

基于自动任务模型的机车车载数据转储系统

邓志峰, 王 雨, 余志浩

(株洲中车时代软件技术有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要: 为满足机车车载数据转储安全、可靠、高效、智能的要求, 设计了一套具有视频剪辑功能并设置了文件优先级的机车车载数据智能转储系统, 详细介绍了其车载数据采集、任务管理、数据同步、车地转储和地面系统等功能。与传统转储方式相比, 该系统引入自动任务模型, 能灵活配置数据转储策略, 整个转储过程无需人工干预, 基于 UDP 设计的数据动态加密、断点续传及丢包重传机制, 使数据转储更安全、更高效。通过“神华号”机车现场验证结果显示, 各项功能均满足现场需求, 适合推广应用。

关键词: 机车车载数据采集; 任务管理; 数据同步; 数据转储; 地面系统

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 2096-5427(2018)03-0060-05

doi:10.13889/j.issn.2096-5427.2018.03.013

Locomotive On-board Data Dump System Based on Automatic Task Model

DENG Zhifeng, WANG Yu, YU Zhihao

(Zhuzhou CRRC Times Software Technology Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: In order to meet the requirements of safety, reliability, efficiency and intelligence of locomotive on-board data dump, an intelligent dump system with video clipping function and a set of file priority was designed, and its functions including on-board data acquisition, task management, data synchronization, dump and ground system were introduced in detail. Compared with the traditional dump model, the system adopts automatic task model, and can configure the data dump strategy flexibly. As a result, the whole dump process needs no manual intervention. Data dynamic encryption, breakpoint continuation and packet retransmission based on UDP were designed to make data dumps safer and more efficient. Field verification was carried out by Shenhua locomotive. The results show that all the functions have met the needs of the field and the system is suitable for large scale application.

Keywords: locomotive on-board data acquisition; task management; data synchronization; data dump; ground system

0 引言

机车车载数据是机车在运行过程中, 车载设备记录的运行状态、故障报警、事件记录等过程数据。机车每次返回站场, 都需把当次的车载数据转储到地面数据中心, 这些数据应用于机车整备、检修、事故分析等多个重要的生产和运用环节。机车车载数据具有以下特点:

(1) 数据孤岛——机车车载设备众多, 且由不同的厂商生产, 主要包括牵引、控制、制动、监控、列尾、走行部和音视频等系统, 车载设备各自记录自身的过程数据, 形成数据孤岛; (2) 接口众多——车载设备具有

各自的数据转储接口, 主要有 USB、以太网、串口等, 使用的转储工具也各不相同, 给现场数据转储带来许多准备工作; (3) 数据量大——车载数据通常以车次为单元进行分析处理, 一趟车次产生的数据量最大可达上千兆字节, 需要在较短的时间内完成数据转储; (4) 集中处理——每趟车次结束后, 需要把车载数据转储到地面数据中心, 进行集中处理。

传统的车载数据转储方式是在机车入库后, 工作人员登车逐一进行转储, 效率低下, 且容易出错, 不利于数据管控。“和谐号”系列机车通过中国机车远程监视与诊断 (China locomotive remote monitoring and diagnosis system, CMD) 系统实现了车载数据转储的信息化^[1], 但仍有大量人工操作工作, 智能化程度较低;

收稿日期: 2017-12-26

作者简介: 邓志峰 (1983-), 男, 工程师, 主要研究方向为机车信息化、智能化应用。

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFB1200400)

在非连续稳定网络条件下，可靠性和转储效率低，实用性不强。据此，结合当前主流的信息化、智能化技术，本文提出了一套车载数据智能转储系统，其能满足车载数据转储安全可靠、高效智能的要求，并在“神华号”机车进行了现场验证，实现了各项设计目标。

