

文章编号: 1005-8451 (2007) 05-0001-03

绞线式列车总线初运行算法分析

蔡国强<sup>1</sup>, 贾利民<sup>1</sup>, 刘春煌<sup>2</sup>, 李 熙<sup>1</sup>

(1. 北京交通大学 轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044;

2. 铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

**摘 要:** 列车通信网络是高速列车的关键技术。系统分析绞线式列车总线 (Wire Train Bus) 初运行过程的原理, 形式化描述初运行过程。

**关键词:** TCN; WTB; 初运行; 列车编组

**中图分类号:** TP39: U283 **文献标识码:** A

Inauguration algorithm analysis of Wire Train Bus

CAI Guo-qiang<sup>1</sup>, JIA Li-min<sup>1</sup>, LIU Chun-huang<sup>2</sup>, LI Xi<sup>1</sup>

(1.State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2.Institute of Computing Technology, China Academy of Railways Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Train Communication Network was a key technology of high-speed train. It was systemically analysed the principle of Wire Train Bus inauguration, and formalized the process of the Inauguration process.

**Key words:** TCN; WTB; inauguration; train composition

列车通信网络 TCN ( Train Communication Network) 是机车网络控制的数据通讯网, 是高速列车和动车组的核心技术。TCN 的作用包括: (1) 实现全列车所有由计算机控制的部件联网通信和资源共享; (2) 支持实现各动力车的重联控制; (3) 支撑实现全列车的制动控制、自动门控制、自检及故障诊断决策。

IEC61375-1 标准提出 TCN 网络具有两级总线的层次结构, 即机车级总线 WTB (Wire Train Bus) 和车辆级总线 MVB (Multifunction Vehicle Bus)。这两级总线将整个列车连成一个整体。车辆级信息通过 MVB 在车辆内部传送, 机车级信息经协议转换器 (网关 Gateway) 转换后经 WTB 传送至目标车辆, 如图 1 所示。司控人员对整个列车的控制指令及控制消息通过 TCN 网络传送至列车的各节车厢, 各节车厢的工作状态也可以通过 TCN 网络传送给司机显示台, 从而使得整个列车安全有效地工作。

WTB 是一种串行数据通信总线, 在链路层提供过程数据、监视数据和消息数据的传送与交互。它连接列车各车厢, 在双绞线上传输的速率可以达到

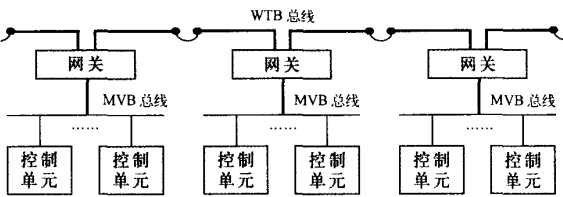


图 1 列车控制网络原理图

1 M bit/s, 最多可连接 32 N, 总线跨距最长为 860 m, 相当于 22 个国际列车车厢 UIC, 用于经常连挂和解连重联车辆。

当列车组成改变时, 特别是每次车辆连挂或解连时, 总线主要重新组态总线, 这个进程称为初运行。

1 WTB 初运行原理

1.1 初运行概述

WTB 上的节点按照是否拥有主权分为主节点和从节点。主节点是指 WTB 上行主权的节点, 分为强主节点和弱主节点两种。WTB 上只有一个节点可以成为列车总线主设备, 通常是由列车司机通过插入钥匙来选择司机室的节点作为主设备, 其地址为 01。从节点是在 WTB 上任何时候都不允许其成为总线主的节点。

在 WTB 初运行过程中在总线上将传递下述报文:

收稿日期: 2007-04-02

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (600332020)

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60674001)

作者简介: 蔡国强, 在读硕士研究生; 贾利民, 教授。

- (1) 检测报文：一个端节点通过一个检测请求帧向另一个节点报告它的存在，另一节点（如果存在且能应答）将通过一个检测响应帧来响应；
- (2) 命名报文：总线主检测到在总线上有未命名节点存在，通过发送命名请求帧，把分配的地址和强度传送给从节点，从节点则以命名响应帧来确认；
- (3) 状态报文：总线主通过一个状态请求帧来请求节点的状态，从节点则通过一个状态响应帧对其进行响应；

