

文章编号: 1674—8247(2023)04—0045—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2023.04.009

TDCS/CTC 系统通道状态检测技术研究

黄宗庆

(中国铁路南宁局集团有限公司, 南宁 530029)

摘 要: 目前针对 TDCS/CTC 系统通道维护手段的研究还停留在常见故障分析阶段, 缺乏专业的通道智能检测技术。本文提出一种实现 TDCS/CTC、集中监测系统 etc 常用通信接口全兼容、常用通信协议全兼容、通道状态检测及故障分析定位的便携式通道检测系统。该系统吸收了国内外通道状态研究的先进经验, 并从多方面进行原始创新, 在 1 台便携设备上实现了 2M 电通道、光纤通道数据分析、仿真测试等功能, 为电务人员现场处理故障提供了便利。

关键词: 通道智能检测; 通信协议; 兼容性

中图分类号: U284.51 **文献标志码:** A

A Study on Channel State Detection Technology in TDCS/CTC System

HUANG Zongqing

(China Railway Nanning Group Co., Ltd., Nanning 530029, China)

45

Abstract: Currently, the research regarding channel maintenance methods for train dispatching command system and centralized traffic control (TDCS/CTC) systems is primarily focused on common fault analysis, lacking dedicated intelligent detection technology for channels. The paper proposes for TDCS/CTC and centralized monitoring systems a portable channel detection system that ensures full compatibility with widely used communication interfaces and commonly employed communication protocols while providing capabilities for channel status detection, fault analysis and localization. This system incorporates advanced insights from both domestic and foreign studies on channel states and introduces original innovations across multiple domains. One notable achievement is the realization of data analysis and simulation testing for 2M electrical channels and fiber optic channels on a portable device. This advancement offers significant convenience to field personnel in addressing channel faults.

Key words: intelligent channel detection; communication protocol; compatibility

TDCS/CTC 系统是目前交通管理和运输中最为先进、功能全面的调度系统, 也是全部采用网络和信息技术的新型管理系统^[1]。该系统在应用中有着诸多优势, 但也存在一定的问题, 如一旦通道出现信号传输问题, 整个系统将无法运行, 甚至会导致整个交

通运行网络故障^[2]。网络运行过程中故障众多, 准确判断故障类型, 推测故障产生的根本原因, 才能准确快速予以排除。因此, 在日常的工作中加强网络维护是十分必要的。

目前国内外对 TDCS/CTC 系统通道维护手段的

收稿日期: 2023-02-07

作者简介: 黄宗庆(1986-), 男, 工程师。

引文格式: 黄宗庆. TDCS/CTC 系统通道状态检测技术研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(4): 45-49.

HUANG Zongqing. A Study on Channel State Detection Technology in TDCS/CTC System [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(4): 45-49.

研究还停留在常见故障分析阶段,缺乏针对专业通道智能检测手段的研究。TDCS/CTC 的业务通道维护依赖具备资深经验的职工通过工具进行检测和分析^[3],存在现场故障排查、通道维护工作难度较大,专业性要求高,能够熟练独立完成维护工作的职工数量有限,维护工作消耗工时较高等问题。本文对 TDCS/CTC 系统通道检测技术进行深入研究,形成一套智能化、兼容性强的便携式通道检测系统,从而提升传输通道故障维护水平,提高传输通道故障排查效率和分析能力。

1 研究现状

各铁路局通信业务系统更新不同步,造成段/站需要维护多种传输类型的通道,部分区段 2M 通道和光通道共存,中间存在多次光/电转换^[4]。一旦通道出现故障,很难及时发现和定位故障点。同时,通道故障涵盖接口故障、设备故障、协议不匹配、通道带宽资源被占用等众多原因,仅排查通信物理层故障很难准确定位故障源。2M 通道受车站机房复杂的电磁环境影响,会表现出无规律的通道故障现象,由于无法精准测量 G. 703 接口信号的最大电压、最小电压、信号强度,导致无法量化电磁干扰的影响程度,无法精准定位电磁干扰源。

2 主要研究内容

本项目旨在为 TDCS/CTC 系统网络通道维护提供一种智能化、多功能、全兼容的检测技术和设备。研究针对上述系统通道介质、协议及接口情况,聚焦 G. 703 通道和光纤通道状态智能检测技术,并将相关功能在小型可移动便携设备上实现,主要研究内容包括:

- (1)G. 703 接口波形绘制:实现对传输通道内的实时脉冲及干扰数据测量显示。
- (2)数据链路层数据监测:实现该层不同协议 (PPP、ETHERNET) 下对传输电路通信质量的实时在线监测。
- (3)ICMP 仿真通信:通过仿真数据链路层协议 (PPP、ETHERNET) 实现与网络设备间的 PING 通信功能。
- (4)网络流量监控分析:基于 TCP/IP 协议实现传输电路通道内数据流量的全面监控分析。
- (5)2M 线缆误码测试:物理层检测传输介质的损耗质量及衰减情况,以比特差错形式提供信息查看。
- (6)多功能数字仪表特性:通过对精确的电气数

据测量判断测量通道、传输介质、接口、接地环路等物理特性是否正常。

3 方案设计

3.1 系统概况

便携式通道状态智能检测系统是一款支持多接口、多协议的通道检测技术装备,该系统具备脉冲信号分析、通道质量分析、通道带宽占用分析、链路层协议仿真等功能。实现 TDCS/CTC、集中监测系统 etc 常用通信接口全兼容,常用通信协议全兼容,通道状态检测及故障分析定位操作简单等功能^[5]。该系统总体技术架构如图 1 所示。

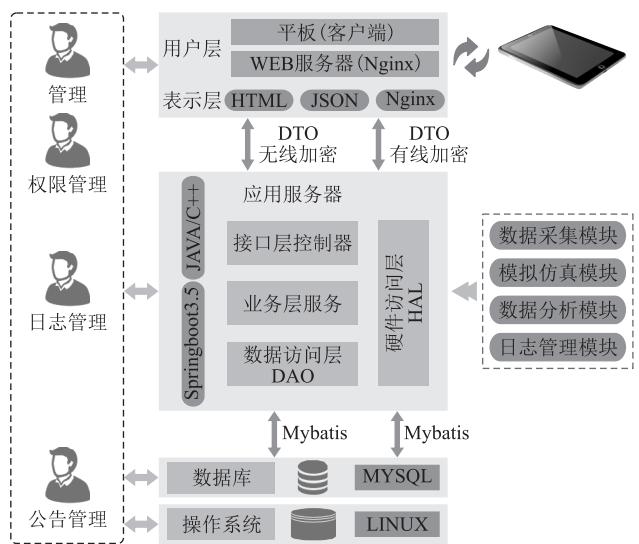


图 1 总体技术架构图

系统总体架构按功能划分为数据采集、模拟仿真、数据分析、日志管理等模块;系统根据功能特点与业务需求采用基于 WEB 的 B/S 架构模式,项目基于 JAVA 代码实现,可以运行于 LINUX 平台。

从架构图中可以看出系统分为 6 层:

- (1)用户层:用户层作为客户端程序,用来与用户交互,并把来自系统的信息显示给用户。系统的用户层使用平板作为交互方式。
- (2)表示层:借助 HTML 框架和 JSON 数据实现。表示层主要控制页面外观,产生界面逻辑以及对用户的数据进行合法性验证。
- (3)接口层:支持 G703、RJ48 和光纤 FE (LC 接口和 FC 接口) 等类型接口,满足多种类型接口的适配,从而实现采集设备的集成和系统性能的扩展。
- (4)业务层:借助 JAVA 和 C++ 语言进行业务流程开发。业务层处理用核心业务逻辑。业务逻辑对

象把业务、规则、约束、活动和数据结合在一起,控制器负责这些业务对象的管理。

(5) 数据访问层: Mybatis 模型操作数据库。数据访问对象把底层的数据访问操作和上层的业务逻辑分开。

(6) 硬件访问层: 硬件驱动分别实现对业务通道的接入和业务数据的采集。

3.2 软件设计

系统软件架构分为采集模块、监测模块、分析模块、仿真模块、控制模块、存储模块和显示模块,如图 2 所示。

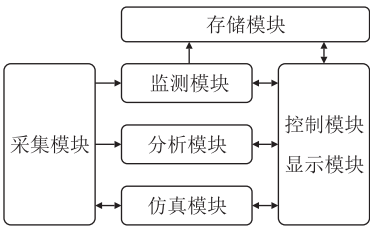


图 2 系统架构拓扑图

(1) 采集模块: 用于控制 G. 703 接口采集板卡、FE 接口采集板卡、模拟量采集板卡。将不同介质采集板卡采集到的信息进行处理。采集模块的数据通过 PCIE 总线进行传输。

