

中国标准动车组以太网控车重联模式研究

罗昭强 金 冲 韩东宁

(中国中车长春轨道客车股份有限公司高速动车组制造中心, 130062, 长春//第一作者, 高级工程师)

摘 要 中国标准动车组列车通信网络是列车上信息交互的关键设施, 与传统通信方式相比, 以太网总线技术是相对较新的列车通信网络, 它具有带宽大、组件灵活及成本低等优点。以中国标准动车组以太网控车为研究对象, 描述了以太网控车的重联方式、位置映射, 以及重联信号的判定, 通过拓扑协议实现了列车的结构拓扑和信息共享, 使得以太网控车技术更加快速、安全、准确、可靠。

关键词 中国标准动车组; 数据传输; 列车以太网控车; 列车重联模式

中图分类号 U266.2; U285; TP393.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.02.033

Research on Ethernet Controlled Reconnection Mode of China Standard EMU

LUO Zhaoqiang, JIN Chong, HAN Dongning

Abstract The train communication network of China standard EMU is a key facility for information exchange on the train. Compared with traditional communication methods, the Ethernet bus technology is a relatively new train communication network, featuring greater bandwidth, flexible components and low cost. Taking the China standard EMU Ethernet control as the research object, the reconnection method and position mapping of the Ethernet control, and the determination of reconnection signal are described, the train structure topology and information sharing are realized through Topology protocol, that will make the train Ethernet control technology faster, safer, more accurate and reliable.

Key words China standard EMU; data transfer; train Ethernet control; train reconnection mode

Author's address High-speed EMU Manufacturing Center, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

1 中国标准动车组以太网拓扑结构

中国标准动车组通过处理整车逻辑控制、状态监视、故障诊断等信息, 以及处理远程数据传输等

复杂的车载信息, 在单组及重联模式下, 可保证不同列车或车辆之间的信息传输更精准、快捷。以太网控车作为动车组的关键技术之一, 能够对上述信息进行统一管理和判断, 使信息稳定、安全、快速地在整个列车网络中进行传输。动车组网络主要负责中央控制与牵引控制、辅助控制、制动控制、旅客信息、空调、车门及远程控制等系统之间的整车逻辑控制、状态监视和故障诊断数据的传输, 以及自身信息的诊断; 然后将这些信息显示在人机显示界面, 同时将运行环境信息与故障信息保存在本地设备中; 通过远程控制单元将车辆运行状态信息及故障信息发送到地面控制中心, 从而保证列车的安全性、稳定性和舒适性。

中国标准动车组列车主干网由 ETBN(列车级以太网交换机)与 REP(中继器)组成。当列车重联时, 列车与列车之间通过电气车钩实现列车级以太网的连接, 以实现列车间通信; 列车以太网内部通过背板总线与 ECNN(以太网交换机)进行通信, 具体是以 4 辆车为 1 个单元, 且单元内交换机通过车辆级以太网线连接到本车内部的设备, 如 CCU(中央控制单元)、HMI(人机显示界面)、IOM(输入输出模块)及其他子系统设备。中国标准动车组以太网拓扑结构见图 1。

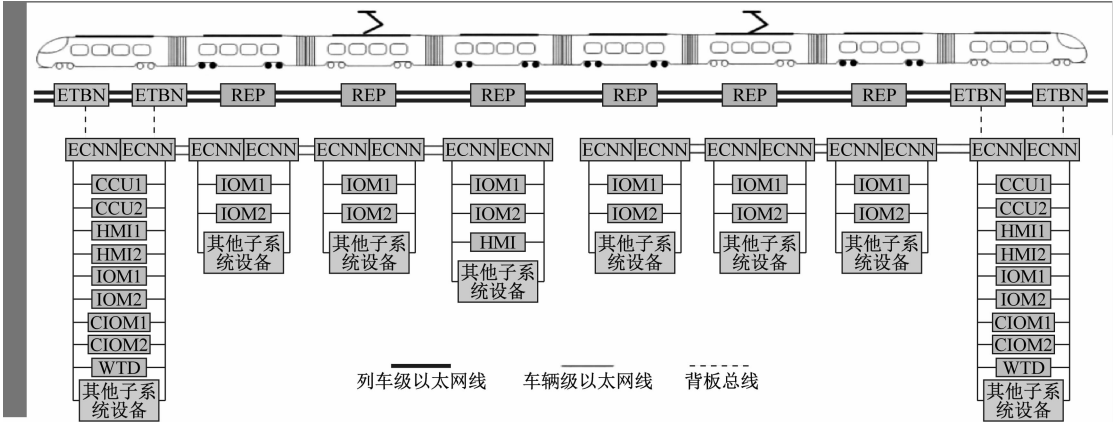
2 中国标准动车组以太网控车重联模式

2.1 重联方式和位置映射

2 列列车进行重联时, 有 2 种重联方式(见图 2):

