

基于 IEC 61375 标准的列车以太网 一致性测试平台设计

吕红强¹ 尹燕萍² 雷宇晴³

(1. 中车南京浦镇车辆有限公司, 210031, 南京; 2. 中车浦镇阿尔斯通运输系统有限公司, 241001, 芜湖;
3. 武汉康曼测控系统有限公司, 430070, 武汉)

摘 要 [目的] 为确保列车网络系统的稳定性、可靠性、兼容性以及数据传输和控制的准确性, 需对列车网络的一致性测试进行研究。[方法] 基于 IEC 61375 标准进行列车以太网测试平台设计, 并完成测试平台的搭建; 测试平台主要包括硬件平台和软件平台; 其中, 硬件平台由测试仪器、陪测设备、工装夹具以及工控机组成; 软件平台基于 LabVIEW(程序开发环境) 程序语言、NI TestStand 软件测试框架和 Tcl(工具命令语言) 脚本, 进行系统集成。[结果及结论] 实现了列车以太网物理层、协议层和性能的自动化测试, 并通过 CNAS(中国合格评定国家认可委员会) 认证。

关键词 列车以太网; 一致性测试; LabVIEW; TestStand; Tcl 脚本

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.05.037

Design of Train Ethernet Consistency Testing Platform Based on IEC 61375 Standard

LYU Hongqiang¹, YIN Yanping², LEI Yuqing³

(1. CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China; 2. CRRC Puzhen Alstom Transportation System Co., Ltd., 241001, Wuhu, China; 3. Wuhan Command Measuring & Controlling System Co., Ltd., 430070, Wuhan, China)

Abstract [Objective] To ensure the stability, reliability, compatibility, as well as the accuracy of data transmission and control in train network systems, research on the consistency testing of train networks is needed. [Method] The design of the train Ethernet testing platform is based on the IEC 61375 standard and the construction of the testing platform is completed. The testing platform mainly consists of hardware and software platforms. The hardware platform includes testing instruments, companion devices, fixtures, and industrial control computers. The software platform is based on LabVIEW programming language, NI TestStand software testing framework, and Tcl scripting language for system integration. [Result & Conclusion] The automation testing of the physical layer, protocol layer, and performance of the train Ethernet is achieved,

and certified by CNAS (China National Accreditation Service for Conformity Assessment).

Key words train Ethernet; consistency testing; LabVIEW; TestStand; Tcl script

随着 IEC 61375-2-8 系列列车通信网络一致性测试标准的发布, 列车以太网一致性测试规范越来越完善, 而我国轨道交通设备相关企业也相继开展列车以太网的研究及测试工作。

目前对于列车以太网一致性测试平台的研究正处于发展阶段, 一致性测试工具刚刚起步, 这在一定程度上会制约列车以太网技术的发展。因此, 建立在 IEC 61375-2-8 标准基础上搭建的列车以太网一致性测试平台提出了一个具体可行的实现方式。其不仅有利于提升轨道交通产品的检测能力, 还能促进轨道交通列车以太网的发展。

为了确保不同设备厂家生产设备的兼容性, 也为了验证列车以太网产品的协议一致性, 确保列车的稳定运行及车上设备的替换, 必须对列车以太网设备进行一致性测试。

搭建列车网络测试系统是建立一个全局视图的测试架构, 可为网络设备的研究、设计、开发、验证及评估等环节提供测量方面的保障, 为网络技术和协议的测试验证提供支持, 为网络设备的全局业务性能提供测量支持。

1 列车以太网测试平台概述

列车以太网测试包含基础接口测试、终端设备一致性测试、ECN(以太网编组网)编组一致性测试、ETBN(以太网列车骨干网节点)一致性测试、TRDP(列车实时数据协议)一致性测试、SDTv2(安全数据传输协议)一致性测试、ETB(以太网列车骨干网)组网测试、物理层波形扩展测试和以太网性

