

文章编号: 1005-8451 (2013) 01-0044-05

动车组车载信息实时传输方案研究

吕 赫

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘要: 本文以国内外车载信息实时数据传输及高负载大并发网络系统技术为基础, 提出了一种基于异步分时队列技术实现的高负载大并发网络系统技术方案, 该方案可以提高列车在高速运行下实时数据的稳定性。

关键词: 高负载网络; 异步分时队列; 数据处理

中图分类号: U66.2 : TP39 文献标识码: A

Research on scheme of EMUs vehicle information real-time transmission

LV He

(Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The paper summarized the real-time transmission technology of vehicle information and the concurrent network system technology of high load at home and abroad, put forward a technical project of concurrent network system of high load based on asynchronous time-sharing queue, promoted the stability of real-time data while the train was running at high speed.

Key words: high load network; asynchronous time-sharing queue; data processing

随着我国动车组上线运营数量的增加, 动车组调度运用和检修维护压力不断加大。综合运用动车组车载信息, 动态监控运行状态是实现远程技术的前提条件, 评估列车运行状态和检修质量由预防性检修向状态检修跨越。自 2007 年 4 月 18 日动车组大规模投入运行以来, 动车组车载信息作为调度、检修的重要依据和运行状况的第一手资料, 各车型车载信息无法充分为调度运用和检修维护服务, 动车组车载信息实时传输的需求十分急迫。

1 国内外现状及可行性分析

1.1 国外相关技术研究现状及发展趋势

国外一些发达国家在动车组车载信息实时传输及信息处理方面取得了大量的研究和应用成果。法国 TGV、德国 ICE、美国 AC6000CW、英国 IC125 型高速列车实现了全列车自动诊断, 各种监测信息通过无线方式实时地发送到调度中心和

维修中心, 可在地面下载机车的诊断数据, 实现远程监控。

在高速动车组调度运用方面, 法国国营铁路公司 (SNCF) 研制的 MGV 高速综合检测列车, 能在 300 km/h 速度下同时对接触网、通信信号、轨道等进行检测, 日本研制时速 275km 的高速综合检测列车可随时监视轨道及周边结构物的情况, 这些综合大型检测设备的监测信息通过网络传输到调度中心和维修中心, 为行车指挥和维修提供决策依据。日本新干线运营管理 (COSMOS) 将几乎所有与铁路运营有关的子系统都挂接在中央局域网上, 包括快速地震监测报警系统和环境监测系统, 构成网络化、系统化、信息化程度高的安全监测与预警系统, 其特点是建设了集防灾报警、调度集中、维修支持为一体的综合安全保障系统。通过这些系统的建设, 实现了动车组运行动态监控, 并为动车组检修提供了大量资料。

在高速动车组检修维护方面, 德国 ICE 动车组维修管理系统是当今世界上高速铁路运营维护的一个成功范例, 如图 1 所示。通过这套系统, ICE 动车组维修基地内所有与运用维修作业有关的设备人员与 ICE 动车组运行和故障情况充分配

收稿日期: 2012-11-12

基金项目: 铁道部科技研究开发计划 (2010J007-A-1)。

作者简介: 吕赫, 助理研究员。

合,工作效率大大提高,人员和车辆的安全得以充分保障。其系统的工作过程是:车载信息系统收集到故障信息(如车厢空调不能工作、车上通信光缆断裂等)后,通过无线传输方式,将故障信息传送到地面无线接收站,由此接入动车组维修基地信息中心内,同时维修作业的准备工作倒计时开始。动车组进入维修基地后,维修作业数据使动车组在库内按计划有序工作,1 h内完成动车组日常检查、整备及故障部件更换。

