本地 ETBN 不知晓的 ETBN)。
- 本地 MAC 地址在远端表中(**locMAC in RemTable**): 本地 ETBN MAC 地址在接收到的 ETBN 矢量中。

动作:

- 刷新连接表和 CRC 表(**flushConnTableAndCrcTable**): 重置本地连接表 ConnTable 和本地 CRC 表 locCRC 为其缺省值(孤立 ETBN, 见 8.8.4)。并清空接收到的 CRC 表。



——转发表查找[**fwdTableLookup(remMAC)**]:在本地 ETBN 交换转发表中查找接收到的 TOPOLOGY 帧 MAC 地址,以确定其输入方向。

——加入方向 1/方向 2 上本地表 [**addToLocTableDir1 ( remMAC )/addToLocTableDir2 (remMAC)**]:将接收到的 MAC 地址添加到本地 ETBN 方向 1/方向 2 列表中,并递增其计数 ( $n1:=n1+1/n2:=n2+1$ )。

——计算朝向[**computeOrientation(remMAC)**]:计算远端 ETBN 相对于本地 ETBN 的朝向。

```
IF (remMAC in LocTableDir1) AND(locMAC in RemTableDir2)THEN
    orientation := same
ELSE IF (remMAC in LocTableDir2)AND(locMAC in RemTableDir1)THEN
    orientation := same
ELSE IF (remMAC in LocTableDir1)AND(locMAC in RemTableDir1)THEN
    orientation := opposite
ELSE IF(remMAC in LocTableDir2)AND(locMAC in RemTableDir2)THEN
    orientation := opposite
ENDIF
```

——更新连接表[**updateConnTable(remMAC)**]:更新物理拓扑信息。

```
IF (orientation == same) THEN
    ConnTable[n1]:= remMAC
    Orientation[n1] := orientation
ELSE
    ConnTable[n2]:= remMAC
    Orientation[n2] := orientation
ENDIF
```