能测试。

试套件,具体如表 1 所示^[1]。

适用于不同 IUT(被试设备)类型的一致性测

表 1 适用于不同 IUT 类型的一致性测试套件

Tab. 1 Consistency test suites for different IUT types

IUT 类型	基础接口测试	终端设备测试	配备 ECN 的组网测试	ETBN 测试	TRDP 测试	SDTv2 测试	配备 ETB 的组网测试
包含本地终端设备	M	O					
列车通信终端设备	M				O	O	
列车拓扑感知终端设备	M	O			M	O	
中继器	M		O				
非管理编组交换机	M		O				
管理组交换机	M		O				
路由器	M		O				
ETBN	M		O ¹	M	M ¹	M ¹	
编组网络							M

注:O 为可选的;M 为强制的;上标 1 为如果 ETBN 包括 ECSP(ETB 控制服务提供者)。

2 测试平台架构

物理层测试主要测试以太网信号的波形并分析判断其是否满足 IEEE Std 802.3TM—2018 标准中规定的指标;主要采用示波器及以太网测试夹具对被测设备进行物理层测试并通过相应的算法获取参数的测量值,包括差分输出电压、过冲、对称性、上升沿/下降沿、抖动和模板测试等参数^[2-4]。通过 NI LabView 软件调用 VISA(虚拟仪器软件架构)实现对仪器控制、搭建自动化测试框架及对测试脚本的自定义开发。

数据链路层及性能测试参考国际互联网工程任务组的 RFC 2544《以太网链路测试基准》、RFC 2889《局域网交换设备基准》和 RFC 3918《IP 组播基准测试方法》中的条款,通过以太网分析仪对网络通信功能和性能进行测试。其包括吞吐量、丢包率、最大 UDP(用户数据报协议)报文、最大 TCP(传输控制协议)报文等参数进行测试。通过 Tcl 脚本实现 TestCenter 程序自动控制,集成到 LabView 中实现自动化测试。

TTDP(列车拓扑发现协议)、TRDP 等协议层及 SDTv2 安全性测试参考标准 IEC 61375-2-8 中规定的条款,并通过 ECN 和 ETB 陪测设备组网并根据标准要求配置协议数据,总线分析工具进行协议解析,分析协议数据是否满足标准要求^[5]。通过 NI TestStand 软件测试框架实现自动化测试。

2.1 测试平台硬件连接

搭建测试平台的硬件连接示意图如图 1 所示,测试系统由电源、示波器、工装夹具、矢量网络分析仪、波形发生器、以太网协议分析仪、ECN 和 ETB 陪测设备、机柜、服务器、工控机和软件组成^[6]。

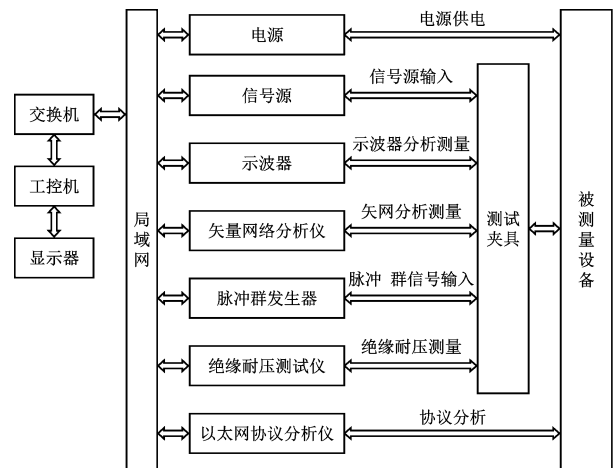


图 1 列车以太网测试硬件连接

Fig. 1 Hardware connection for train Ethernet test

2.2 协议一致性测试拓扑

测试拓扑设备要求见表 2。协议一致性测试拓扑如图 2 所示。

2.3 TRDP 一致性测试

车载以太网区别于传统工业以太网,其采用 TRDP 进行通信,保证数据通信的实时性,并确保列车运行过程中的安全。

表 2 测试拓扑设备描述

Tab. 2 Description of test topology device

设备	描述
ETBN	用于骨干网通信的交换机
ECNN	用于编组网通信的交换机
ECNN(POE)	带 POE 功能的编组网通信交换机
总线分析工具	用于捕获并分析以太网通信帧
测试台 PC	配备常用网络工具的设备,如 DHCP 客户端、DNS 客户端、ICMP,支持 TRDP 通信
ED	终端设备