(2) 监测模块: 用于在线监测 2M 通道波形数据。对模块采集到的数据进行高速实时处理,转化为波形图像数据交给控制模块和显示模块。

(3) 分析模块: 用于对 G. 703 通道、FE 通道数据进行在线监测,通过对传输层、数据链路层协议的解析,监测通道帧数、包数、误码及中断等信息,并可对不同 IP、端口、会话的流量及带宽占用率进行分析。

(4) 仿真模块: 用于仿真数据链路层协议,通过对该层协议的解析,自动检测对端路由 IP 地址,并匹配本端 IP 地址,模拟路由器进行 PING 包、打环测试。

(5) 控制模块: 用于系统本身资源的调度,控制各模块运行,通过 PCIE 总线及串口通信方式与各模块之间进行通信。同时将数据传输给存储模块,用作历史记录存储。

(6) 显示模块: 用于人机界面沟通。将各项功能以良好的人机交互方式进行直观展示。

(7) 存储模块: 用于监测数据及各项测试记录的存储。

3.3 硬件设计

方案设计系统硬件平台采用 X86 结构,主板内置 PCIE 扩展接口,产品设计支持不同传输介质监测方

法、兼容在线、离线两种模式下的通道诊断。功能方面包含 G. 703 波形实时测量、E1 数据流实时分析、电信号强度测试、光信号光功率测试、同轴电缆质量测试、ICMP 仿真测试、TCP/UDP 流量占用分析。便携式通道分析诊断设备由主控板、4 口 2M 采集板、4 口光纤 FE 采集板、模拟信号采集板、数字万用表板卡组成,系统支持 2M 同轴和百兆/千兆光纤通道测试,具备良好的可扩展性。便携式通道分析诊断单元结构如图 3 所示。

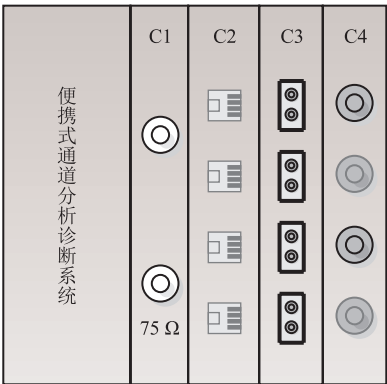


图 3 便携式通道分析诊断单元结构图

便携式通道状态检测系统由不同介质采集单元、数据存储单元、接口监测单元、无线通信控制单元及手持管理单元组成;各介质板卡间通过 PCIE 总线实现与 CPU 系统的独立通信,主控板采用 PCIE 总线与模拟信号采集板、2M 采集板、光纤采集板、数字万用表板卡通信,然后通过网络私有加密通信方式与手持管理单元连接,其中数字万用表板卡与主控板之间采用串口方式通信,共同完成对诊断数据的综合分析处理。

3.4 系统功能

系统可实现以下功能:

(1) 支持 G. 703 通道和光纤通道端接和旁路监测,接入光学、电器特性符合 ITU-T 相关要求,实现 G. 703 接口波形、信号强度监测、E1 接口监测、光纤接口光功率监测。

(2) 支持通道链路层协议监测,实现 HDLC、PPP、ETHERNET 协议解析,误码、流量监测。

(3) 支持通道网络层/传输层协议、流量监测,实现 IP 协议解析,实现 TCP/UDP、ICMP 协议数据解析,实现流量排序。

(4) 支持 HDLC、PPP、ETHERNET 接口仿真,仿真接口兼容思科、华为、H3C 路由器,实现仿真接口 ICMP 测试,实现 ICMP 延时、丢包统计。

(5)支持历史数据存储,可在本地存储2个月的监测数据。

(6)分体式设计,采集单元和控制单元分立,两者之间使用特定加密无线通信,无障碍环境下有效通信距离最大支持5m。

3.5 功能实现逻辑

3.5.1 E1通道信号强度及干扰测试功能

通过高阻跨接单元,将在线传输通道信号以并联方式、以极小的损耗接入分析维护单元2M采集板卡。高阻跨接单元通过二极管等无源器件,隔绝采集板卡信号对传输通道的干扰。跨接波形测试连接如图4所示。