Compute new locCRC from updated ConnTable

注:当知晓所有节点(即处于“固化阶段”)时, $n1$ 或 $n2$ (根据朝向)直接给定 ETB 上远端 ETBN 位置。

附录 C  
(规范性附录)  
TTDP MIB 定义

本附录包含 TTDP-MIB 的定义。MIB 树视图见图 C.1。

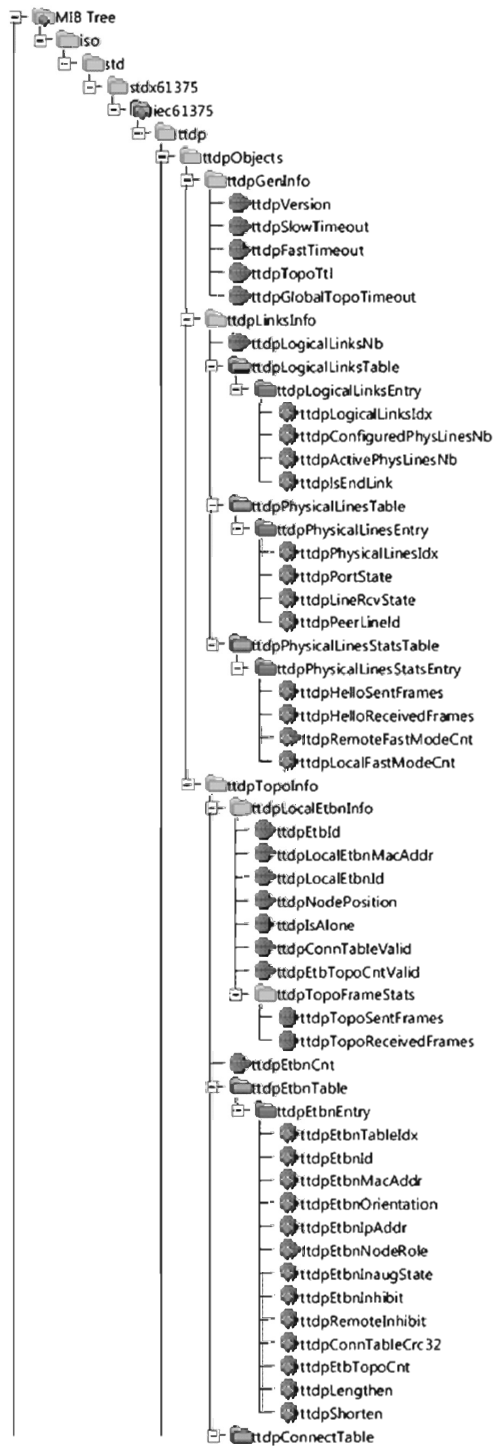


图 C.1 TTDP MIB 树视图

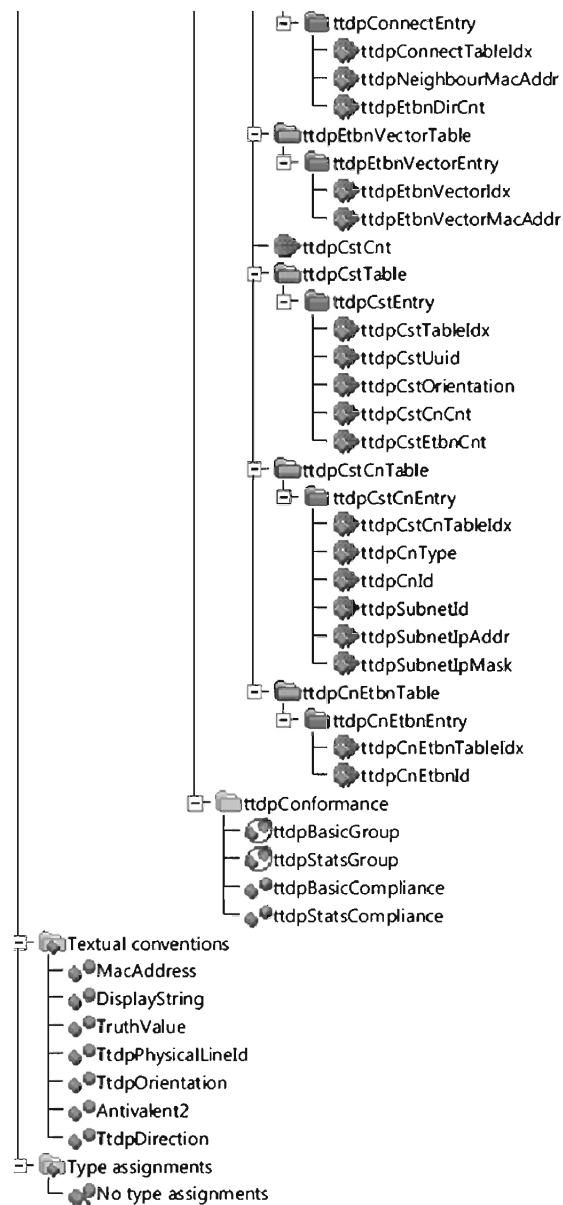


图 C.1 (续)

详细的 ASN.1 描述如下：

-----  
----- MIB generated  
----- Monday, February 25, 2013 at 13:39:53  
-----

```
TTDP-MIB DEFINITIONS ::= BEGIN

IMPORTS
    OBJECT-GROUP, MODULE-COMPLIANCE
        FROM SNMPv2-CONF
    iso, IpAddress, Integer32, Unsigned32, OBJECT-TYPE,
    MODULE-IDENTITY
```

FROM SNMPv2-SMI  
 MacAddress, TruthValue, TEXTUAL-CONVENTION  
 FROM SNMPv2-TC;

-----  
 \*\*\*\*\*  
 ----- Root OID  
 -----  
 \*\*\*\*\*  
 ----- January 07, 2013

----- 1.0.61375.2

iec61375 MODULE-IDENTITY

LAST-UPDATED "201212211751Z" ----- December 21, 2012 at 17:51 GMT

ORGANIZATION

"IEC"

CONTACT-INFO

"International Electrotechnical Commission

IEC Central Office

3, rue de Varembé

P.O. Box 131

CH - 1211 GENEVA 20

Switzerland

Phone: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

email: info@iec.ch"

DESCRIPTION

"This MIB module defines the Network Management interfaces  
 for the TTDP protocol defined by the IEC standard 61375-2-5.

This definition specifies a pure monitoring variant of a SNMP entity."

::= { stdx61375 2 }

-----  
 ----- Textual conventions  
 -----

TtdpPhysicalLineId ::= TEXTUAL-CONVENTION

STATUS current

DESCRIPTION

"Represents TTDP physical line Identifier (A, B, C, D or none)."