注:ECNN 为以太网编组网节点;PC 为计算机;DNS 为域名系统;DHCP 为动态主机配置协议;ICMP 为互联网控制消息协议。

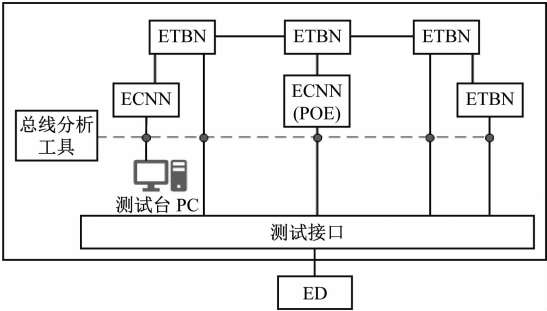


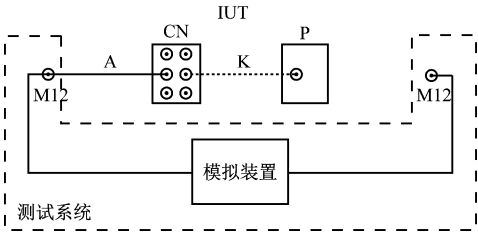
图 2 协议一致性测试拓扑

Fig. 2 Topology of protocol consistency test

为实现 TRDP 一致性测试,测试系统连接至编组交换机与被测 TRDP 设备进行通信。测试系统能够向/从编组交换机发送/接收基于 UDP/TCP 的 TRDP 报文。通过协议分析测试系统与列车交换机之间的通信。上位机软件能够捕获并且解析 TRDP 数据帧。

TRDP 测试按照实际应用场景接入测试系统,测试系统能监视测试接口的网络通信过程,并具备分析 TRDP 数据功能,按照 IEC 61375-2-8 中规定的测试步骤进行测试,评估被测产品的一致性。

运行 TRDP 程序的列车通信设备(P)的测试拓扑如图 3 所示。



注:M12 为网络接口类型;CN 为组成网络;K 为开关;P 为列车通信设备(TRDP);IUT 为被测设备。

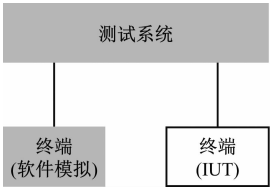
图 3 TRDP 一致性测试拓扑

Fig. 3 TRDP consistency test topology

2.4 SDTv2 一致性测试

SDTv2 是一种在应用数据层增加安全数据传输的协议。它在 TRDP 的基础上,增加了对用户数据段的校验,对数据收发的实时性也进行了具体的要求。通过 SDTv2 的运用,有效地提升了数据传输的实时性和正确性。

SDTv2 测试框架拓扑见图 4。



注:IUT 为被测设备。

图 4 SDTv2 一致性测试拓扑

Fig. 4 SDTv2 consistency test topology

3 软件设计

列车以太网一致性测试通过 NI LabVIEW、NI TestStand 软件开发平台和 Tcl 测试脚本进行开发,其实现了对仪器设备的控制、对测试数据的分析和存储、对人机交互信息的输入、输出^[7-8]。

3.1 软件流程

针对列车以太网测试的应用需求,将测试流程设计为全自动化测试。将列车以太网测试系统所包含的测试项保存为测试配置,使用时根据选择调用测试配置,涵盖自动/手动测试等各种测试项调用、测试接线图预览、测试配置管理、数据记录管理、生成测试报告等。软件模块流程如图 5 所示。