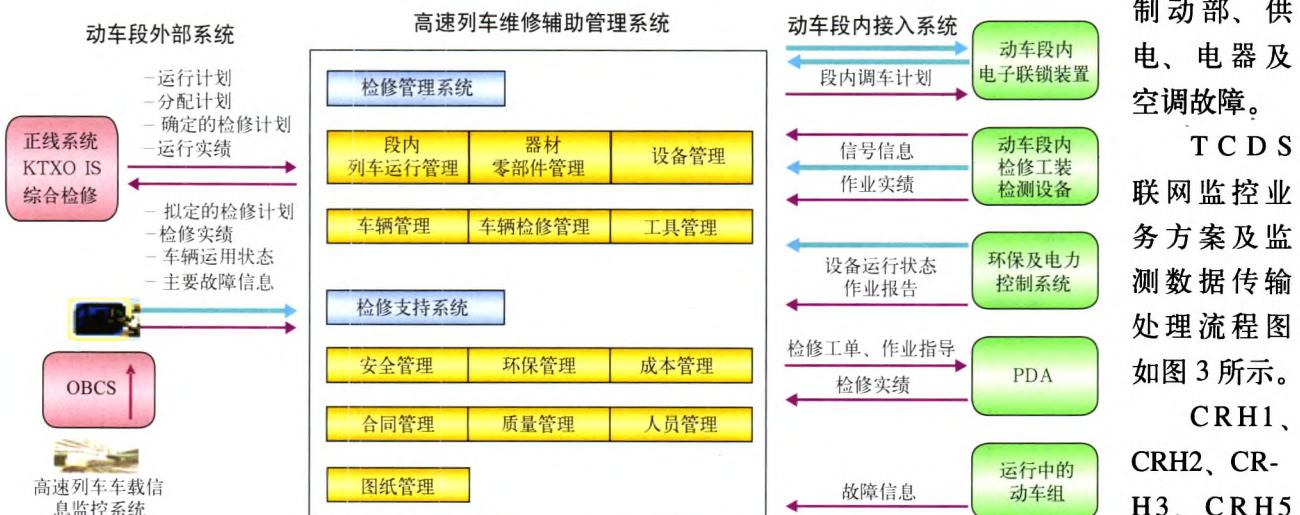


图1 德国动车组维修辅助管理软件结构图

法国TGV高速列车通过综合利用动车组车载信息来提高维修质量。维修辅助信息处理系统可与高速列车通信联络,采集和存储TGV列车运行中故障信息;以维修作业管理为主,提供待修列车清单、列车基地内位置、计划的维修作业范围、列车计划离段时间等信息。

韩国在引进法国TGV技术的基础上制造的KTX列车使用了车载计算机控制系统,网络传输系统把相关设备与安装在车内外的计算机连接起来,负责命令传输和列车状态检测。车载监测信息能在高速列车进入检修基地的走行过程中(速度低于5 km/h)自动无线传输到地面的信息处理中心,主要包括CMMS和Xm—RCM,如图2所示。其中,CMMS管理车辆履历、维修计划、维修作业和维修历史等,它是一套基于可靠性数据和专家知识的高速列车维修管理软件。

1.2 国内相关技术研究现状及发展趋势

国内的列车运行安全监控系统TCDS制定发布了统一规范的车地传输协议标准、相关设备技

术标准以及配套的设备维护管理办法,可兼容不同的车载监控设备以及25K、25G、25T等多个车型。

TCDS是运用车载总线及监控技术,使用GPRS、WLAN等车地通信技术,实时掌握运行状况,实现全程监控,切实保障运行安全的典范。其重点检测轴温、制动系统、转向架安全指标、火灾报警、客车供电、电器及空调系统运行安全状况,防范客车热轴事故,火灾事故,走行部、

制动部、供电、电器及空调故障。
TCDS联网监控业务方案及监测数据传输处理流程图如图3所示。
CRH1、CRH2、CRH3、CRH5型动车组,原型车都

有车载信息采集与存储系统,CRH1、CRH3、CRH5型动车组具备实时传输条件,目前这些数据已接入各主机厂,其中CRH1型车每20 min,CRH3型车每3 h,CRH5型车每3 h由主机厂向铁道部转发一次数据,CRH2型原型车需要使用IC卡人工拷贝车载数据。从整体来看,各型CRH动车组车载数据落地的数据内容、发送频率、通