SYNTAX INTEGER

{

lineNone(45),

lineA(65),

lineB(66),

lineC(67),

lineD(68)  
}

TtdpOrientation ::= TEXTUAL-CONVENTION  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"Represents orientation of an ETBN or a Consist"  
SYNTAX INTEGER  
{  
direct(1),  
inverse(2),  
undefined(3)  
}

Antivalent2 ::= TEXTUAL-CONVENTION  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"Definition of ANTIVALENT2 type."  
SYNTAX INTEGER  
{  
error(0),  
false(1),  
true(2),  
undefined(3)  
}

TtdpDirection ::= TEXTUAL-CONVENTION  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"Represents an ETB direction."  
SYNTAX INTEGER  
{  
dir1(1),  
dir2(2)  
}

---

Node definitions

---

1.0  
std OBJECT IDENTIFIER ::= { iso 0 }

1.0.61375  
stdx61375 OBJECT IDENTIFIER ::= { std 61375 }

```

———— *****
—— TTD Protocol
———— *****
      ——— 1.0.61375.2.5
      ttdp OBJECT IDENTIFIER ::= { iec61375 5 }

———— *****
—— objects groups of TTD object identifiers
———— *****
      ——— 1.0.61375.2.5.1
      ttdpObjects OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdp 1 }

—— ETBN TTD general information.
      ——— 1.0.61375.2.5.1.1
      ttdpGenInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 1 }

      ——— 1.0.61375.2.5.1.1.1
      ttdpVersion OBJECT-TYPE
          SYNTAX Unsigned32
          MAX-ACCESS read-only
          STATUS current
          DESCRIPTION
              "TTDP protocol version.

              Interpreted version string is 'M.m.r.n' for raw value 'Mmrn'H.
              First version is '1.0.0.0'."
          ::= { ttdpGenInfo 1 }

      ——— 1.0.61375.2.5.1.1.2
      ttdpSlowTimeout OBJECT-TYPE
          SYNTAX Unsigned32
          MAX-ACCESS read-only
          STATUS current
          DESCRIPTION
              "TTDP HELLO frames slow timeout in ms."
          ::= { ttdpGenInfo 2 }

      ——— 1.0.61375.2.5.1.1.3
      ttdpFastTimeout OBJECT-TYPE
          SYNTAX Unsigned32
          MAX-ACCESS read-only

```

STATUS current

DESCRIPTION

"TTDP HELLO frames fast timeout in ms."

::= { ttdpGenInfo 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.1.4

ttdpTopoTtl OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"TTDP TOPOLOGY frames TTL in ms."

::= { ttdpGenInfo 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.1.5

ttdpGlobalTopoTimeout OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"global TTDP TOPOLOGY frames timeout in ms."

::= { ttdpGenInfo 5 }

—— ETBN ETB links information.

—— 1.0.61375.2.5.1.3

ttdpLinksInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.1

ttdpLogicalLinksNb OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (2)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of ETBN logical links connected to ETB.

Must always be 2."

::= { ttdpLinksInfo 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.2

ttdpLogicalLinksTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpLogicalLinksEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"ETBN ETB logical links table.

There are always 2 directions (dir1, dir2) for each ETBN."

::= { ttdpLinksInfo 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.2.1

ttdpLogicalLinksEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpLogicalLinksEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Entry for an ETBN logical links table."

INDEX { ttdpLogicalLinksIdx }

::= { ttdpLogicalLinksTable 1 }

TtdpLogicalLinksEntry ::=

SEQUENCE {

ttdpLogicalLinksIdx

TtdpDirection,

ttdpConfiguredPhysLinesNb

Unsigned32,

ttdpActivePhysLinesNb

Unsigned32,

ttdplsEndLink

TruthValue

}

—— 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.1

ttdpLogicalLinksIdx OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpDirection

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Link index in logical link table.

1 is for dir1, 2 for dir2 of the ETBN."

::= { ttdpLogicalLinksEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.2

ttdpConfiguredPhysLinesNb OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..4)

MAX-ACCESS read-only



STATUS current

DESCRIPTION

"Number of statically defined physical lines in LAG."

::= { ttdpLogicalLinksEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.3

ttdpActivePhysLinesNb OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (0..4)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of active physical lines in LAG."

::= { ttdpLogicalLinksEntry 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.2.1.4

ttdpIsEndLink OBJECT-TYPE

SYNTAX TruthValue

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Logical link extremity status.

true when logical link is an ETB end link, else false."

::= { ttdpLogicalLinksEntry 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.3

ttdpPhysicalLinesTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpPhysicalLinesEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Physical lines table for an ETB direction."

::= { ttdpLinksInfo 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.3.1

ttdpPhysicalLinesEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpPhysicalLinesEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Physical lines table entry.

ttdpLogicalLinksIdx is the first level index in ttdpLogicalLinksTable.

ttdpPhysicalLinesIdx is the second level index in ttdpPhysicalLinesTable."  
INDEX { ttdpLogicalLinksIdx, ttdpPhysicalLinesIdx }  
::= { ttdpPhysicalLinesTable 1 }

TtdpPhysicalLinesEntry ::=  
SEQUENCE {  
ttdpPhysicalLinesIdx  
TtdpPhysicalLineId,  
ttdpPortState  
INTEGER,  
ttdpLineRcvState  
INTEGER,  
ttdpPeerLineId  
TtdpPhysicalLineId  
}

—— 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.1

ttdpPhysicalLinesIdx OBJECT-TYPE  
SYNTAX TtdpPhysicalLineId  
MAX-ACCESS read-only  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"Line index in physical lines table.