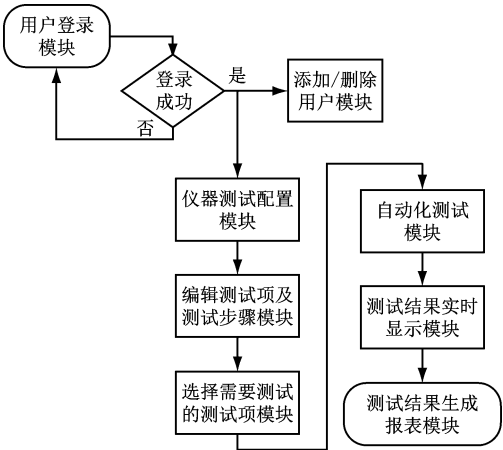


图 5 软件模块流程图

Fig. 5 Flow chart of software modules

3.2 仪器控制自动化

NI LabView 软件可调用 VISA, 以实现仪器的控制。LabView 是一种程序开发环境, VISA 可以控制 GPIB (通用接口总线)、串口、USB、以太网、PXI 型或 VXI 型仪器, 并根据仪器类型进行适当的

驱动程序开发及调用。

对于通用仪器, 提供通信接口和相应的 SCPI (可编程仪器标准命令集), 即可通过 VISA 实现仪器的自动化控制。如示波器编写的部分驱动程序如图 6 所示。

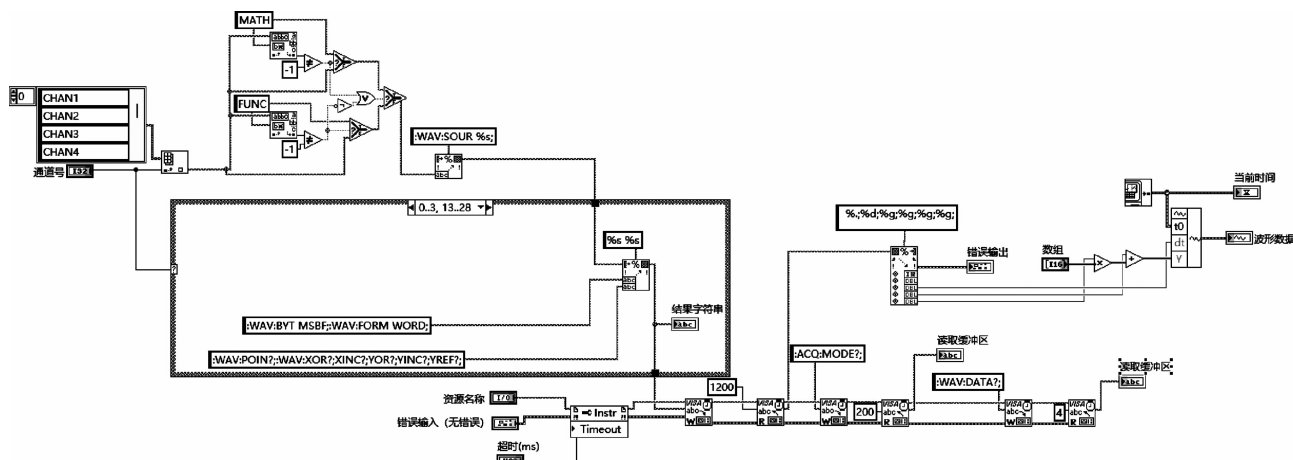


图 6 示波器驱动程序示例截图

Fig. 6 Screenshot of oscilloscope driver program example

3.3 测试脚本开发

性能及部分协议测试需使用思博伦协议分析仪进行开发, 思博伦设备配套的 STC 软件二次开发使用 Tcl 脚本语言。

Tcl 脚本编写初始化 STC 软件路径、连接 IP、配置参数、占用端口、抓包分析和数据库调用等函数。部分 Tcl 脚本代码如图 7 所示。在 LabView 软件中建立与 Tcl 的连接, 并调用 Tcl 脚本函数, 实现性能和协议的自动化测试。