1 车载数据智能转储系统需求分析及构成

1.1 系统需求分析

机车车载数据智能转储系统需适应车载设备相对复杂的现状，且不能影响车载设备的正常运行，在确保行车安全的前提下^[2]，高效智能地将车载数据转储至地面数据中心。系统主要需求包括：（1）采集车载设备数据，消除数据孤岛；（2）采用统一的数据转储接口和转储工具，实现简统化；（3）实现高效转储，节省转储时间；（4）在转储过程中必须保证数据的完整性、一致性，且转储过程可追溯；（5）系统安全可靠，不影响车载设备其他功能，不影响行车安全；（6）系统简单易用，具备智能化，可在无人干预的情况下自动进行数据转储，且在转储出现异常时能将原因提示给用户。

1.2 系统构成

该机车车载数据智能转储系统由车载智能数据装置和地面系统组成。车载智能数据装置采集机车车载数据，通过无线网络（WIFI）与地面系统进行通信，地面系统将机车车载数据存储到地面数据中心。系统总体结构如图1所示。

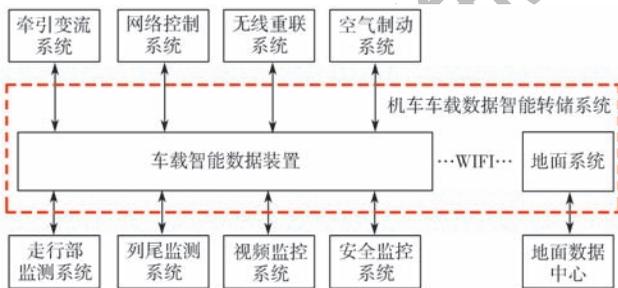


图1 车载数据智能转储系统总体结构

Fig.1 Architecture of the vehicle intelligent dump system

2 车载智能数据装置

车载智能数据装置采用模块化、集成化设计，扩展性好、可靠性高^[2]。其通过线缆与车载设备连接，通过WIFI与地面系统连接，实现数据采集、任务管理、数据同步、车地转储、智能提示及日志记录等功能。

2.1 装置构成

车载智能数据装置由电源板、设备接口板（USB、ETH、RS422、RS485接口）、智能控制板、存储板、无线通信板、定位板、显示屏和扬声器等组成^[3]。其中，电源板为车载智能数据装置提供电源；设备接口板分别与其他多个车载设备连接；智能控制板实现数据转储的智能控制；存储板用于转储数据副本存储；无线通信板实现与地面系统的网络连接；定位板实现机车定位；显示屏和扬声器共同组成智能人机接口。车载智能数据装置构成如图2所示。



图2 车载智能数据装置构成

Fig.2 Structure of the vehicle intelligent data device

2.2 主要功能

2.2.1 数据采集

车载智能数据装置通过不同的接口和通信协议与其他多个车载设备通信，采集机车信息和车载数据信息。机车信息包括车型、车号、车次、速度及经纬度等；车载数据信息包括车载设备识别码、文件列表（车载数据以文件形式存储和传输）、文件大小及时间戳等。

2.2.2 任务管理

根据用户数据转储业务规则，车载智能数据装置建立对应的任务模型，自动管理数据转储任务^[4]。本文使用增量数据自动转储模型来创建和管理任务，数据同步任务和车地转储任务同时执行，其任务管理流程如图3所示。