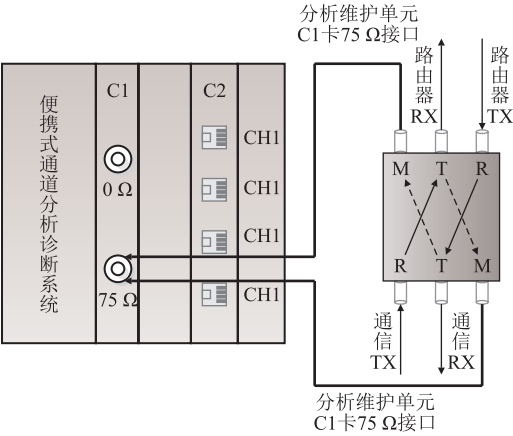


图4 跨接波形测试连接图

采集板卡内置高频高灵敏度模拟量采集器,可将高频率采集到的数据(采样频率可调)实时传送给数据分析单元,经过数据分析单元的处理,将通道内信号形成图像,实时传输给控制终端进行展示。

通过控制终端的“E1信号分析”功能,可实时查看链路脉冲波形变化及信号强度,如图5所示。

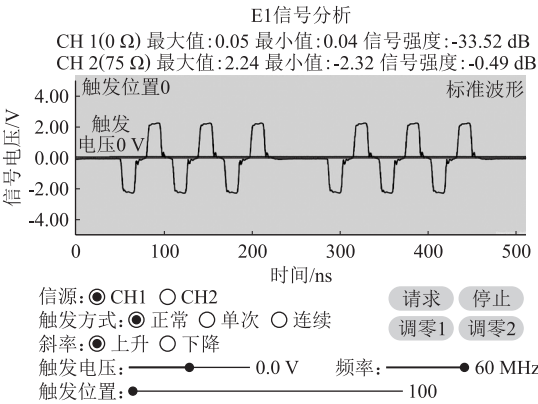


图5 E1信号分析界面图

3.5.2 E1通道误码、流量测试

通过高阻跨接单元,将在线传输通道信号以并联方式接入分析维护单元2M采集板卡。高阻跨接单元对通道内信号及数据基本无影响,不会中断通道业务运行。将2M板卡采集到的数据传输给数据处理模块,通过传输层数据解析技术,可实现E1传输通道错误帧、超长帧、超短帧、通道利用率、波特率实时在线监测,对传输通道运行状态及传输质量实现在线诊断。历史流量曲线如图6所示。

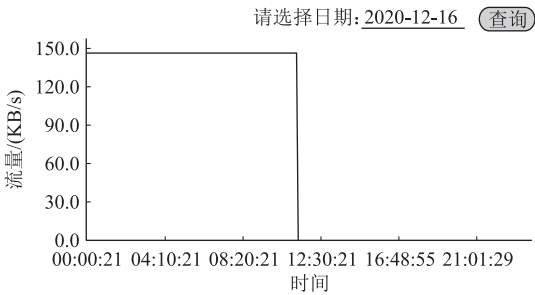


图6 历史流量曲线图

3.5.3 光通道实时数据及光功率测试

利用分光器模块,可以以极小的光衰损耗,将光通道信号接入分析维护单元的FE采集板卡。

板卡上搭载的光模块具有光功率采集功能,可将采集到的光信号转化为数字信号传输给数据处理模块;通过传输层数据解析技术,可实时监测通道传输质量及光信号强度,掌握传输通道健康状况。

3.5.4 流量异常分析

当通道出现堵塞或流量过大现象时,传输通道会出现丢包或中断,此类问题查找比较耗时且不易立即发现。通过高阻跨接单元或分光器,将传输通道数据以接近无损的方式接入2M/FE采集板卡,采集板卡将信息传输给数据处理模块。通过传输链路层协议解析功能,便携式通道状态智能检测系统可实现异常流量实时分析,通过对线路传输数据中的主机会话进行统计排名,查看占用带宽较大的端口服务。

3.5.5 近/远端网络设备测试

将传输通道断开后,直接接入FE采集板卡或2M采集板卡,板卡将通道内信号传输给数据处理单元,利用模拟链路层技术,模拟PPP或HDLC协议进行PING包测试,可检测网络传输过程中链路的稳定性和健壮性。

3.6 安全设计

3.6.1 保障被测试设备安全

(1)接入通道测试

设备通过E1或光通道跨接单元并联接入既有通道,只被动接收数据。E1通道跨接单元对既有信号强

度损耗极低,不足1%。光通道跨接单元采用光学原理,通过折射,获取部分光信号,不会对既有通道产生影响。

(2) 断开通道测试

设备与远端或近端路由建立协商关系,测试数据只有 ICMP 协议数据,不会对既有设备产生影响。

3.6.2 数据通信安全

(1) 便携式通道状态检测单元(服务端)和手持管理单元(客户端)间通过 HTTPS 加密方式进行数据通信,接口通信格式数据私有定义,双方持有对方的公钥,发送数据时用对方的公钥加密,对方可用自己的私钥解密,从而实现通信安全。