None value is not allowed (only line A, B, C or D)."  
::= { ttdpPhysicalLinesEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.2

ttdpPortState OBJECT-TYPE  
SYNTAX INTEGER  
{  
disabled(0),  
forwarding(2),  
discarding(3)  
}  
MAX-ACCESS read-only  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"TTDP switch port state."  
::= { ttdpPhysicalLinesEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.3

ttdpLineRcvState OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER

```
{
    lineNotOK(1),
    lineOK(2),
    notAvailable(3)
}
```

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Physical line status (according to TTDP HELLO frames received and port status)."

::= { ttdpPhysicalLinesEntry 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.3.1.4

ttdpPeerLineId OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpPhysicalLineId

MAX-ACCESS read-write

STATUS current

DESCRIPTION

"Physical line distant (peer) ID."

::= { ttdpPhysicalLinesEntry 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.4

ttdpPhysicalLinesStatsTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpPhysicalLinesStatsEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Physical lines statistics table for physical lines (optional)."

::= { ttdpLinksInfo 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.4.1

ttdpPhysicalLinesStatsEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpPhysicalLinesStatsEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Physical line statistics table entry.

ttdpLogicalLinksIdx is the first level index in ttdpLogicalLinksTable,

ttdpPhysicalLinesIdx is the second level index in ttdpPhysicalLinesStatsTable."

INDEX { ttdpLogicalLinksIdx, ttdpPhysicalLinesIdx }

::= { ttdpPhysicalLinesStatsTable 1 }

```

TtdpPhysicalLinesStatsEntry ::=
    SEQUENCE {
        ttdpHelloSentFrames
            Integer32,
        ttdpHelloReceivedFrames
            Integer32,
        ttdpRemoteFastModeCnt
            Integer32,
        ttdpLocalFastModeCnt
            Integer32
    }

```

—— 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.1

ttdpHelloSentFrames OBJECT-TYPE

SYNTAX Integer32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of HELLO frames sent on this line

Optional, = -1 if not provided."

::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.2

ttdpHelloReceivedFrames OBJECT-TYPE

SYNTAX Integer32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of HELLO frames received on this line

Optional, = -1 if not provided."

::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.3

ttdpRemoteFastModeCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Integer32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of times fast mode was activated on peer.

Optional, = -1 if not provided."

::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 3 }

- 1.0.61375.2.5.1.3.4.1.4  
ttdpLocalFastModeCnt OBJECT-TYPE  
SYNTAX Integer32  
MAX-ACCESS read-only  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"Number of times fast mode was locally entered (activated by peer).  
  
Optional, = -1 if not provided."  
 ::= { ttdpPhysicalLinesStatsEntry 4 }
- ETBN TTDP TOPOLOGY information.
  - 1.0.61375.2.5.1.5  
ttdpTopoInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpObjects 5 }
- Local ETBN information
  - 1.0.61375.2.5.1.5.1  
ttdpLocalEtbnInfo OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpTopoInfo 1 }
  - 1.0.61375.2.5.1.5.1.1  
ttdpEtbnId OBJECT-TYPE  
SYNTAX Unsigned32 (1..4)  
MAX-ACCESS read-only  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"ETB number on which local ETBN is connected to."  
 ::= { ttdpLocalEtbnInfo 1 }
  - 1.0.61375.2.5.1.5.1.2  
ttdpLocalEtbnMacAddr OBJECT-TYPE  
SYNTAX MacAddress  
MAX-ACCESS read-only  
STATUS current  
DESCRIPTION  
"Local ETBN MAC address."  
 ::= { ttdpLocalEtbnInfo 2 }
  - 1.0.61375.2.5.1.5.1.3  
ttdpLocalEtbnId OBJECT-TYPE  
SYNTAX Unsigned32 (1..63)  
MAX-ACCESS read-only  
STATUS current

## DESCRIPTION

"Local ETBN number on ETB."

::= { ttdpLocalEtbnInfo 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.4

ttdpNodePosition OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER

```
{
    intermediate(0),
    extremity1(1),
    extremity2(2)
}
```

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

## DESCRIPTION

"Node position on ETB."

::= { ttdpLocalEtbnInfo 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.5

ttdpIsAlone OBJECT-TYPE

SYNTAX TruthValue

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

## DESCRIPTION

"Flag which tells whether ETBN node is alone on ETB."

