

基于均值法的地铁网络通信配置方案设计

董利芳，穆俊斌，张 闯，朱忠超，高兴华

（中车唐山机车车辆有限公司 产品技术研究中心，河北 唐山 063035）

摘 要：列车网络控制系统的网络负载率及均衡程度直接影响地铁车辆的运行平稳性。以某地铁车辆为例设计了一种以均值为基准，通过自动修正偏移量来实现网络通信配置表的生成方法，并对网络负载情况进行了分析。本网络通信配置方案算法合理可行，保证了通信负载的均衡分配，提高了通信网络的稳定性。

关键词：通信配置；网络负载；均值法；地铁
中图分类号：U231；TP393 **文献标识码：**A
doi：10.13890/j.issn.1000-128x.2016.05.106

Metro Network Communication Configuration Based on Mean Value

DONG Lifang, MU Junbin, ZHANG Chuang, ZHU Zhongchao, GAO Xinghua

(Product & Tech. Research Center, CRRC Tangshan Co., Ltd., Tangshan, Hebei 063035, China)

Abstract: The communication bus load factor and the degree of bus load balancing directly influenced the stability of metro vehicle performance. A method of metro vehicle communication configuration, which was based on the mean value and automatic offset for finally communication configuration list, was proposed, and the network load was analyzed. This communication configuration design was reasonable and feasible, which could guarantee the balanced distribution of the communication load and improve the stability of the communication network.

Keywords: communication configuration; network load; mean value; metro

0 引言

我国地铁车辆网络控制系统目前的主流网络为 MVB（多功能车辆总线）结构网络，列车的中央控制单元通过 MVB 总线与联网各子系统进行控制数据及诊断信息的交互。网络上较多传递的为周期性发送的重要的各类控制数据，网络负载分配不合理必将导致列车控制网络的不稳定，进而影响列车的网络控制功能，这对列车平稳运行极为不利，因此本文针对 MVB 轮询算法进行了研究，设计了基于均值法的地铁网络通信配置方案。

1 某型地铁车的网络拓扑结构

本车型是 6 辆编组 4 动 2 拖结构，列车网络控制

系统采用分布式总线控制技术，分为 2 级：列车控制级和车辆控制级。列车控制级总线和车辆控制级总线均采用冗余的 EMD 电气中距离介质 MVB 多功能车辆总线。中继器 REP 实现列车级总线和车辆级总线的数
据转发功能。网络系统的拓扑结构如图 1 所示，缩略语如表 1 所示。

表 1 网络系统缩略语

缩略语	说 明	缩略语	说 明
ACU	空调控制单元	HMI	人机接口单元
ATC	列车自动控制	RIOM	远程输入输出设备
BECU	空气制动电控制单元	MVB	多功能车辆总线
CCU	列车中央控制单元	PIS	乘客信息系统
DCU	电气牵引控制单元	RCM	通信模块
SIV	列车辅助电源控制单元	REP	中继器
EDCU	列车门控制单元	FAS	火灾报警系统
ERM	事件记录仪		