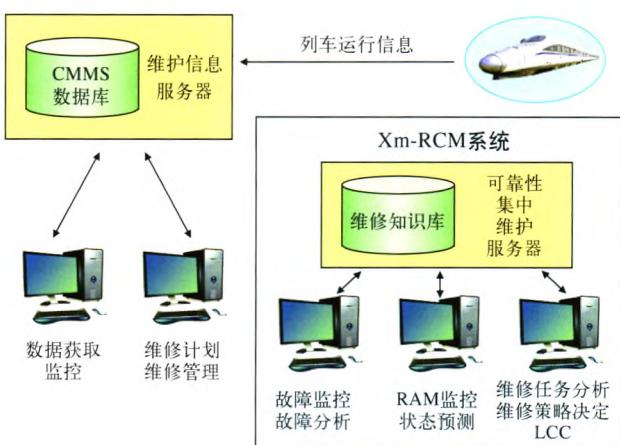


图2 韩国KTX高速列车基地维修管理系统构成

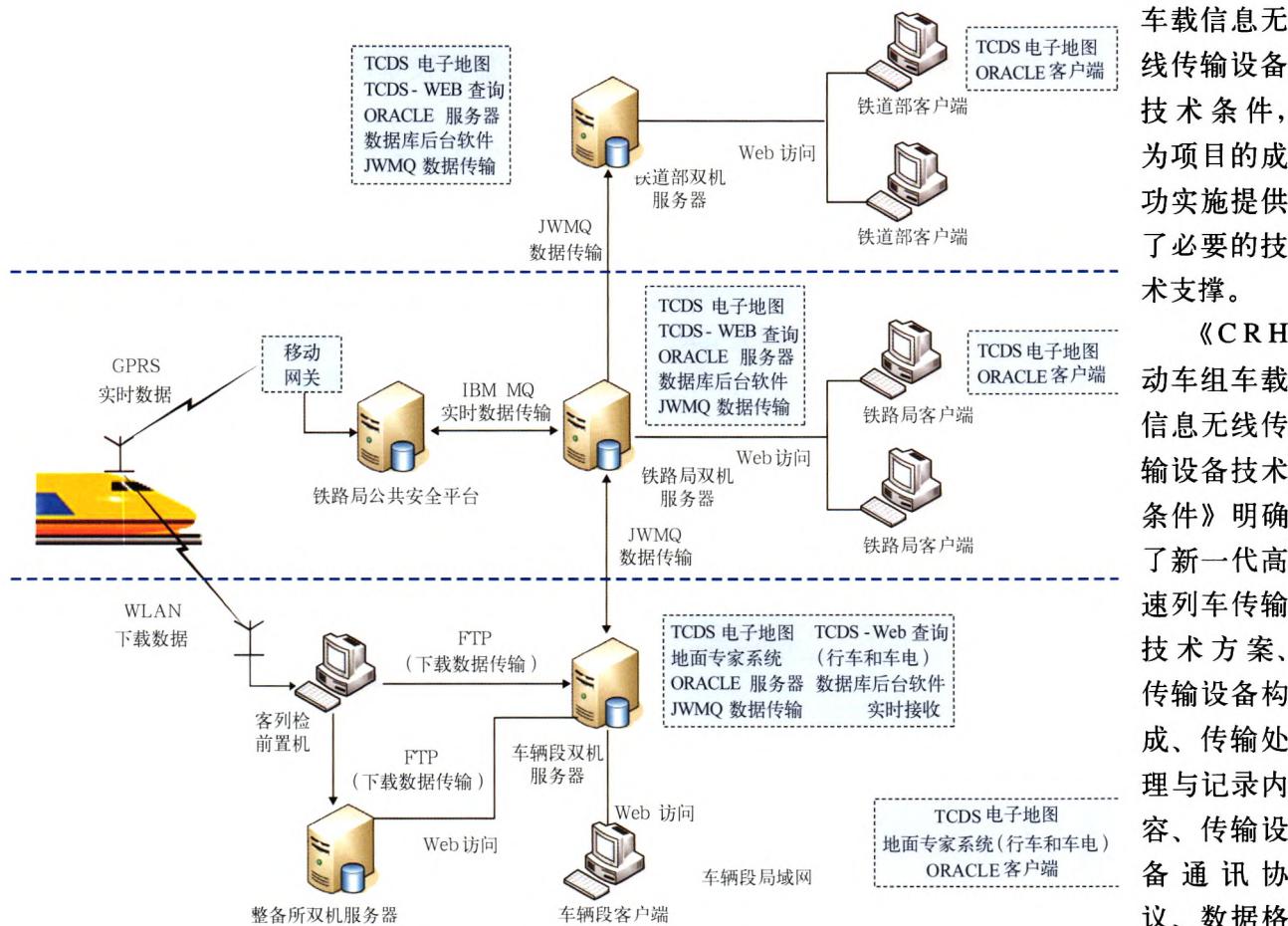


图3 TCDS联网监控业务及数据传输处理流程图

讯及存储手段各不相同,实时性差,未形成有效的联网条件,依靠人工维护稳定性较差,铁路相关部门对车载信息的使用也受到了很大的限制。

1.3 可行性分析

综合利用车载信息,及时掌握动车组运行状态,是实现故障应急指导的必要条件,是评估维护效果、提高检修效率的重要手段,各级领导的高度重视和动车组调度、检修部门现场应用的需求是该项目成功的基本保证。

