

地铁列车三取二逻辑控制单元CAN通信智能监测 软件设计

何 晔¹ 陈 健¹ 杨 楠² 陈 翔¹ 郑少彬¹

(1.广州地铁集团有限公司 广东 广州 510310 2.成都运达科技股份有限公司 四川 成都 611731)

摘 要 针对列车三取二逻辑控制单元产品采用控制器局域网络进行内部、外部通信,产生大量通信过程数据的情况,分析了CAN总线质量对通信数据可能造成的干扰,提出一种更高效的CAN通信智能监测方法。目前经过测试,该三取二LCU系统已示范应用于广州市轨道交通二十一号线两列车,应用情况良好。

关键词 城轨列车;三取二逻辑控制单元;CAN通信数据测试技术;机器学习

DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2020.27.057

0 引言

城轨列车三取二LCU为实时同步控制系统,各模块间通过控制器局域网络(CAN)进行数据共享,这些数据的通信质量直接关系到LCU系统运行的正确性和稳定性。LCU的存储模块,由于存储空间限制,只能记录LCU输入、输出、故障等关键数据,不能对系统整体协议做出符合性检测。人工分析虽然能够在明确目标时针对性找出错误,但针对海量报文会耗费大量人力和时间。同时,LCU在不同配置下会产生不同报文,人工分析不具备经济可行性。软件应能自动、实时监测通信报文,识别出与协议不符的报文、错包、重包、乱序、篡改等错误,解决人工分析重复性、准确性、适应性差、效率低等问题。

1 通信架构与CAN通信报文设计思想

三取二LCU包含三类通信总线:级联CAN总线、组间CAN总线、组内CAN总线。级联CAN总线用于多个LCU间数据通信;组间CAN总线用于单台LCU内部主控板、IO板、CAN板、MVB板不同功能板卡间数据通信;组内CAN总线用于LCU同组功能板卡间通信。

为防止通信报文在通信过程中发生重复、删除、插入、重排序、损坏、延时错误,影响LCU功能和性能,三取二LCU级联CAN、组间CAN、组内CAN通信协议均采用了序列号、报文校验、超时识别等防护措施。

2 通信智能监测软件架构

三取二LCU CAN通信智能监测软件按功能分为通信报文采集处理模块、通信报文智能分析模块、UI模块。配合软件工作的外部设备还包括CAN通信终端。

2.1 通信报文采集处理模块

2.1.1 功能

智能监测软件可以连接三取二LCU级联CAN总线、组间CAN总线、组内CAN总线,智能识别和关联相应CAN总线。连接CAN通信终端后,智能监测软件根据配置数据,自动采集相应报文,并将采集的报文按照采集到的时间先后顺序存储,供智能分析模块分析。

2.1.2 结构

通信报文采集处理模块分为CAN报文采集、CAN报文存

储。CAN报文采集通过连接到CAN总线的CAN通信终端接收CAN报文,并为CAN报文打时间戳。CAN报文存储将CAN报文ID、报文数据、报文时间戳存储到数据库。

2.2 通信报文智能分析模块

2.2.1 功能

三取二LCU根据应用场景不同,其配置的IO板组数存在差异,不同配置的LCU在级联CAN、组间CAN、组内CAN的通信报文的时间间隔、报文ID、报文数据量会产生较大差异。三取二LCU CAN通信智能监测软件通过智能学习,以CAN通信协议为基准,从LCU被测CAN总线采集的训练报文样本为输入,智能生成CAN总线通信模型,比如各报文期望间隔、数据期望内容等,供对应LCU的该CAN总线通信海量数据分析使用。

离线分析:先将采集的通信报文存储起来,智能分析系统不与LCU联机的情况下,分析存储的通信报文。离线模式常用于LCU在地铁车辆运行、环境试验等不方便实时监控的时候。

2.2.2 智能学习模块

智能学习模块通过逐条提取CAN报文学习样本中的CAN ID加数据内容,去除重复部分后,将该条CAN报文ID与CAN通信协议中的ID对比,当ID合法时,产生CAN通信期望周期,并将CAN ID、数据内容、期望周期输出至智能监测模块数据期望区。当ID非法时,向UI模块输出错误。如此循环,直至完成CAN总线报文学习样本解析。

2.2.3 数据分析模块

当数据分析模块接收到来自智能学习模块的允许运行通知及开始分析指令后,开始从最旧一个待分析CAN总线数据存储文件进行分析。分析开始后,首先进行本文件异常ID剔除。对比来自智能学习模块输出的数据期望区期望CAN ID与待分析文件所有CAN ID,如果发现不一致,则将存在不一致的CAN ID报文全部内容输出至UI模块。

2.3 UI模块

监测结果输出用于持续监测数据分析模块是否有异常数据报告,这些报告包括:样本中存在非法ID、被分析文件中CAN ID与期望不一致、被分析文件中数据内容与期望不一致、被分析文件中数据周期与期望不一致等。同时报文CAN ID、接收时间、数据区数据内容将作为唯一特征被一并记录。这些数据将被实时显示、刷新,并记录在一个日志文件中,以备后续数据异常原因排查。

3 三取二LCU CAN通信智能监测软件对通信异常验证测试

根据对CAN通信波形分析,如图1所示,箭头处CAN通信差分信号在高电平期间应持续为1,但波形产生了畸变。该帧CAN报文由于数据区与校验区不一致,导致CRC校验错误,产生重发或丢帧现象。