送和接收, 并进行抓包分析。

以目的端口测试为例, 设置目的 UDP 端口默认值为 17224, 被试设备上电启动, 配置被测件周期性发送 ComId 为 301 的 TRDP 过程数据, 周期为 1 000 ms, 软件模拟接收与 UDP 端口 17224 相关联的 ComId 数据。接收到的数据与 IUT 发送的数据相同则测试通过。TRDP 报文格式如图 8 所示, push 模式报文格式内容如表 3 所示。

```
proc init {} {
    global LabServer Sequencer
    #puts "Loading package..."
    package require SpirentTestCenter
    #puts "Config automation options..."
    stc::configAutomationOptions -logInfo LabServer -logLevel info
    set Sequencer [stc::get system -children-sequencer]
}

proc connect {} {
    stc::connect 192.168.1.250
    #error "Stcerror --- akdjfaljd"
}

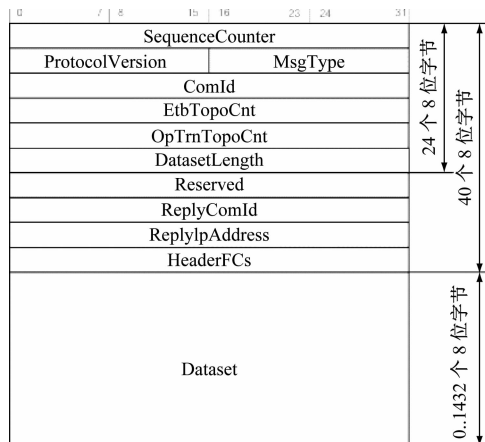
proc GetChassisInfo {} {
    stc::connect 192.168.1.250
    global LabServer
    set hMpr [stc::get system -children-PhysicalChassisManager]
    set hChassis [stc::get $hMpr -children-PhysicalChassis]
    set szChassisIp [stc::get $hChassis -hostname]
    set hMlist [stc::get $hChassis -children-PhysicalTestModule]
    foreach hM $hMlist {
        array set tmPrps [stc::get $hM]
        if {($tmPrps(-PartNum)) == ""} {
            continue
        }
        xputs "Test module $szChassisIp/$tmPrps(-Index)"
        set hPglist [stc::get $hM -children-PhysicalPortgroup]
        foreach hPg $hPglist {
            array set pgPrps [stc::get $hPg]
            set status $pgPrps(-OwnershipState)
            if {$status == "OWNERSHIP_STATE_RESERVED"} {
                set status "Reserved by $pgPrps(-OwnerUserId)$pgPrps(-OwnerHostName)"
            }
        }
    }
}
```

图 7 Tcl 脚本代码示例截图

Fig. 7 Screenshot of Tcl script code example

3.4 TRDP 协议测试实例

TRDP 协议测试通过 NI TestStand 软件平台开发的自动化测试序列, 开发软件模拟器对报文的发



注: SequenceCounter 为序列计数器; ProtocolVersion 为协议版本; MsgType 为电报类型; ComId 为通信标识符; EtbTopoCnt 为 ETB 拓扑计数器; opTrnTopoCnt 为运行列车拓扑计数器; DatasetLength 为数据集长度; Reserved 为保留用于扩展; ReplyComId 为请求的 ComId; ReplyIpAddress 为应答 IP 地址; HeaderFCS 为标头总校验。

图 8 TRDP 报文格式

Fig. 8 Screenshot of TRDP message format

表3 push 模式报文格式内容

Tab.3 Content of push mode message format

TRDP 报头字段	预期结果
SequenceCounter	起始值为 0, 每次发送过程数据帧递增
ProtocolVersion	与 TRDP PICS 中的声明相同, 例如 0x0100 或 0x0102
MsgType	push 模式下固定为 0x5064
ComId	301
EtbTopoCnt	在编组内进行通信时固定为 0
OpTrnTopoCnt	在编组内进行通信时固定为 0
DatasetLength	1 024 字节
Reserved01	固定为 0
ReplyComId	push 模式下固定为 0
ReplyIpAddress	push 模式下固定为 0
HeaderFCS	根据 IEC 61375-2-3 A. 3 计算校验和 (不包括校验和自身)