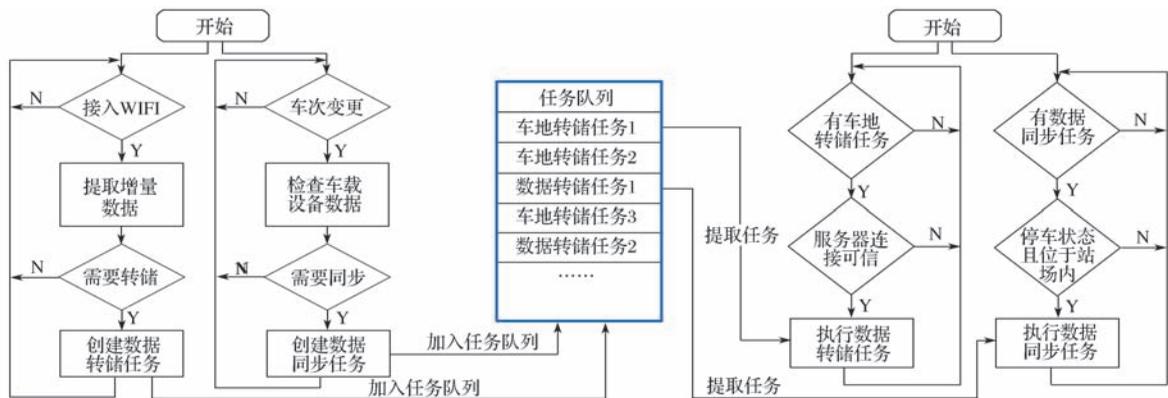


图3 任务管理流程

Fig.3 Task management flow chart

2.2.3 数据同步

数据同步是将车载数据同步到车载智能数据装置,并确保数据完整性和一致性。车载数据的特点决定了其同步机制本质上是一种分布式异构数据同步机制,不需要各副本数据实时一致,只要能保证数据及时到达即可^[5]。为了保护车载设备原始数据,确保数据源头准确性,车载智能数据装置不修改、不删除车载设备上的数据,只同步其副本,其余操作都在副本上进行。数据同步功能由车载智能数据装置触发,车载设备被动同步,以降低车载设备 CPU 和内存占用率,减轻因变更造成的影响。

车载智能数据装置采用完全镜像的数据同步策略。当车载设备中的文件发生改变(增删改)时,车载智能数据装置中的副本也进行相同的操作,使两种装置中的文件保持完全一致。车载智能数据装置需要同步所有车载设备的数据,采用树状目录结构映射各车载设备。车载设备存储空间有限,采用先进先出的方式滚动存储,车载智能数据装置存储空间须大于车载设备存储空间之和。数据同步至车载智能数据装置后,采用统一的转储接口和转储工具。其数据同步流程如图4所示。

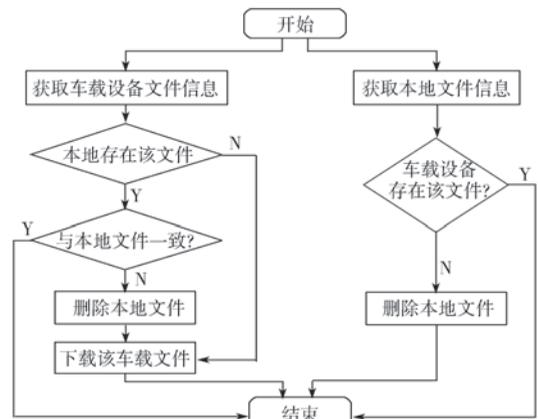


图4 数据同步流程

Fig.4 Data synchronization flow chart

2.2.4 车地转储

车地转储是通过 WIFI 网络将车载智能数据装置中的数据转储到地面系统。车载智能数据装置与地面系统之间是多对一的关系,采用客户端/服务器模式,车载智能数据装置作为客户端,地面系统作为服务器。执行转储任务时,客户端先向服务器发起连接请求,服务器与客户端进行双向身份验证,验证通过后,开始进行数据转储;转储完成后,客户端断开连接。车地转储流程如图5所示。