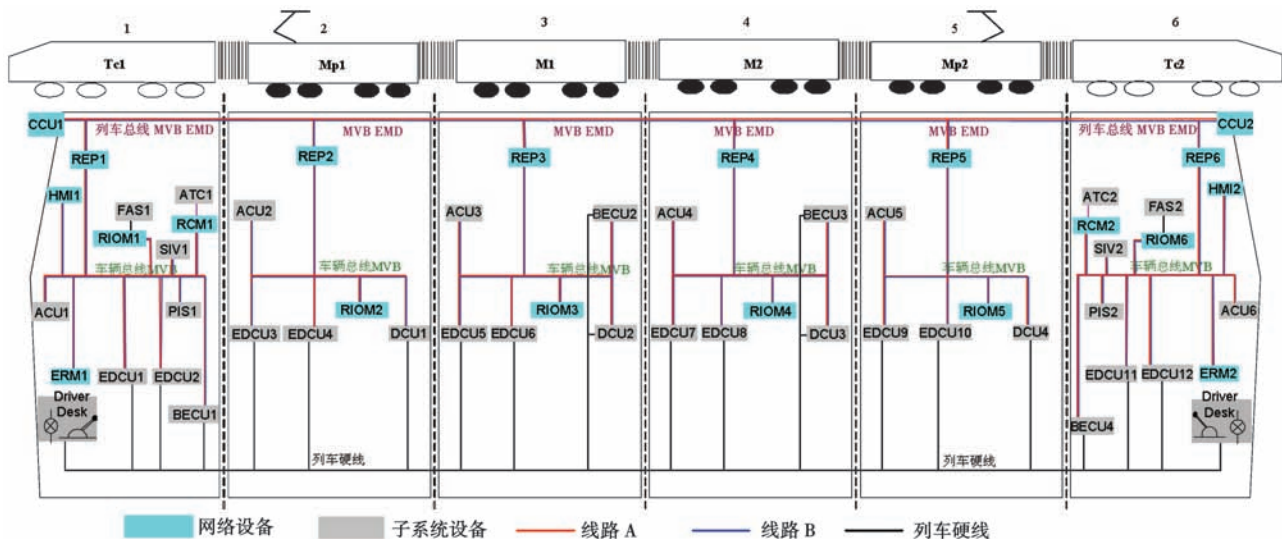


图1 某地铁列车网络控制系统拓扑图

2 网络传输要素^[1]

2.1 MVB 基本参数

介质：屏蔽双绞线，变压器隔离

波特率：1.5 Mbps

传输距离：200 m（EMD）

传输周期：1, 2, 4, 8, …, 1 024 ms（典型值为 32, 64, 128, …, 1 024 ms）

数据帧长度：2, 4, 8, 16, 32 字节

最多可以定义 4 096 个报文。

2.2 MVB 上传输数据类型

通过该 MVB 总线传输的数据有 3 类：过程数据、消息数据和监视数据。

过程数据：诸如牵引级位、制动级位等。过程数据通常为周期性更新的短报文，不需要确认报文。

消息数据：此类数据仅当触发事件发生时才会进行传输，例如子系统的诊断信息。

监视数据：此类数据为设备的一些状态信息。

2.3 MVB 数据查询机制^[2]

主设备将轮询时间分成固定的时间片即基本周期，目前基本周期大部分采用 1 ms，每个基本周期分为周期相、监视相、事件相和保护相，如图 2 所示^[3]。

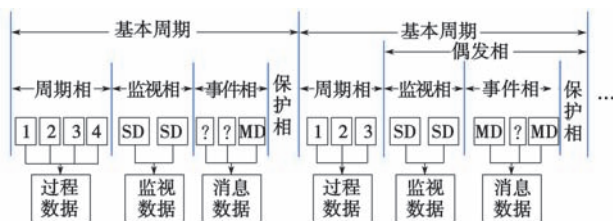


图2 基本周期

其中周期相用于周期发送的控制过程数据，设备状态等监视数据在监视相进行发送，消息数据在事件相进行发送。主设备按数据轮询表进行主帧发送，从帧按要求进行发送。

3 MVB 网络负载分析及轮询策略设计

本地铁网络采用的 MVB 作为主干网络通信，MVB 的过程数据通信机制为“主帧 + 从帧结构”。本文的轮询策略为：对端口进行统计分类，计算网络的平均负载率，然后在平均负载上以一定的偏移作为初始值，不断修正该允许偏移参数，最终实现每个基本周期内端口的分配工作。该策略由于以平均负载为参照点进行总的网络负载分配，使得网络负载的均衡化精度更高。