::= { ttdpLocalEtbnInfo 5 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.6

ttdpConnTableValid OBJECT-TYPE

SYNTAX TruthValue

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

## DESCRIPTION

"Flag which describes whether physical topology is stable or not."

::= { ttdpLocalEtbnInfo 6 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.7

ttdpEtbTopoCntValid OBJECT-TYPE

SYNTAX TruthValue

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

## DESCRIPTION

"Flag which describes whether logical topology is stable or not."

::= { ttdpLocalEtbnInfo 7 }

—— Statistics on local ETBN TOPOLOGY frames (optional)

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.8

ttdpTopoFrameStats OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdpLocalEtbnInfo 8 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.8.1

ttdpTopoSentFrames OBJECT-TYPE

SYNTAX Integer32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of TOPOLOGY frames sent from this node.

= -1 if not provided."

::= { ttdpTopoFrameStats 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.1.8.2

ttdpTopoReceivedFrames OBJECT-TYPE

SYNTAX Integer32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of TOPOLOGY frames received on this node.

= -1 if not provided."

::= { ttdpTopoFrameStats 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.2

ttdpEtbnCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..63)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of ETBN on ETB."

::= { ttdpTopoInfo 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3

ttdpEtbnTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpEtbnEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

## DESCRIPTION

"corrected physical topology (connectivity table) + some more info."

::= { ttdpTopoInfo 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1

ttdpEtbnEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpEtbnEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

## DESCRIPTION

"Entry for corrected physical topology (connectivity table)."

INDEX { ttdpEtbnTableIdx }

::= { ttdpEtbnTable 1 }

TtdpEtbnEntry ::=

SEQUENCE {

ttdpEtbnTableIdx

Unsigned32,

ttdpEtbnId

Unsigned32,

ttdpEtbnMacAddr

MacAddress,

ttdpEtbnOrientation

TtdpOrientation,

ttdpEtbnIpAddr

IpAddress,

ttdpEtbnNodeRole

INTEGER,

ttdpEtbnInaugState

INTEGER,

ttdpEtbnInhibit

TruthValue,

ttdpRemoteInhibit

TruthValue,

ttdpConnTableCrc32

Unsigned32,

ttdpEtbnTopoCnt

Unsigned32,

ttdpLengthen

Antivalent2,

ttdpShorten

Antivalent2

}

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.1



ttdpEtbnTableIdx OBJECT-TYPE  
 SYNTAX Unsigned32 (1..63)  
 MAX-ACCESS read-only  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
   "ETBN index in ttdpEtbnTable (physical topology)."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.2

ttdpEtbnId OBJECT-TYPE  
 SYNTAX Unsigned32 (0..63)  
 MAX-ACCESS read-only  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
   "ETBN ID on ETB.  
  
   1..N ETBN are ordered from lowest cstUUID toward direction2 for ascending ETBN Ids,  
   0 for a missing ETBN (corrected topology)."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.3

ttdpEtbnMacAddr OBJECT-TYPE  
 SYNTAX MacAddress  
 MAX-ACCESS read-only  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
   "ETBN MAC address.  
  
   NULL if ETBN not present in case of corrected topology."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.4

ttdpEtbnOrientation OBJECT-TYPE  
 SYNTAX TtdpOrientation  
 MAX-ACCESS read-only  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
   "ETBN orientation."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.5

ttdpEtbnIpAddr OBJECT-TYPE  
 SYNTAX IpAddress

MAX-ACCESS read-only  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
   "ETBN IP address on ETB.

  NULL if not defined."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 5 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.6

ttdpEtbnNodeRole OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER

{  
   undefined(0),  
   master(1),  
   backup(2),  
   notRedundant(3)  
>}

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

  "ETBN node role."

::= { ttdpEtbnEntry 6 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.7

ttdpEtbnInaugState OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER

{  
   init(0),  
   notInaugurated(1),  
   inaugurated(2),  
   readyForInauguration(3)  
>}

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

  "ETBN inauguration state."

::= { ttdpEtbnEntry 7 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.8

ttdpEtbnInhibit OBJECT-TYPE

SYNTAX TruthValue

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Inhibit request from this node.

Inauguration allowed true or false."

::= { ttdpEtbnEntry 8 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.9

ttdpRemoteInhibit OBJECT-TYPE

SYNTAX TruthValue

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Remote composition inhibition.

Inauguration allowed true or false."

::= { ttdpEtbnEntry 9 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.10

ttdpConnTableCrc32 OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"CRC32 of raw physical topology (connectivity table), not corrected."

::= { ttdpEtbnEntry 10 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.11

ttdpEtbTopoCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"CRC32 of logical topology (Train Network Directory)."