4 测试界面及结果

根据 IEC 61375-2-8 标准中对测试项的描述, 按照标准要求的测试步骤进行被测量和陪测量设备的配置, 通过自动化软件控制参数设置和数据采集, 得到测试结果示例如图 9 和图 10 所示。

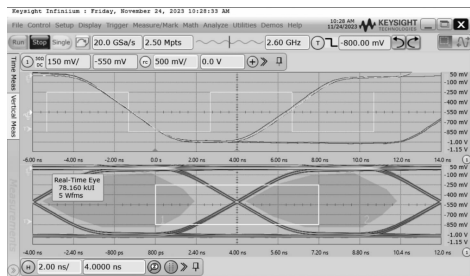


图9 以太网波形眼图测试结果截图

Fig.9 Screenshot of ethernet waveform eye diagram test results

STEP	DESCRIPTION	STATUS
Setup (S)		
Main (M)		
Step01	TimeInterval(1)	Pass
Step02	TimeInterval(1)	Pass
Step03	TimeInterval(1)	Pass
Step04	TimeInterval(1)	Pass
Step05	TimeInterval(1)	Pass
Step06	TimeInterval(1)	Pass
Step07	TimeInterval(1)	Pass
Step08	TimeInterval(1)	Pass
Step09	TimeInterval(1)	Pass
Step10	TimeInterval(1)	Pass
Step11	TimeInterval(1)	Pass
Step12	TimeInterval(1)	Pass
Step13	TimeInterval(1)	Pass
Step14	TimeInterval(1)	Pass
Step15	TimeInterval(1)	Pass
Step16	TimeInterval(1)	Pass
Step17	TimeInterval(1)	Pass
Step18	TimeInterval(1)	Pass
Step19	TimeInterval(1)	Pass
Step20	TimeInterval(1)	Pass
Step21	TimeInterval(1)	Pass
Step22	TimeInterval(1)	Pass
Step23	TimeInterval(1)	Pass
Step24	TimeInterval(1)	Pass
Step25	TimeInterval(1)	Pass
Step26	TimeInterval(1)	Pass
Step27	TimeInterval(1)	Pass
Step28	TimeInterval(1)	Pass
Step29	TimeInterval(1)	Pass
Step30	TimeInterval(1)	Pass
Step31	TimeInterval(1)	Pass
Step32	TimeInterval(1)	Pass
Step33	TimeInterval(1)	Pass
Step34	TimeInterval(1)	Pass
Step35	TimeInterval(1)	Pass
Step36	TimeInterval(1)	Pass
Step37	TimeInterval(1)	Pass
Step38	TimeInterval(1)	Pass
Step39	TimeInterval(1)	Pass
Step40	TimeInterval(1)	Pass
Step41	TimeInterval(1)	Pass
Step42	TimeInterval(1)	Pass
Step43	TimeInterval(1)	Pass
Step44	TimeInterval(1)	Pass
Step45	TimeInterval(1)	Pass
Step46	TimeInterval(1)	Pass
Step47	TimeInterval(1)	Pass
Step48	TimeInterval(1)	Pass
Step49	TimeInterval(1)	Pass
Step50	TimeInterval(1)	Pass
Step51	TimeInterval(1)	Pass
Step52	TimeInterval(1)	Pass
Step53	TimeInterval(1)	Pass
Step54	TimeInterval(1)	Pass
Step55	TimeInterval(1)	Pass
Step56	TimeInterval(1)	Pass
Step57	TimeInterval(1)	Pass
Step58	TimeInterval(1)	Pass
Step59	TimeInterval(1)	Pass
Step60	TimeInterval(1)	Pass
Step61	TimeInterval(1)	Pass
Step62	TimeInterval(1)	Pass
Step63	TimeInterval(1)	Pass
Step64	TimeInterval(1)	Pass
Step65	TimeInterval(1)	Pass
Step66	TimeInterval(1)	Pass
Step67	TimeInterval(1)	Pass
Step68	TimeInterval(1)	Pass
Step69	TimeInterval(1)	Pass
Step70	TimeInterval(1)	Pass
Step71	TimeInterval(1)	Pass
Step72	TimeInterval(1)	Pass
Step73	TimeInterval(1)	Pass
Step74	TimeInterval(1)	Pass
Step75	TimeInterval(1)	Pass
Step76	TimeInterval(1)	Pass
Step77	TimeInterval(1)	Pass
Step78	TimeInterval(1)	Pass
Step79	TimeInterval(1)	Pass
Step80	TimeInterval(1)	Pass
Step81	TimeInterval(1)	Pass
Step82	TimeInterval(1)	Pass
Step83	TimeInterval(1)	Pass
Step84	TimeInterval(1)	Pass
Step85	TimeInterval(1)	Pass
Step86	TimeInterval(1)	Pass
Step87	TimeInterval(1)	Pass
Step88	TimeInterval(1)	Pass
Step89	TimeInterval(1)	Pass
Step90	TimeInterval(1)	Pass
Step91	TimeInterval(1)	Pass
Step92	TimeInterval(1)	Pass
Step93	TimeInterval(1)	Pass
Step94	TimeInterval(1)	Pass
Step95	TimeInterval(1)	Pass
Step96	TimeInterval(1)	Pass
Step97	TimeInterval(1)	Pass
Step98	TimeInterval(1)	Pass
Step99	TimeInterval(1)	Pass
Step100	TimeInterval(1)	Pass

