

研
究
开
发逻辑双环型 ARCNET 列车
通信网络建模与仿真

巴全龙, 苟先太, 姚凤阳, 汤 克

(西南交通大学 电气工程学院, 四川 成都 610031)



作者简介: 巴全龙 (1988-), 男, 硕士研究生, 现主要研究列车网络系统和嵌入式系统。

摘 要: 基于网络仿真平台 OPNET, 构建了物理总线型逻辑环型列车通信网, 包括网络模型、节点模型和进程模型。利用该模型, 对 ARCNET 列车通信网络进行仿真和优化设计。通过仿真得出保证系统正常运行的双网冗余优势和网络时延以及影响端到端延时的主要因素。

关键词: ARCNET; 列车通信网络; 建模与仿真; OPNET; 双网冗余

中图分类号: TP393; TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)02-0015-03

Modeling and Simulation of Logical Dual Ring ARCNET Train
Communication Network

BA Quan-long, GOU Xian-tai, YAO Feng-yang, TANG Ke

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: This paper built physical bus type logic ring communication network of train based on OPNET network simulation platform, which included network model, node model and process model. Based on this model, the simulation and optimization design had been done. The simulation results showed that the advantages of dual network redundancy, network delay time and the main factors, which influenced the end to end delay time.

Key words: ARCNET; TCN; modeling and simulation; OPNET; dual network redundancy

0 引言

ARCNET 是一种基于令牌传递协议的现场总线, 它具有快速性、确定性、可扩展性和支持长距离传输等特点。我国 CRH₂ 动车组列车信息控制系统就采用这种协议。文献[3]利用 OPNET 对 ARCNET 列车网络建模仿真, 但它采用的是节点存储转发模式, 这种模型的实时性比较差; 文献[4]利用 Ethernet 构建列车通信网络, 获得了很好的实时性, 但是存在媒体竞争现象。本次与株洲南车时代电气股份有限公司合作, 运用当前先进的软件仿真技术, 根据 CRH₂ 型车网络拓扑, 构建 ARCNET 环形网络拓扑模型, 实现对 CRH₂ 型车网络通信系统的仿真, 借此来深入消化、吸收该网络的相关技术, 以期该控制网络的技术在我国工业控制自动化领域能够有更广泛的应用。本文采用物理总线型逻辑

环形的拓扑结构提高了网络实时性, 通过令牌机制解决了媒体竞争现象, 并构建了无延时切换双网系统, 提高了网络的可靠性。利用 OPNET 状态机建立 ARCNET 网络模型并根据实际列车网络优化 ARCNET 网络模型中的定时器, 然后模拟 CRH₂ 型车网络通信系统组网, 仿真了从机车产生命令、传递命令到机车接收然后处理行车命令这一系列过程, 最后对基于 ARCNET 协议的列车通信网络进行动态仿真, 得出网络的实时性、吞吐量和双网冗余特性。

1 列车通信网络设计

列车中的 ARCNET 网络由于其工作环境的复杂性以及要求较高的可靠性和安全性, 所以列车 ARCNET 网络有其特殊性。列车通信网络采用物理上总线模型, 逻辑上环形模型的令牌协议, 本模型中 ARCNET 列车通信网络采用光纤作为传输介质, 传输速率为 2.5 Mbps。为了进一步提高网络的实时性、可靠性和安全

收稿日期: 2010-11-25

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目

性, ARCNET列车通信网络采用双总线结构, 每一条总线构成一个网络, 对于数据信息同时在2条总线上传送, 互不影响。单个列车节点的设计如图1所示。当任意节点都没有行车命令时, 网络1和网络2上的令牌在各自的网络中空转; 当某一节点发出行车命令时, 待其拥有令牌, 便将命令发至2个网络中, 其余节点从2个网络上接受命令, 并将其中一个命令上传至列车节点执行单元。增设单独的下发和上传行车命令单元的主要原因是实现网络切换时, 不丢失数据和零延时。下发和上传命令单元接受2个网络数据, 正常时, 上传网络1中的数据给执行单元, 直接销毁网络2中的数据; 网络1故障时, 销毁网络1中的数据, 上传网络2中的数据给执行单元。任何时刻下发和上传单元都接受2个网络的数据, 这样保证了在一个网络故障时, 不会丢失数据和无延时。