::= { ttdpEtbnEntry 11 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.12

ttdpLengthen OBJECT-TYPE

SYNTAX Antivalent2

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Lengthen flag.

1(false)=stable length,

2(true)=lengthening,  
 3(undefined)=undefined."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 12 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.3.1.13

ttdpShorten OBJECT-TYPE

SYNTAX Antivalent2

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Shorten flag.

1(false)=stable length,  
 2(true)=shortening,  
 3(undefined)=undefined."  
 ::= { ttdpEtbnEntry 13 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.4

ttdpConnectTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpConnectEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Connection table for ETBNs in each ETB directions (always 2 directions).

Contains "connectivity vector" and "ETBN vector" for each ETBN"

::= { ttdpTopoInfo 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.4.1

ttdpConnectEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpConnectEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Connection table entry.

ttdpEtbnTableIdx is the first level index in ttdpEtbnTable,

ttdpConnectTableIdx is the second level index in ttdpConnectTable."

INDEX { ttdpEtbnTableIdx, ttdpConnectTableIdx }

::= { ttdpConnectTable 1 }

TtdpConnectEntry ::=

SEQUENCE {

```

        ttdpConnectTableIdx
            TtdpDirection,
        ttdpNeighbourMacAddr
            MacAddress,
        ttdpEtbnDirCnt
            Unsigned32
    }

```

—— 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.1

ttdpConnectTableIdx OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpDirection

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Direction index in ttdpConnecttable."

::= { ttdpConnectEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.2

ttdpNeighbourMacAddr OBJECT-TYPE

SYNTAX MacAddress

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"MAC address of direct ETBN neighbour in this direction."

::= { ttdpConnectEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.4.1.3

ttdpEtbnDirCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (0..62)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of ETBNs in this direction."

::= { ttdpConnectEntry 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.5

ttdpEtbnVectorTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpEtbnVectorEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Table of "ETBN vectors" for each ETBN in each direction."

::= { ttdpTopoInfo 5 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.5.1

ttdpEtbnVectorEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpEtbnVectorEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"ETBN vectors table entry.

ttdpEtbnTableIdx is the first level index in ttdpEtbnTable,

ttdpConnectTableIdx is the second level index in ttdpConnectTable,

ttdpEtbnVectorIdx is the third level index in ttdpEtbnVectorTable"

INDEX { ttdpEtbnTableIdx, ttdpConnectTableIdx, ttdpEtbnVectorIdx }

::= { ttdpEtbnVectorTable 1 }

TtdpEtbnVectorEntry ::=

SEQUENCE {

ttdpEtbnVectorIdx

Unsigned32,

ttdpEtbnVectorMacAddr

MacAddress

}

—— 1.0.61375.2.5.1.5.5.1.1

ttdpEtbnVectorIdx OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..62)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Index of ETBN in ttdpEtbnVector."

::= { ttdpEtbnVectorEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.5.1.2

ttdpEtbnVectorMacAddr OBJECT-TYPE

SYNTAX MacAddress

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"ETBN MAC address."

::= { ttdpEtbnVectorEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.6

ttdpCstCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..31)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current  
 DESCRIPTION  
 "Number of Consists in train."  
 ::= { ttdpTopoInfo 6 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7

ttdpCstTable OBJECT-TYPE  
 SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCstEntry  
 MAX-ACCESS not-accessible  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
 "Consist table : logical topology = Train Network Directory (TNDir) + some more info.  
 Organized conforming to the 3 levels of TNDir."  
 ::= { ttdpTopoInfo 7 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7.1

ttdpCstEntry OBJECT-TYPE  
 SYNTAX TtdpCstEntry  
 MAX-ACCESS not-accessible  
 STATUS current  
 DESCRIPTION  
 "Entry for Consist table."  
 INDEX { ttdpCstTableIdx }  
 ::= { ttdpCstTable 1 }

TtdpCstEntry ::=  
 SEQUENCE {  
 ttdpCstTableIdx  
 Unsigned32,  
 ttdpCstUuid  
 OCTET STRING,  
 ttdpCstOrientation  
 TtdpDirection,  
 ttdpCstCnCnt  
 Unsigned32,  
 ttdpCstEtbnCnt  
 Unsigned32  
 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.1

ttdpCstTableIdx OBJECT-TYPE  
 SYNTAX Unsigned32 (1..32)  
 MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Consist number (index in Consist table).

Consist nb 1 is the reference at extremity 1 of the train with lowest CstUUID."

::= { ttdpCstEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.2

ttdpCstUuid OBJECT-TYPE

SYNTAX OCTET STRING (SIZE (16))

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Consist UUID (Universally Unique Identifier)."