图10 push 模式目的端口测试结果截图

Fig.10 Screenshot of target port test results for push mode

通过列车以太网测试平台可测到各测试项的

结果, 与标准中规定项进行比较, 自动判断每个测试项是否合格, 并生成测试报告。

此平台对列车以太网设备进行全面的测试和评估, 为网络设备的测试提供了参考和验证。

5 结语

列车以太网通信技术在轨道交通上的使用越来越广泛, 其起着不可或缺的作用。本文设计的列车以太网一致性测试平台可对列车以太网设备进行完整全面的测试, 为列车网络的通信质量和可靠性提供保障。

参考文献

- [1] International Electrotechnical Commission. Electronic railway equipment-train communication network (TCN)-Part 2-8: TCN conformance test; IEC 61375-2-8[S]. Geneva: IEC, 2021: 31.
- [2] 董伟博. 万兆以太网测试仪软件设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
- [3] DONG Yibo. Software design and implementation of 10 gigabit Ethernet tester[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013.
- [4] 曹凌, 黄俊. 千兆以太网测试设计与实现[J]. 通信技术, 2007, 40(11): 214.
- [5] CAO Ling, HUANG Jun. Design and realization of gigabit Ethernet analyzer[J]. Communications Technology, 2007, 40(11): 214.
- [6] 王和宇. 10 Gbit/s 以太网测试技术[J]. 电信技术, 2004(2): 12.
- [7] WANG Heyu. Testing technology of 10 Gbit/s Ethernet[J]. Telecommunications Technology, 2004(2): 12.
- [8] 石华, 毕越宽, 邢月华, 等. 列车以太网通信技术应用[J]. 铁道机车车辆, 2017, 37(3): 61.
- [9] SHI Hua, BI Yuekuan, XING Yuehua, et al. Train Ethernet communication technology application[J]. Railway Locomotive & Car, 2017, 37(3): 61.
- [10] 李小文, 涂小卫, 羊利芬, 等. 车载设备以太网一致性测试平台设计[J]. 现代城市轨道交通, 2019(7): 36.
- [11] LI Xiaowen, TU Xiaowei, YANG Lifan, et al. Design of Ethernet conformance testing platform for vehicle equipment[J]. Modern Urban Transit, 2019(7): 36.
- [12] 谢维达, 赵亚辉, 徐晓松. 现场总线与列车通信网络[J]. 工业控制计算机, 2002, 15(1): 5.
- [13] XIE Weida, ZHAO Yahui, XU Xiaosong. Field bus and train communication network[J]. Industrial Control Computer, 2002, 15(1): 5.
- [14] 何立强, 叶新铭. 协议一致性测试平台的设计和实现[J]. 计算机工程, 2001, 27(8): 27.