(4) 中间设定报文：总线主通过发送中间设定请求帧，要求从节点将它的开关设置为中间设定状态，从节点以中间设定响应帧确认；

(5) 拓扑报文：总线主通过拓扑请求帧将它的拓扑结构告诉从节点，从节点以拓扑响应帧响应；

(6) 置端设定报文：总线主发送一个末端设定请求帧，要求一个从节点的开关设置为端设定状态，采用一个新的编组强度，从节点将以末端设定响应帧响应。

1.2 初运行目的

- (1) 确定总线主设备；
- (2) 检测总线上的未知节点，对其命名（分配节点地址）；
- (3) 完成对总线上各节点的中间及端设置，正确切入端接器；
- (4) 按照每个节点所希望的特征周期配置周期扫描表；
- (5) 对总线上所有节点进行正确拓扑，并将总线拓扑发送给各个节点指明所有节点的地址、位置和类型。

1.3 初运行过程描述

主设备既可以是端节点也可以是中间节点，它要向总线的 2 个方向上进行通信，即方向 1（列车前进方向）和方向 2（列车前进反方向）。当主设备 M 在总线上作为一个孤立节点时，将自己设置为端节点，将 2 个端接器切入，交替向方向 1 和方向 2 发送检测请求帧同时接收其他节点的检测请求帧。

当未命名从节点 A、B 接收到检测请求帧后以检测响应帧应答。主设备接收到 A、B 的检测响应帧后向 A、B 发送命名请求帧。主设备最多可以命名 62 N，其本身的节点地址为 01，在方向 1 上从地址 63 开始按递减的方式命名，即 63，62，…。在方向 2 上则从地址 02 开始按递增的方式命名，即 02，03，…。未命名节点 A、B 在接收到主设备的命名请求帧后以

命名响应帧应答。A、B 分别成为组成中的新的端节点，断开它的辅助通道并把主通道转到总线主方向，并将另一方向的端接器切入。

主设备接收到已命名设备 A、B 的命名响应帧后分别向 2 个端节点发送状态请求帧并将自己设置为中间节点，闭合它的总线开关。当主设备为端节点时同样向自己发送状态请求帧。端节点在接收到主节点的状态请求帧后向另一方向发送检测请求帧检测其它未命名节点的存在并通过状态响应帧报告给主设备。

当端节点 B 检测到有未命名节点 C 存在后通过状态响应帧报告给主设备，总线主 M 将给节点 B 发中间设定请求帧使 B 节点转到中间设定，而节点 B 以中间设定响应帧作回答，闭合它的总线开关。

至此，总线主 M 可以直接访问未命名节点 C，并发送一命名请求帧给新节点并依次指定节点地址，新节点以命名响应帧来响应命名，此时节点 C 成为新的端节点，断开它的辅助通道并把主通道转到总线主方向，将另一方向的端接器切入。

在通道转换后，总线主给此端节点发状态请求帧，新端节点对此以状态响应帧响应，该帧中包含节点描述符（指示最新命名节点的类型和版本）、进程数据的帧长度及希望的轮询周期等。同时向总线主报告新的未命名节点存在，如果有新的未命名节点存在将重复上述操作。

当端节点对连续 3 次状态请求未报告有更多的节点，总线主将结束初运行，形成完整的编组，初运行执行过程如图 2 所示。

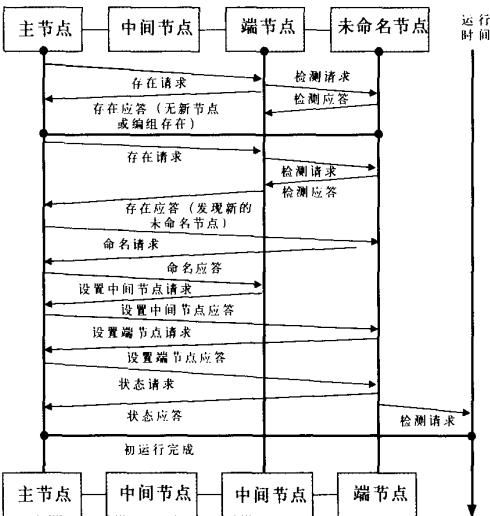


图 2 初运行执行过程

总线主计算新的周期扫描表和每个节点的特征周期,这基于每个节点所希望的周期及它的帧长度。总线主为所有节点建立拓扑,数据结构包括地址、节点类型和版本号、唯一标识这次初运行的总线主拓扑。然后总线主通过拓扑请求帧给每个从节点分别分发拓扑,每个从节点通过拓扑响应帧对此响应,如图3所示。