(2) 在线监测过程中,默认配置寄存器失能发送,各个采集卡处于被动接收状态,保证不向被监测通道发送任何数据。

4 系统创新

4.1 结构创新

系统根据功能特点与业务需求采用基于 WEB 的 B/S 架构模式,围绕用户需求,采用层层递进方式,将数据采集、模拟仿真、数据分析、日常管理等功能统一,形成功能强大、易于操作的系统平台。

4.2 设计创新

系统软件采用模块化设计方式,将不同的功能需求模块化,在满足总体需求的前提下,实现各项功能的相对独立,为后续功能扩展提供有利条件;硬件方面采用不同介质采集单元、数据存储单元、接口监测单元、无线通信控制单元及手持管理单元等部件组织,实现单一设备满足不同类型通道检测的需求,能够对 2M 通道、光纤通道实现全面检测。

4.3 功能创新

(1) E1 信号全面分析

系统通过对脉冲信号波形、信号干扰及信号强度的检测,快速了解传输通道状况,辅助分析故障原因。支持 G. 703 接口信号的精准测量,支持单次请求和连续请求,可持续输出通道内的脉冲信号波形。

(2) 通道协议仿真

传输通道出现故障,准确定位故障源至关重要。系统支持光通道和 2M 通道的 PPP、HDLC 接口仿真,仿真接口兼容思科、华为、H3C 路由器,实现仿真接口 ICMP 测试,实现 ICMP 延时统计。通过仿真路由协议,模拟链路层协议进行 PING 包测试,实现通道故障疑似点逐个排除,精确定位故障源。

(3) APM 网络监控

通过设定抓包机制,如设置源目的 IP、协议、端口号等元素进行数据包筛选,实时监控通道流量变化。通过对筛选出的数据包进行分析,对一些可能存在的 ARP 恶意攻击、路由协议运行中出现的不安全变化、链路不稳定导致的邻居震荡、通带带宽占用的波动情况、ICMP 消息类型的变化等现象进行严密监控,及时发现影响通道的危险因素,把一些存在可疑的 IP 及时暴露出来,保证传输通道的健壮性。

5 结束语

TDCS/CTC 便携式通道检测系统基于 WEB 的 B/S 架构模式,围绕用户需求,软件方面采用模块化设计,硬件方面配置了全类型通道转接兼容元件,适配性强,满足了现场使用单一设备对不同类型通道检测的需求。该检测系统同时配置光通道、电通道两种检测仪器,具备较大的价格及使用优势,且能提供更加精确、全面的检测数据,兼顾智能分析、模拟仿真功能,能快速定位故障点,极大地提高电务人员处理 TDCS/CTC 通道故障的能效,特别是提高对疑难病症的检测几率,大幅压缩设备故障处置时间,深受现场设备管理维护单位的欢迎,具有较大的推广价值和较好的经济社会效益。

参考文献:

- [1] 余红梅. 我国铁路 CTC 系统的应用现状研究分析[J]. 高速铁路技术, 2014, 5(3): 5-8.
YU Hongmei. Research and Analysis on Railway CTC System Application Status[J]. High Speed Railway Technology, 2014, 5(3): 5-8.
- [2] 陈丕志. TDCS/CTC 系统通道典型问题分析[J]. 硅谷, 2013(18): 45.
CHEN Pizhi. Analysis of Typical Problems in TDCS/CTC System Channel[J]. Silicon Valley, 2013(18): 45.
- [3] 洪福庆. TDCS/CTC 设备典型故障案例分析与维护[J]. 铁道通信信号, 2015, 51(12): 48-50.
HONG Fuqing. Analysis and Maintenance of Typical Fault Cases of TDCS/CTC Equipment[J]. Railway Signalling & Communication, 2015, 51(12): 48-50.
- [4] TB/T 3471-2016 调度集中系统技术条件[S].
TB/T 3471-2016 Technical Conditions of Centralized Dispatching System[S].
- [5] 郑晓兴, 蒋耀东. 用于 CTC/TDCS 系统的运行维护管理系统[J]. 铁道通信信号, 2012, 48(4): 6-8.
ZHENG Xiaoxing, JIANG Yaodong. Operation and Maintenance Management System for CTC & TDCS System[J]. Railway Signalling & Communication, 2012, 48(4): 6-8.