该地铁控制网络由 50 个入网设备组成，其中监视数据和消息数据属于数据量较小的偶发数据，所以本文仅针对过程数据的轮询策略进行设计。本文的过程数据流文件包含控制类数据和子系统的诊断信息。本项目过程数据按周期可分为 6 种：32 ms、64 ms、128 ms、256 ms、512 ms、1 024 ms，此外若按决定数据集大小的功能码分类，可以分为 0、1、3、4 等 4 类，即在一个最小宏周期 1 024 ms 内需要按需求轮询各个过程数据。

本项目实际应用经验最大允许主帧与从帧的间隔时间不超过 85 μ s，即最坏情况下的主帧与从帧之间的允许时延。从帧和主帧之间的时间间隔为 2~6 μ s。在考虑网络负载分配时，一个完整报文的传输时间 t_{mm} 应包含：主帧传输时间 t_m + 从帧传输时间 t_s + 主帧与从转允许最大延迟 t_{ms} （85 μ s）+ 从帧到主帧的转换时间 t_{sm} （由于从帧结束不一定再有主帧，且从帧和主帧的时间间隔 2~6 μ s 较小可忽略不计），即完成一个报文需要用时：

$$T_i = t_m + t_s + 85 \mu s$$

过程数据报文定时详见图 3^[4]。

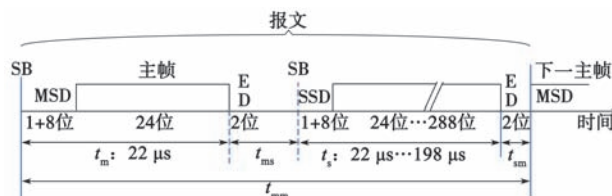


图3 过程报文定时

依据实际项目情况对过程数据进行分类统计见表2。

表2 过程数据统计表

周期 / ms	F_code	主帧长度 / bit	从帧长度 / bit	主从报文传输用时 / μs	t _{ms} / μs	1 024 ms 内轮询次数	本项目实际个数
32	0	33	33	44	85	32	50
32	4	33	297	220	85	32	8
64	4	33	297	220	85	16	15
128	3	33	153	124	85	8	2
128	4	33	297	220	85	8	15
256	4	33	297	220	85	4	36
512	3	33	153	124	85	2	7
512	4	33	297	220	85	2	33
1 024	0	33	72	44	85	1	16
1 024	1	33	33	55	85	1	8
1 024	3	33	153	124	85	1	12
1 024	4	33	297	220	85	1	54

为合理安排不同周期的过程数据均能按需进行轮询，需要定义最小宏周期。本项目最大过程数据周期为 1 024 ms，则将 1 024 ms 看做一个最小宏周期。一个最小宏周期内需要按端口的不同周期进行多次轮询，例如过程数据要求每 32 ms 传输一次的看做 1 024 ms 内传输了 32 次，每 64 ms 传输一次的 1 024 ms 内传输了 16 次，其他周期依次类推。

1 024 ms 宏周期内含主从允许最大时延报文传输总用时，则有

$$T_{trans}=32\sum_{i=1}^{n_1}(t_{mi}+t_{si}+85)+16\sum_{j=1}^{n_2}(t_{mj}+t_{sj}+85)+8\sum_{k=1}^{n_3}(t_{mk}+t_{sk}+85)+4\sum_{l=1}^{n_4}(t_{ml}+t_{sl}+85)+2\sum_{h=1}^{n_5}(t_{mh}+t_{sh}+85)+\sum_{h=1}^{n_6}(t_{mh}+t_{sh}+85)$$

则 1 024 ms 内的网络平均负载为

$$p\%=\frac{T_{trans}}{1024\times1000}$$

式中：n₁ 为周期为 32 ms 过程数据个数；n₂ 为周期为 64 ms 过程数据个数；n₃ 为周期为 128 ms 过程数据个数；n₄ 为周期为 256 ms 过程数据个数；n₅ 为周期为 512 ms 过程数据个数；n₆ 为周期为 1 024 ms 过程数据个数^[5]。