1) 重联方式 1: 编组 1 的 8 车和编组 2 的 1 车进行重联。其特征为编组 1 的 2 端 ETB(以太网列车骨干网)节点和编组 2 的 1 端 ETB 节点有重联信号。

2) 重联方式 2: 编组 1 的 8 车和编组 2 的 1 车进行重联。其特征为编组 1 的 2 端 ETB 节点和编组 2 的 1 端 ETB 节点有重联信号。



注:CIOM 为司机室输入输出模块;WTD 为无线传输装置。

图 1 中国标准动车组以太网拓扑结构图

Fig. 1 Diagram of China standard EMU Ethernet topology structure

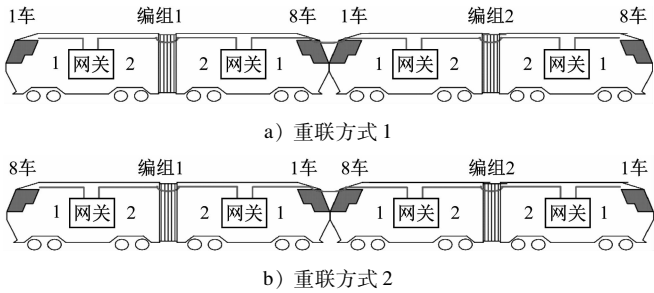


图 2 中国标准动车组重联方式示意图

Fig. 2 Schematic diagram of China standard EMU reconnection mode

列车接收到 ETB 节点的过程数据后,通过该过程数据的位置信息,将所有 ETB 过程数据端口映射到车辆的实际位置^[1]。2 种重联方式的位置映射方式一致;在完成节点索引和节点识别后,网关可根据节点索引、节点地址及列车编组编号正确地判断所有网关的顺序和位置。

2.2 重联列车以太网应用初始化

重联信号的判断依据为网关在重联端时为有效信号,重联端的重联信号为高电平信号,非重联端的重连信号为低电平信号。重联信号采用布尔类型变量,并作为过程数据中的一部分进行通信。前编组和后编组的判断原则为:列车占用的编组为前编组,列车非占用的编组为后编组。如果列车由占用状态转为非占用状态,编组位置保持不变;如果列车未被占用,则按照节点索引序列进行判断,索引为 1 的节点所在编组为前编组。

当列车重联时,占用司机室的列车向前,方向是该单元的方向 1;占用司机室列车向后,方向是该单元的方向 2。占用司机室所在编组中,非占用司机室单元的列车向前,方向是该编组的方向 2;占用

司机室所在编组中,非占用司机室单元的列车向后,方向是该单元的方向 1。非占用司机室所在编组中,联挂单元的列车向前,方向是该单元的方向 1;非占用司机室所在编组中,联挂单元的列车向后,方向是该单元的方向 2。非占用司机室所在编组中,非联挂单元的列车向前,方向是该单元的方向 2;非占用司机室所在编组中,非联挂单元的列车向后,方向是该单元的方向 1。

2.3 TTDP 拓扑协议

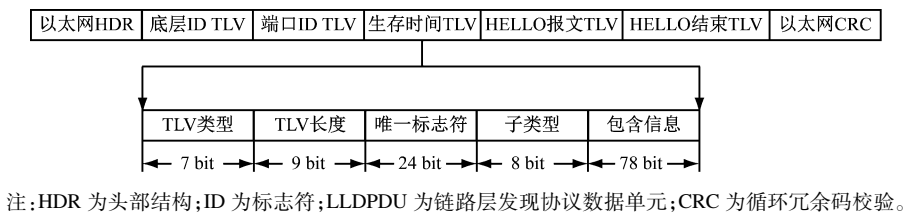
列车级以太网传送 TTDP(列车实时数据传输协议)报文并不断实时刷新列车车辆拓扑信息,按照报文功能分为 TTDP Hello 报文和 TTDP Topology 报文。其中,TTDP Hello 报文主要负责为列车级网络的底层建立连接信息;TTDP Topology 报文增加了含有车辆级网络拓扑的信息,主要功能是用来实现全部列车的拓扑结构,通过 TTDP 拓扑协议映射出完整的列车拓扑结构。