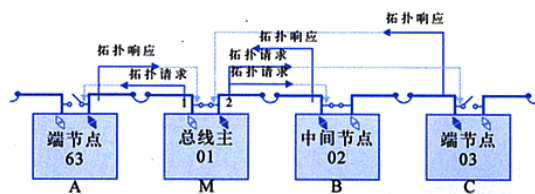


图3 主设备对列车编组的拓扑

当所有从节点都确认已收到新的拓扑后,再等待一个基本周期,让所有节点更新它的进程数据解释,然后总线主进入正常运行,并开始轮询节点的进程数据。

## 2 WTB 常规过程描述

### 2.1 常规过程

在 WTB 初运行完成后的每个基本周期中,总线主用存在请求帧轮询一个端节点,该端节点对此以存在响应帧响应。在下一个基本周期中再轮询另一端节点。如果总线主本身就是一个端节点,它仍会给自己发存在请求,用存在响应帧响应,这样所有其它节点也可以监视它的存在。端节点在收到存在请求帧后,在它的辅助通道上发送一检测请求帧。只要没有连接后续的节点,端节点接收不到检测响应帧,在它的存在响应帧中就会报告“没有发现”。

同时在 WTB 初运行完成后的每个基本周期中,总线主向 WTB 上的各个命名节点轮流发送过程数据请求帧,每个节点以过程数据响应帧响应,并根据节点实际情况填充过程数据响应帧中的“I”位和“C”位的值,主节点根据各节点过程数据响应帧中“I”位和“C”位的值决定是否向该节点发送监视数据和消息数据请求帧。

### 2.2 连挂

当本编组端节点发现另一编组或未命名节点存在时,在发送给另一编组端节点或未命名节点的检测请求及检测响应帧中指明了本编组的强度,同时

还指明它的应用是否同意初运行。并在存在响应帧中告知本编组的总线主发现新的编组及远程编组的强度,总线主将决定可否进行初运行。

当一个端节点检测到另一个端节点,它们比较它们相对强度并决定哪个组成更强些:

(1) 如果强度不同,较强组成的节点将坚持,较弱的将让步,以保证有较大组成的总线主继续控制总线;

(2) 如果2个组成强度相同,2个端节点自己决定谁让步谁坚持。如果没有哪个是强者,为打破僵局,首先收到来自另一个端节点检测请求的端节点将降低它的强度,而另一个不改变它的强度。

如果端节点报告它是一个较强的组成或是有一个未命名的节点,如果它组成的所有节点及远程组成的所有节点都允许的话,总线主就可起动一次初运行。

失去编组的总线主用广播一个消名请求帧的方式明确地通知节点消名,连续3次,然后自己消名。

赢得编组的总线主也明确通知它的节点消名,但它仍是总线的总线主,并立即对所有节点重新命名。如果没有检测到更多的节点,总线主结束初运行并分发拓扑,进入正常运行模式。

### 2.3 解连

在机车运行过程中,由于实际需求或故障产生将会发生总线分离,使节点或节点组分开,形成多个编组。

在分开的各编组中,之前的总线主将对与它相连的编组中留下的节点重新命名,在其它编组中,总线主如果没有由应用指定,其中一个节点,很可能是离分开点最近的节点成为总线主,对本编组进行初运行从而进入正常模式。

## 3 结束语

WTB 初运行算法是高速列车和动车组 TCN 的核心技术。本文系统化分析了 WTB 初运行的原理,阐述了初运行的运行过程和实现过程。有关 WTB 的深层次的开发是我们下一步的工作方向。

### 参考文献:

- [1] IEC61375-1(1999), Part1: Train Communication Network [S].
- [2] 赵小宝. WTB 初运行的模拟研究[J]. 中国铁道科学, 2003 (4).