由于不同 F_code（功能码）对应的数据长度不同，且信号码元传输速率固定，即报文长度和传输时间成正比。为了保证每个基本周期内的用于传输信号的时间尽量均衡，采用优先排布周期小且 F_code 较大的过程数据，当一个基本周期内排的数据传输时间大于一定值时，将该端口依次放到下一个基本周期内进行轮询排布。

本文的通信配置策略设计详见流程图 4^[6]。

通过计算本项目一个宏周期 1 024 ms 内平均的负载率为 47.5%。

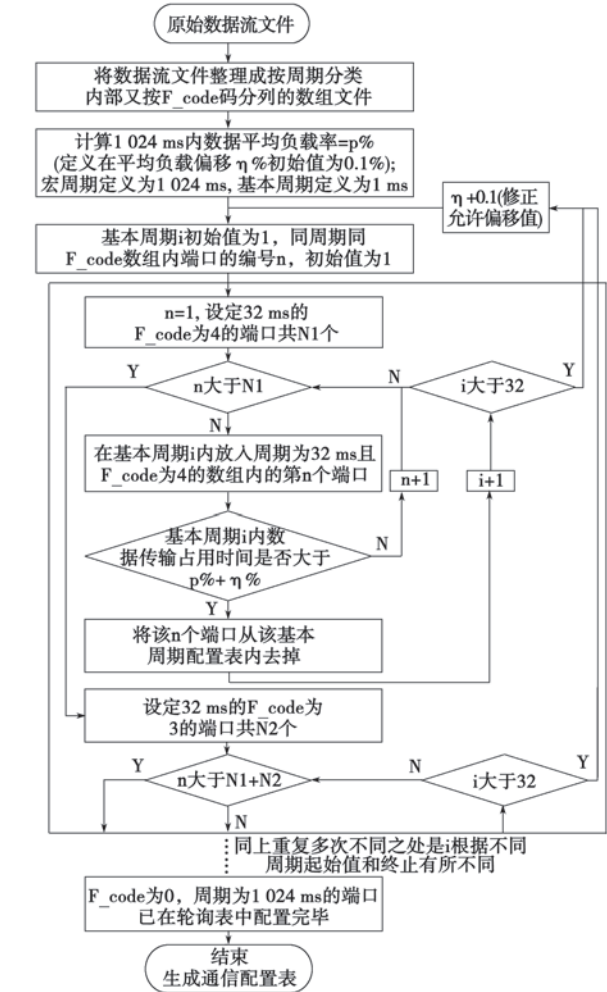


图4 通信配置算法流程图

4 结语

本文简要介绍了中车唐山机车车辆有限公司生产的某地铁网络控制系统的基本构成，并对入网设备需要传输的过程数据进行了分析，制定了具体的通信配置方法。该方法设计合理，网络负载量较为均衡，已在后续项目中进行了推广应用。

参考文献:

[1] IEC 61375-3-1 列车通信网络 多功能车辆总线[S].2012.
[2] 戴嘉玮, 韦巍. 基于多功能车辆总线事件仲裁的优化设计[J]. 铁道学报, 2013, 35(4): 66.
[3] 蒋瑾, 王长林. 多功能车辆总线 MVB 周期扫描表配置分析[J]. 铁道机车车辆, 2011, 31(3): 34-36.
[4] 王永翔, 王立德. 多功能车辆总线周期扫描表的最优化设计[J]. 铁道学报, 2009, 31(6): 48.
[5] 曾秋芬, 陈特放. 多功能车辆总线周期扫描表优化设计[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(7): 31-33.
[6] 郭超勇, 刘建强, 郑琼林. 350 km/h 动车组 TCN 网络周期轮询优化算法研究[J]. 铁道学报, 2011(12): 48.



作者简介: 董利芳(1982-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事列车网络控制系统通信技术设计。