(下转第 189 页)

- Beijing University of Posts and Telecommunications, 2023, 46(6): 64.
- [7] 韩文璇, 朱海龙, 何欣欣, 等. 一种结合入队整形的 TSN 流量调度算法[J]. 物联网学报, 2022, 6(4): 117.
- HAN Wenxuan, ZHU Hailong, HE Xinxin, et al. A TSN traffic scheduling algorithm combined with enqueue shaping[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2022, 6(4): 117.
- [8] 朱海龙, 严园园. TSN 网络中时钟同步可靠性提升方法[J]. 北京邮电大学学报, 2021, 44(2): 20.
- ZHU Hailong, YAN Yuanyuan. Measures of reliability improvement of clock synchronization in time sensitive networking[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2021, 44(2): 20.
- [9] 张磊, 王盼盼. 时间敏感网络流量整形技术综述[J]. 微电子学与计算机, 2022, 39(1): 46.
- ZHANG Lei, WANG Panpan. Survey of traffic shaping and scheduling in time-sensitive network[J]. Microelectronics & Computer, 2022, 39(1): 46.
- [10] 张彤, 冯佳琦, 马延滢, 等. 时间敏感网络流量调度综述[J]. 计算机研究与发展, 2022, 59(4): 747.
- ZHANG Tong, FENG Jiaqi, MA Yanying, et al. Survey on traffic scheduling in time-sensitive networking[J]. Journal of Computer Research and Development, 2022, 59(4): 747.
- [11] 赵辰阳, 王立德, 简捷, 等. 基于列车实时数据协议的以太网高速通信技术[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(3): 85.
- ZHAO Chenyang, WANG Lide, JIAN Jie, et al. Research on Ethernet high-speed communication technology based on TRDP[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(3): 85.
- 收稿日期:2023-11-02 修回日期:2023-12-30 出版日期:2024-05-10
Received:2023-11-02 Revised:2023-12-30 Published:2024-05-10
· 通信作者: 齐玉玲, 高级工程师, qiyuling_crrc@163.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 178 页)

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要[J]. 城市轨道交通, 2020(4): 8.
- China Association of Metros. Outline of smart urban rail transit development in China[J]. China Metros, 2020(4): 8.
- [2] 李广斌. 城市轨道交通车辆与信号系统一体化设计研究[J]. 城市轨道交通研究, 2016, 19(增刊2): 27.
- LI Guangbin. Research on integrated design of urban rail transit vehicle and signal system[J]. Urban Mass Transit, 2016, 19(S2): 27.
- [3] 邱宝光, 刘波, 赫宏联, 等. 现代有轨电车车辆与信号一体化研究[J]. 中国铁路, 2013(11): 76.
- QIU Baoguang, LIU Bo, HE Honglian, et al. Research on the integration of modern trams and signals[J]. Chinese Railways, 2013(11): 76.
- 收稿日期:2023-11-10 修回日期:2023-12-29 出版日期:2024-05-10
Received:2023-11-10 Revised:2023-12-29 Published:2024-05-10
· 通信作者: 林业, 高级工程师, y_lin2006@126.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 183 页)

- HE Liqiang, YE Xinming. Design and implementation of conformance testing environment[J]. Computer Engineering, 2001, 27(8): 27.
- Received:2023-12-05 Revised:2024-01-05 Published:2024-05-10
- 第一作者: 吕红强, 正高级工程师, lhq_125@163.com
通信作者: 雷宇晴, 高级工程师, 279516691@qq.com
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

欢迎投稿《城市轨道交通研究》

投稿网址: tougao. umt1998. com