::= { ttdpCstEntry 2 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.3

ttdpCstOrientation OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpDirection

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Orientation of the Consist in relation to train reference direction."

::= { ttdpCstEntry 3 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.4

ttdpCstCnCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (0..32)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of CN in Consist."

::= { ttdpCstEntry 4 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.7.1.5

ttdpCstEtbnCnt OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (0..32)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of ETBN in Consist."

::= { ttdpCstEntry 5 }



—— 1.0.61375.2.5.1.5.8

ttdpCstCnTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCstCnEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"List of CN in this Consist."

::= { ttdpTopoInfo 8 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1

ttdpCstCnEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpCstCnEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Entry for list of Consist CNs.

ttdpCstTableIdx is the first level index in ttdpCstTable,

ttdpCstCnTableIdx is the second level index in ttdpCstCnTable."

INDEX { ttdpCstTableIdx, ttdpCstCnTableIdx }

::= { ttdpCstCnTable 1 }

TtdpCstCnEntry ::=

SEQUENCE {

ttdpCstCnTableIdx

Unsigned32,

ttdpCnType

INTEGER,

ttdpCnId

Unsigned32,

ttdpSubnetId

Unsigned32,

ttdpSubnetIpAddr

IpAddress,

ttdpSubnetIpMask

IpAddress

}

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.1

ttdpCstCnTableIdx OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..32)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Index in this Consist CN table."

```
::= { ttdpCstCnEntry 1 }
```

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.2

ttdpCnType OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER

```
{
    mvb(1),
    notUsed(2),
    can(3),
    ethernet(4)
}
```

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"CN type."

```
::= { ttdpCstCnEntry 2 }
```

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.3

ttdpCnId OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..32)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"CN ID.

Statically defined, it identifies the Consist Network inside the Consist"

```
::= { ttdpCstCnEntry 3 }
```

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.4

ttdpSubnetId OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..63)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Used to number the CN subnet on ETB."

```
::= { ttdpCstCnEntry 4 }
```

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.5

ttdpSubnetIpAddr OBJECT-TYPE

SYNTAX IpAddress

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"CN subnet IP address."  
 ::= { ttdpCstCnEntry 5 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.8.1.6

ttdpSubnetIpMask OBJECT-TYPE

SYNTAX IpAddress

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"CN subnet IP network mask."

::= { ttdpCstCnEntry 6 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.9

ttdpCnEtbnTable OBJECT-TYPE

SYNTAX SEQUENCE OF TtdpCnEtbnEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"List of ETBN connected to this CN."

::= { ttdpTopoInfo 9 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.9.1

ttdpCnEtbnEntry OBJECT-TYPE

SYNTAX TtdpCnEtbnEntry

MAX-ACCESS not-accessible

STATUS current

DESCRIPTION

"Entry for list of ETBN connected to this CN."

ttdpCstTableIdx is the first level index in ttdpCstTable,

ttdpCstCnTableIdx is the second level index in ttdpCstCnTable.

ttdpCnEtbnTableIdx is the third level index in ttdpCnEtbnTable."

INDEX { ttdpCstTableIdx, ttdpCstCnTableIdx, ttdpCnEtbnTableIdx }

::= { ttdpCnEtbnTable 1 }

TtdpCnEtbnEntry ::=

SEQUENCE {

ttdpCnEtbnTableIdx

Unsigned32,

ttdpCnEtbnId

Unsigned32

}

—— 1.0.61375.2.5.1.5.9.1.1

ttdpCnEtbnTableIdx OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..63)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Index in this CN ETBN table."

::= { ttdpCnEtbnEntry 1 }

—— 1.0.61375.2.5.1.5.9.1.2

ttdpCnEtbnId OBJECT-TYPE

SYNTAX Unsigned32 (1..63)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"Number of the ETBN (on ETB) connected to this CN."