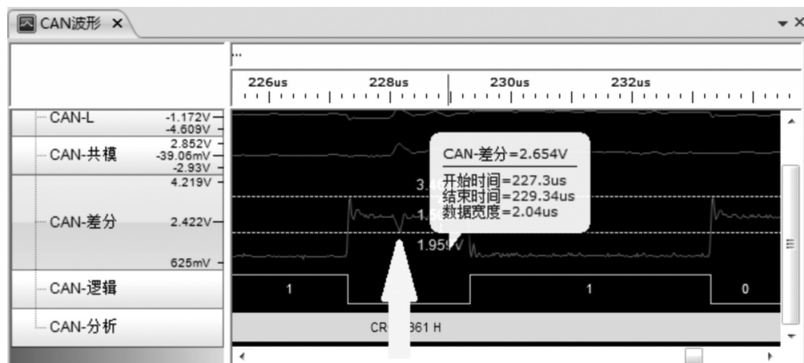


图1 CAN通信波形受干扰

类似地,下方CRC校验因波形异常影响采样点,导致校验失败。同样在监测时发现CAN报文丢帧现象。CAN通信波形异常导致的错误,会体现在通信成功率上,若造成校验错误,可能导致CAN通信丢帧。当CAN通信接收终端采样点处受到的干扰在同一帧报文多个波形处达到一定数量和幅度时,该帧CAN报文可能由于数据区与校验区同时受干扰,导致CRC校验异常通过,将产生CAN报文数据跳变,通过监测软件测试,该异常表现为报文数据异常。

对报文数据异常的设备进行眼图测试,发现CAN通信上升沿、下降沿散乱,影响采样点,其表现为CAN通信波形眼图不收敛,长时间监测仍然离散形态。在较高总线负载下,易导

致CAN通信丢帧、数据跳变等问题。

眼图不收敛的现象经过充分调测,CAN通信波形眼图可表现为清晰、收敛。相同环境下运行测试,其长时间监测丢包率等于0。同时通过智能监测软件再次测试,丢帧、数据跳变现象不再出现。

4 结语

本文针对城轨列车三取二LCU提出一种更高效、更准确的CAN数据监测分析方法——基于软件智能学习的CAN通信智能监测软件。通过学习、提取样本报文,实现快速、低成本的对CAN通信报文的监测,提升了三取二LCU在单板测试、集成测试、装车联调、初期运营等不同运用、调测阶段定位和排除CAN通信问题的效率。

[参考文献]

- [1] 郑玄,何晔,苏钊颐,等.城轨列车三取二逻辑控制单元设计[J].电力机车与城轨车辆,2019,42(6):21-23.
- [2] 吕强.地铁列车LCU系统技术发展与应用[J].科技创新导报,2016,13(28):1-2.
- [3] 王肃伏.地铁车辆无触点逻辑控制单元的研制[J].中国铁路,2014(8):109-112.

收稿日期 2020-08-03

作者简介:何晔(1964—),男,广东广州人,教授级高工,研究方向:城市轨道交通车辆技术。

(上接第107页)

- (3)一个红灯警示灯;
- (4)一个绿灯安全灯;
- (5)用灯带画出的安全区域。

2.3 硬件设计

EEPROM存储当前车库位置,38 kHz红外信号发生器,PWM产生,反射式;发送、接收头做到一块电路板上,VCC、GND、PWM、IR与主板连接,PWM加两个限流电阻,IR连接P32、P33外部中断;用12 V 2811芯片灯带,系统用12 V开关电源供电,单片机用5 V供电。

2.4 停取车电控流程

(1)在确保棘爪和棘轮脱离的前提下,先按取、停车键7,响铃回应输入,同时数码显示器显示“----”,等待输入车库编号(还有空位的车库编号或需要取的车所在车库的编号1~6)。

(2)输入后,显示该车库编号,如果输入错误,直接再输入即可,按8确定输入的车库编号,红灯闪亮,区域红灯闪亮,蜂鸣器连续报警音,2 s后检测红外安全区域有无遮挡,有遮挡持续等待,没有遮挡可按就近原则(顺时针或逆时针)旋转车库,如果意外遮挡立即停止旋转,直到遮挡解除才继续旋转,使输入编号的车库停到最低位置,停稳后,区域灯带转换为绿灯,蜂鸣器停止,显示当前车库编号。如果取车,此时可将车取

走,如果停车,当前车库有空位,即可将车停入车库。

3 结语

该优化设计的停车装置不仅在结构工艺性上更加完善,而且在停取车的安全性上也有很大的提高,能够更好地融合自然环境以利用合理的占地空间去停放更多的车辆,为解决小区、街道等自行车乱停乱放问题提供了一种可行的方案。

[参考文献]

- [1] 王龙飞.基于Pro/E的自行车停车装置设计与分析[J].轻工科技,2019,35(3):48-49.
- [2] 王琳,刘军.用于爬楼小车的端面棘轮机构的设计与性能研究[J].机械制造与自动化,2015(3):113-115.
- [3] 成大先.机械设计手册[M].5版.北京:化学工业出版社,2008.

收稿日期 2020-07-06

作者简介:谭嘉(2000—),男,湖南衡阳人,研究方向:机械设计制造及其自动化。

通信作者:吴启舟(1989—),男,湖南湘西人,讲师,从事机械工程方面的科研与教学工作。