自2009年6月起,为实现铁道部的“直观了解动车组运用状态、远程专家技术支持”车载信息地面综合应用目标,由多方单位通过研讨与协商,制定了传输应用方案、数据内容(实时运行数据、实时故障数据、非实时运用数据、实时设备状态自检数据)、典型事件、环境参数和故障字典等基本技术文件,在两方面取得了重大进展:(1)已具备传输条件的CRH1、CRH3、CRH5型动车组车载信息传输、处理、集成到动车组管理信息系统中。(2)研究制定了新一代CRH动车组

技术条件研制的车载信息无线传输设备(WTD)已在40列CRH2型300 km/h二阶段新造动车组开始陆续装车使用,目前已安装9组车;在京沪线运行的16辆长编组CRH3型动车组与新造CRH3型动车组也将按上述技术条件安装车载信息无线传输设备。车载信息地面接收软件已在郑西高速铁路上进行试验,系统可以完整展示每列动车车载故障及状态信息。上述这些工作的顺利开展,为车载信息的深入应用打下了坚实的基础。

综上所述,动车组车载信息地面综合信息采集处理技术虽然在国内起步较晚,但建设目标明确、组织保障有力、发展迅速,已经在技术条件制定、软件开发、信息综合应用等方面取得了较好的阶段成果。

2 列车高速移动状态下GPRS传输稳定性提高方法

列车在高速移动状态下,网络通信面临严重

车载信息无线传输设备技术条件,为项目的成功实施提供了必要的技术支撑。

《CRH动车组车载信息无线传输设备技术条件》明确了新一代高速列车传输技术方案、传输设备构成、传输处理与记录内容、传输设备通讯协议、数据格式等技术内容。按上述

的多普勒频移效应，会严重影响数据通信的稳定性和可靠性，导致大量丢包、网络连接异常中止、数据传输速率波动剧烈等问题。由于动车组的特殊性，需要地面系统能实时、连续地监督和控制列车速度，掌握车载网络系统诊断的各种故障、监控各主要部件运行参数，保证运行效率以及行车安全性。目前，TCP/IP 技术作为网络通信的基础技术手段，在数据通信中大量采用，但 TCP/IP 技术无法保证动车组数据传输的稳定性和可用性，需通过采用容错技术、高负载技术、数据处理技术等保证数据传输的可靠性提高数据处理效率。

高负载大并发网络系统技术主要有以下几种：

(1) 硬件 4 层交换技术

硬件 4 层交换技术，是一种基于硬件将业务流数据分离的技术。第 4 层交换使用第 3 层和第 4 层信息包的报头信息，根据应用区间识别业务流，将整个区间段的业务流分配到合适的应用服务器进行处理。第 4 层交换功能指向物理服务器，它传输的业务服从协议有 HTTP、FTP、NFS、Telnet 或其他协议。这些业务在物理服务器基础上，需要复杂的载量平衡算法。业务类型由终端 TCP 或 UDP 端口地址决定，在第 4 层交换中的应用区间则由源端和终端 IP 地址、TCP 和 UDP 端口共同决定。这种技术性能较高，但资金投入和后期维护成本较高，而且在实际使用中存在实现方式不灵活的弊端。

(2) 软件 4 层交换技术

软件 4 层交换技术是把 Internet 上的连接请求以反向代理的方式动态地转发给内部网络上的多台服务器进行处理，从而达到承担高负载的需要。软件 4 层交换技术与硬件 4 层交换机原理一致，不过性能稍差，但所需成本低，软件实现方式灵活。