::= { ttdpCnEtbnEntry 2 }

—— \*\*\*\*\*

—— conformance statements

—— \*\*\*\*\*

—— 1.0.61375.2.5.2

ttdpConformance OBJECT IDENTIFIER ::= { ttdp 2 }

—— 1.0.61375.2.5.2.2

ttdpBasicGroup OBJECT-GROUP

OBJECTS { ttdpVersion, ttdpSlowTimeout, ttdpFastTimeout, ttdpTopoTtl, ttdpGlobalTopoTimeout, ttdpLogicalLinksNb, ttdpLogicalLinksIdx, ttdpIsEndLink, ttdpPortState, ttdpEtbnId, ttdpLocalEtbnMacAddr, ttdpLocalEtbnId, ttdpNodePosition, ttdpIsAlone, ttdpConnTableValid, ttdpEtbnCnt, ttdpEtbnTableIdx, ttdpEtbnId, ttdpEtbnMacAddr, ttdpEtbnOrientation, ttdpEtbnIpAddr, ttdpEtbnNodeRole, ttdpEtbnInaugState, ttdpEtbnInhibit, ttdpRemoteInhibit, ttdpConnTableCrc32, ttdpLengthen, ttdpShorten, ttdpConnectTableIdx, ttdpNeighbourMacAddr, ttdpEtbnDirCnt, ttdpEtbnVectorIdx, ttdpEtbnVectorMacAddr, ttdpCstCnt, ttdpCstTableIdx, ttdpCstUuid, ttdpCstOrientation, ttdpCstCnCnt, ttdpCstEtbnCnt, ttdpCstCnTableIdx, ttdpCnType, ttdpCnId, ttdpSubnetId, ttdpSubnetIpAddr, ttdpSubnetIpMask, ttdpCnEtbnTableIdx, ttdpCnEtbnId, ttdpEtbnTopoCntValid, ttdpEtbnTopoCnt, ttdpConfigured-

PhysLinesNb,

ttdpActivePhysLinesNb, ttdpPhysicalLinesIdx, ttdpPeerLineId, ttdpLineRcvState }

STATUS current

DESCRIPTION

"Mandatory parameters which are to monitor the status of TTDP on an ETBN."

::= { ttdpConformance 2 }

—— 1.0.61375.2.5.2.3

ttdpStatsGroup OBJECT-GROUP

OBJECTS { ttdpHelloSentFrames, ttdpHelloReceivedFrames, ttdpRemoteFastModeCnt, ttdpLocalFastModeCnt, ttdpTopoSentFrames,  
ttdpTopoReceivedFrames }

STATUS current

DESCRIPTION

"Parameters which are optional to monitor  
the status of TTDP on an ETBN (statistics)."

::= { ttdpConformance 3 }

—— 1.0.61375.2.5.2.4

ttdpBasicCompliance MODULE-COMPLIANCE

STATUS current

DESCRIPTION

"Basic implementation requirements for TTDP monitoring support.  
The agent shall support the monitoring of mandatory parameters."

MODULE —— this module

MANDATORY-GROUPS { ttdpBasicGroup }

::= { ttdpConformance 4 }

—— 1.0.61375.2.5.2.5

ttdpStatsCompliance MODULE-COMPLIANCE

STATUS current

DESCRIPTION

"Optional implementation requirements for TTDP monitoring support.  
The agent shall support the monitoring of statistics parameters."

MODULE —— this module

MANDATORY-GROUPS { ttdpStatsGroup }

::= { ttdpConformance 5 }

END

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 25105.3—2014 工业通信网络 现场总线规范 类型 10:PROFINET IO 规范 第 3 部分:PROFINET IO 通信行规
- [2] GB/T 25119—2010 轨道交通 机车车辆电子装置
- [3] GB/T 26336—2010 工业通信网络 工业环境中的通信网络安装
- [4] GB/T 28029.5 轨道交通电子设备 列车通信网络(TCN) 第 2-4 部分:TCN 应用规约
- [5] IETF RFC 768 User Datagram Protocol (UDP)
- [6] IETF RFC 791 Internet Protocol (IP)
- [7] IETF RFC 792 Internet Control Message Protocol (ICMP)
- [8] IETF RFC 793 Transmission Control Protocol (TCP)
- [9] IETF RFC 826 Ethernet Address Resolution Protocol (ARP)
- [10] IETF RFC 1033 Domain administrators operations guide
- [11] IETF RFC 1035 Domain names—implementation and specification
- [12] IETF RFC 1178 Choosing a name for your computer
- [13] IETF RFC 1213 Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets:MIB-II
- [14] IETF RFC 1519 Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy
- [15] IETF RFC 1597 Address Allocation for Private Internets
- [16] IETF RFC 1901 Introduction to Community-based SNMPv2
- [17] IETF RFC 1905 Protocol Operations for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)
- [18] IETF RFC 1906 Transport Mappings for Version 2 of the Simple Network Management Protocol (SNMPv2)
- [19] IETF RFC 2236 Internet Group Management Protocol, Version 2 (IGMP)
- [20] IETF RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices
- [21] IETF RFC 2365 Administratively Scoped IP Multicast
- [22] IETF RFC 2474 Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers
- [23] IETF RFC 2787 Definitions of Managed Objects for the Virtual Router Redundancy Protocol
- [24] IETF RFC 2863 The Interfaces Group MIB
- [25] IETF RFC 3046 DHCP Relay Agent Information Option
- [26] IETF RFC 4122 A Universally Unique IDentifier (UUID) URN Namespace