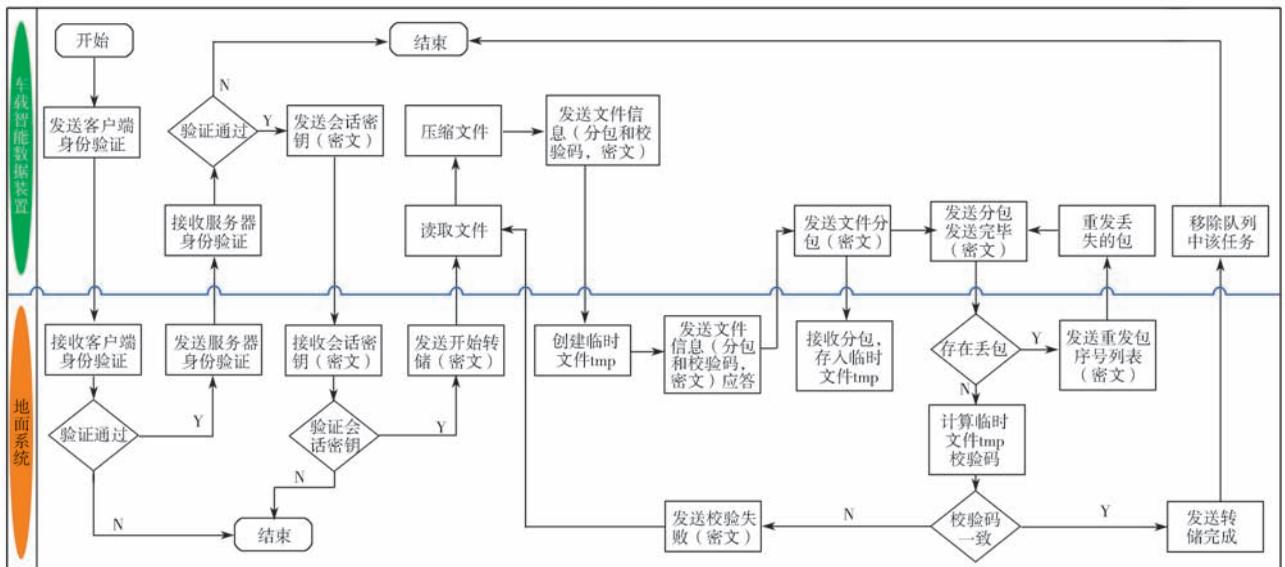


图5 车地转储流程

Fig.5 Locomotive data dump flow chart

针对不同场景需求,车地转储引入动态加密、文件压缩、断点续传、分包传输、丢包重传和文件校验机制。

车地转储是通过 WIFI 网络进行的,数据存在被监听截取的可能,为了保护数据,该系统引入了基于时间序列的动态加密机制,使用的密钥不在网络上进行传输,且具有时效性^[6],即使数据被截取,也不能轻易地进行解密。

车载数据(视频除外)周期性记录了车载设备的运行状态,数据重复率高,为提高转储效率,引入了数据压缩机制,其压缩率能达到10%以下;视频数据本身已采用压缩算法,其压缩率在95%以上,不需进行再次压缩。

由于机车处在空旷的室外,且处于运动状态,常会遇到 WIFI 连接不稳定、频繁连接或断开的情况,车地转储过程随时可能中断。为节省转储时间,该系统引入

了断点续传机制^[7]。出现中断时，车载智能数据装置准确记录中断点，在WIFI重连时，从中断点进行续传，以减少数据重复传输。

以文件为单位记录中断点时，当发生中断时，仍然会将整个文件全部重传；为了提升断点续传效果，引入分包传输机制。车载智能数据装置将文件按顺序分割成1024字节大小的数据包依次发送；地面系统收到数据包后，按顺序还原成文件。以数据包为单位记录中断点，可以将中断重传的数据量控制在一个数据包的大小。

在站场复杂的电磁环境下，WIFI信号受到干扰时，车地转储容易出现丢包现象。为了保持数据完整性，车载智能数据装置需要重发丢失的数据包。由服务器发出重发指令，服务器根据文件总分包数和已收到的文件包序号找出丢失的包序号，发送到客户端，客户端将丢失的包重新发送到服务器，直至所有数据包接收完成。

为保证转储至服务器的文件内容与车载设备原始文件内容一致，引入文件校验机制，使用MD5（message-digest algorithm 5，消息摘要算法第五版）进行文件校验^[8-9]。在转储时，客户端先将文件的校验码发到服务器，转储完成后，服务器进行文件校验，如果得到的校验码与客户端发送的校验码一致，说明数据内容相同，否则转储失败。