GPRS 传输主要支持 TCP 和 UDP 两种运输层网络协议。在车地间数据通信中，TCP 是一种面向连接的通信协议，它提供的可靠数据传输服务确保了地面服务器可从其接收缓存中读出非损坏、非冗余和按序的数据流；UDP 是一种面向无连接的通信协议，在传输数据之前数据发送端和接收端不建立连接，无法确保数据的高可靠性并对所传输的数据进行优先级控制。同时，铁路移动信

息传输安全平台规定了公网 GPRS 传输必须采用 TCP 协议。但在动车组高速移动条件下，TCP 传输方式存在严重的不稳定性问题。为保证实时信息的可靠性和实时性，提高 GPRS 网络的利用效率，将对高速移动状态下 TCP 传输方式的稳定性展开深入研究，并在车地通信协议设计中提出解决方案：通过基站信号补强提高网络基础条件；通过发送地面故障信息确认包和应用层心跳包等多种手段，完善应用层通信协议设计，弥补网络条件的不足。

在保证数据安全性、及时性、准确性等技术的基础上，提出一种安全、可靠，基于异步分时队列技术实现的高负载大并发网络系统方案，保障了动车组在高速运行下实时数据的稳定传输。本方案的网络结构如图 4 所示。

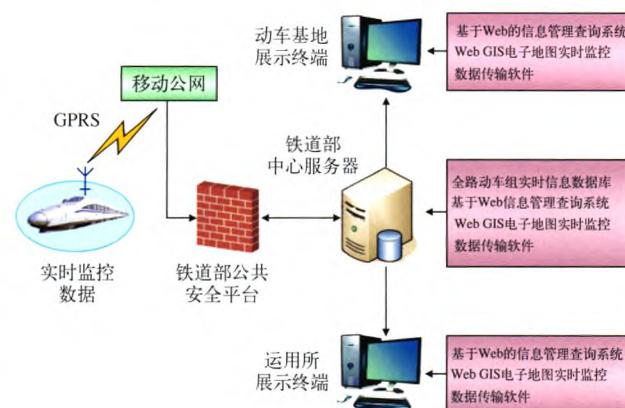


图4 实时数据传输方案网络结构图

本方案的实现方法步骤：(1) 地面系统主线程接收网络连接。(2) 注册到网络连接管理队列进行数据处理，同时主线程继续接收新的网络连接。(3) 在连接队列中获取数据包头部，根据业务对这些数据进行重定向。同时，网络连接与数据包处理分离成 2 个线程处理。(4) 对数据包进行解析，将需要回传给列车的信息根据车组号加入回传队列；根据车组号获取回传队列中上次回传数据的时间戳，若大于 1 min 则将心跳包数据加入回传队列；根据车组号获取网络连接队列中曾传输过该组列车数据的网络连接，将现有时间和网络连接队列中的时间戳比对，若大于 10 min，则清除该网络连接。(5) 根据数据包中的车组号信息，获取回传队列中待回传的数据；将待回传数据压缩，按照预先约定的协议组包；立即回传。

经过处理的数据包。

本方案通过基于异步通信交换方式,实现高负载高并发网络系统。采用被动处理信息的策略,有效的避免列车在通信不畅时对地面系统造成的阻塞和延迟,提高了数据传输效率和地面系统负载网络连接能力。

通过采用基于 hash 表技术和带有时间戳的队列技术,管理网络连接和待发送的信息,有效提高了数据传输的响应速度,降低了系统开发的复杂性,保证了地面系统的安全性、可靠性。

地面通信软件经过仿真和实际测试,能够稳定支持动车组在高速运行状态下的数据传输需要,并通过相关安全认证。该系统目前承担了 100 多组列车实时数据的传输,且运行稳定达到了实际应用的要求。

3 结束语

本文在总结国内外车载信息实时数据传输及高负载大并发网络系统技术的基础上,提出了一种基于异步分时队列技术实现的高负载大并发网络系统技术方案,提高了列车在高速运行下实时数据的稳定性。

参考文献:

- [1] 孙惠琴. GPRS 在动车组车载故障信息无线传输过程的应用 [J]. 铁路计算机应用, 2011, 10 (4): 44-46.
- [2] 贾志凯, 韩激扬, 吕赫. 动车组车载信息车地间数据传输协议集的设计 [J]. 铁路计算机应用, 2011, 5 (4): 20-24.

责任编辑 陈 蓉



▲ 工作人员对动车组进行检修作业