2.3.1 TTDP Hello 报文

在标准的 LLDP 协议(链路层发现协议)中,附加了对应 TLV(类型-长度-数值)的列车级拓扑发现

信息,形成了 TTDP Hello 报文,主要用来实现列车级底层信息交换。在标准 LLDP 发现协议的基础上对其进行改造,改造的优点在于提高该协议的兼容性,使其在普通交换机上亦可传送,提高了通信信息的可靠性。将设备的配置能力、地址分配、整体标记、接口标记等信息存储在 LLDPDU (链路层发现协议数据单元)中,从而产生 TTDP Hello TLV,通过重组其他标准 LLDP 字段后组成了 TTDP Hello 报文。TTDP Hello 报文仅在相邻设备间进行报文

传输,由于协议的设定原则上限定了报文的传送范围,导致相邻设备接收报文后不发送此报文给其他设备。列车级以太网拓扑结构属于线性拓扑,其在端节点仅有 1 个相邻设备,在中间节点均有 2 个相邻设备。因此,列车级以太网网关可依靠 TTDP Hello 报文取得相邻拓扑关系的列车级以太网网关的地址,从而形成关系列表。TTDP Hello 报文格式见图 3。



注:HDR 为头部结构;ID 为标志符;LLDPDU 为链路层发现协议数据单元;CRC 为循环冗余码校验。

图 3 TTDP Hello 报文格式示意图

Fig. 3 Diagram of TTDP Hello Message format

TTDP Hello 报文按传送时序分为正常模式和快速恢复模式。在正常模式时,相邻设备之间报文传送的模式为正常模式,传送周期为 100 ms。当出现线路故障或设备故障等非正常模式时,若超过 130 ms 未收到相邻对应设备传送的 Hello 报文,此时触发快速恢复模式^[2];此时列车级以太网设备将以周期为 15 ms 的频率发送报文,相邻列车级以太网网关接收相邻设备发送的快速恢复模式的 Hello 报文后,优先以最高优先级向相邻设备发送 Hello 报文,保证列车级信息连接的可靠性。

2.3.2 TTDP Topology 报文

TTDP Topology 报文是在 LLDPDU 报文的基础格式上进行了大范围修改,增加了 ETB TLV 和 CN (车辆网络) TLV 两个关键字段,作用是为了传输列车级拓扑信息和车辆级拓扑信息,且需删除原有报文中必须含有的底层 ID TLV、端口 ID TLV、TTL (生存时间) TLV 等字段信息。与 TTDP Hello 报文相比,TTDP Topology 报文在整个列车级网络中进行传输时,处在列车级以太网上的所有以太网网关都会接收信息且相互之间共享列车级拓扑信息。正常状态下,TTDP Topology 报文发送数据的周期为 100 ms,以太网网关接收报文信息的有效时间为 400 ms,若超过有效时间则判断为超时信息内容无效。若以太网网关从接收到上一个 TTDP Topology 报文的时刻算起,在有效时间内未收到 TTDP Topology 报文,则认为列车级以太网中的网

关故障失效或设备离线。列车级以太网网关若超过 1 s 未收到 TTDP Topology 报文,则判断设备自身处于单机运行状态,即列车级以太网中只含有本地网关。

3 结语

随着工业以太网的不断发展和创新,以太网在轨道交通列车上的应用已成为一种发展趋势^[3]。本文主要从重联模式状态下对中国标准动车组以太网控车进行研究。基于中国标准动车组的重联方式,根据列车级骨干网过程数据映射出车辆的位置,通过司机室的占用确认编组位置及方向信息。TTDP Hello 报文附加了 TLV 功能,实现了列车底层的信息交换;TTDP Topology 报文删减了相关报文信息,增加了含有车辆级网络拓扑的信息,从而实现整体列车拓扑结构;TTDP Hello 报文和 TTDP Topolog 报文均设有故障诊断功能,其可对网关故障及其离线状态进行诊断,且无论是在单组或重联模式下都可以快速、安全、可靠地保证列车网络数据的传输和诊断。

参考文献

[1] 李元轩. 列车级以太网拓扑发现协议的实现研究[J]. 铁道机车车辆,2017(2):24.

(下转第 143 页)