2.2.5 智能提示

车载智能数据装置在运行中，对自身运行状态和异常情况进行提示，提示的方式有文字、图片或语音等形式，用户可以选择详细提示或简要提示。表1列出了智能提示的项点内容。

表1 智能提示项点
Tab.1 Smart tip contents

智能提示内容	类型
开始车载数据同步	显示状态
正在进行车载数据同步，预计需要x分钟	
车载数据同步完成，耗时x分钟	
开始车地转储	
正在进行车地转储，预计需要x分钟	提示异常
车地转储完成，本次耗时x分钟	
当前任务队列数x，完成需要y分钟	
当前无任务执行	
无法取得车载设备状态	提示异常
车载设备连接断开，数据同步未完成	
存储空间不足，需尽快转储至服务器	
WIFI断开，转储中断	
无法连接服务器，数据积压	
非法的服务器验证请求	

2.2.6 日志记录

车载智能数据装置将工作过程详细记录到日志中，可以回溯车载数据智能转储的每个环节。日志记录的内容包括智能转储任务创建、执行过程、状态切换记录、车载数据同步过程、车地转储过程、文件操作记录、通信状态变化、车载智能数据装置故障和运行异常等。

3 地面系统

地面系统由无线AP、网络防火墙、交换机和服务器组成，实现与车载智能数据装置通信，完成车地转储、客户端管理和文件索引等功能。地面系统构成如图6所示。与传统地面系统相比，其统一了数据入口，具有界面美观、操作简便等优点。

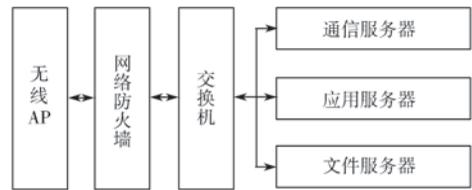


图6 地面系统构成
Fig.6 Structure of the ground system

地面系统实现车地转储流程中服务器部分的功能；客户端管理实现多个车载智能数据装置并发连接的处理；文件索引是指地面系统对转储到地面数据中心的文件建立索引，以供用户查询文件转储情况。地面系统采用B/S架构，运行界面如图7所示。



图7 地面系统界面
Fig.7 The ground system interface

4 现场验证

该车载数据智能转储系统在朔黄铁路“神华号”机车上进行了现场验证。机车在朔黄铁路神池南站和黄骅港站2个站场内运行约12h并进行数据转储。该车载智能数据装置采集“神华号”机车牵引、控制、制动、无线重联、安全监控、走行部、列尾和视频等设备数据，每次进入站场时，自动将数据转储到地面数据中心。

表2列出了“神华号”机车连续运行12 h、每节车产生的车载数据大小和转储耗时。受机车运行情况和现场环境影响,车载数据大小和转储耗时均取平均值。

表2 12 h 车载数据平均大小及转储耗时

Tab.2 The average size and dump time consuming of twelve-hour locomotive on-board data

车载设备	数据大小 /MB	压缩后大小 /MB	转储耗时
控制系统	400	17	101 s
安全监控	1	0.27	2 s
制动系统	10	1.1	8 s
重联系统	20	6.3	40 s
走行部监测	60	12	76 s
列尾检测	1	0.1	1 s
语音	3.5	3.5	23 s
视频监控	110 592	110 592	180 h

实时监视车载设备负载情况,增加转储功能后,车载设备CPU和内存占用率无明显增加,未超过车载设备正常运行的最大占用率;在智能转储过程中,车载设备CPU和内存占用率稳定,无明显起伏,车载设备各项功能运行正常。使用wireshark软件抓包^[10],从WIFI上截取数据,可以看到数据已经加密,难以进行解密和破解。

现场试验发现,正常情况下,机车在站场内的停留时间不超过4 h。由于视频文件太大,无法全部转储到地面数据中心,因此车载智能数据装置增加了视频剪辑功能,只剪辑出特定场景下的视频进行转储,并对转储的文件设置了优先级,将视频文件转储优先级调到最低。

根据现场用户需求,车载智能数据装置正常情况下不进行语音提示,只有在智能转储系统无法完成转储时,才提示用户进行人工转储。

经过验证,“神华号”机车进入神池南站和黄骅港站时,车载数据(视频除外)只需5 min左右就能转储到地面数据中心,无需人工干预,满足车载数据安全可靠、高效智能的转储要求。

5 结语

机车车载数据转储是机车运用管理中的重要环节,是开展机车数据分析业务的基础。本文在分析了车载数

据转储的需求后,提出了一种车载数据智能转储系统,并对系统的结构和主要功能进行了设计。现场验证结果表明,该系统数据转储效率高,安全性、可靠性和智能化程度都满足现场需求,适合进行推广应用。由于受WIFI网络带宽限制,该系统目前还不能完成大容量视频数据的高速转储,这也是后续的研究方向。

参考文献:

- [1] 王庆武,唐国平.机车远程监视与诊断系统研究与设计[J].机车电传动,2012(3):42-57.
WANG Q W, TANG G P. Research and Design of China Locomotive Remote Monitoring and Diagnosis System [J]. Electric Drive for Locomotives, 2012(3):42-57.
- [2] 张维.神华八轴机车无线同步控制的制动系统软件设计[J].铁道机车车辆,2016,36(5):51-56.
ZHANG W. Software Design of Wireless Synchronous Control for Shenhua 8-axle Locomotive Brake System [J]. Railway Locomotive & Car, 2016, 36(5):51-56.
- [3] 中国铁路总公司.TJ/JW 024—2014中国机车远程监测与诊断系统(CMD系统)车载子系统暂行技术规范[S].2014.
- [4] 刘德芳.基于规则的任务管理系统的设计与实现[D].南昌:南昌大学,2016.
- [5] 矫健,郭悦,贾志凯.动车组检修数据同步机制研究[C]//吴忠泽.第十一届中国智能交通年会大会论文集.北京:电子工业出版社,2016:1135-1141.
- [6] 陈铖,邹涛.一种基于时间序列的动态加密方法[J].通信技术,2011,44(4):127-128.
- [7] 刘明,方娇莉,尹业华,等.嵌入式监控系统中断点续传的设计与实现[J].计算机技术与发展,2012,22(2):192-195.
LIU M, FANG J L, YIN Y H, et al. Design and Implementation of Function of Broken-Point Continually-Transferring in Embedded System [J]. Computer Technology and Development, 2012, 22(2):192-195.
- [8] 杨占民,曹斌,阎凡兵,等.基于MD5和数字水印的电子签章文件校验方案[J].贵州大学学报(自然科学版),2013,30(3):113-117.
YANG Z M, CAO B, LV F B, et al. Electronic Signature File Check Scheme Based on MD5 and Digital Watermark [J]. Journal of Guizhou University (Natural Science), 2013, 30(3):113-117.
- [9] WANG X J, FAN L X. The Application Research of MD5 Encryption Algorithm in DCT Digital Watermarking [J]. Physics Procedia, 2012, 25: 1264-1269.
- [10] BANERJEE U, VASHISHTHA A, SAXENA M. Evaluation of the Capabilities of WireShark as a tool for Intrusion Detection [J]. International Journal of Computer Applications, 2011, 6(7): 1-5.

(上接第59页)

- [2] IEEE-SA Standards Board. IEEE Standard for Communications-Base Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements [EB/OL]. [2017-12-01]. <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1474.1-2004.htm>.
- [3] Railway applications—Urban guided transport management and command/control systems-Part 2: Functional requirements specification: IEC62290-2 [S].
- [4] 杨光,唐祯敏.高速磁浮列车运行控制系统体系结构研究[J].中国铁道科学,2006,27(6):68-69.

- [5] 王瑞峰,高继祥.铁路信号运营基础[M].北京:中国铁道出版社,2011.
- [6] 华钢,左明.轨道运输监控系统长进路的自动生成[J].中国矿业大学学报,1999,28(3):289-290.
HUA G, ZUO M. Auto-Generation of Long Admission Passage in Railway Conveying Monitoring System [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1999, 28(3):289-290.
- [7] Railway applications—Urban guided transport management and command/control systems-Part 3: System requirements specification: IEC62290-3 [S].