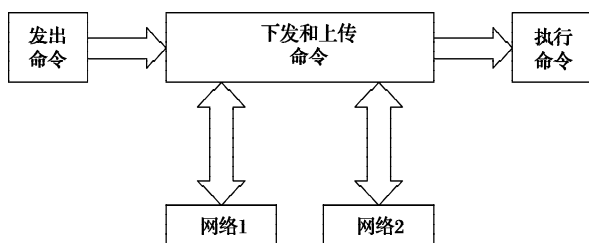


图 1 列车节点功能图

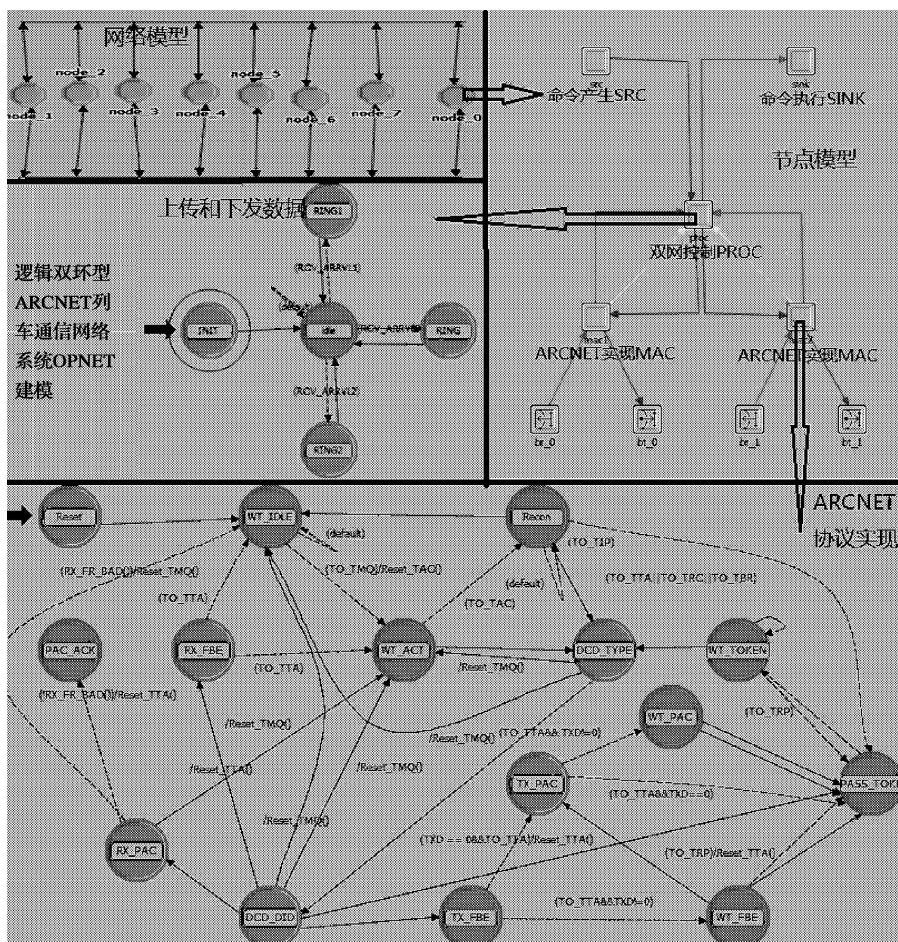


图2 双总线列车节点模型

2 基于 OPNET 的列车网络建模

2.1 列车网络模型

列车采用双总线网络模型(如图2), node_0至node_7为列车的8节车厢。该列车网络为双总线冗余结构, 2条总线(主、备)均有数据传输, 相邻节点之间的距离设定为20 m。

2.2 列车节点模型

- ①src模块模拟列车产生指令,并下发给proc。
- ②proc模块接受来自src的指令并通过mac发至总线;接受来自网络上的数据,并判断(主、备)网络是否正常,当主网络正常时,上传来自主网络的数据至sink,当主网络不正常时,进行网络间数据上传的一切操作;将备总线网络上接受到的数据上传至sink,同时设置其为主。
- ③mac1和mac2模块分别实现ARCNET协议。
- ④br_0和bt_0, br_1和bt_1为2对总线收发机。
- ⑤sink模块处理接收的指令。

当src没有产生指令时，节点收到令牌后，直接传递给它的逻辑临节点；src产生了行车指令，节点受到令牌后，传输数据，然后传递令牌。当mac故障时，mac发送特殊数据流给proc，proc切换接受另外mac上传的数据。

3 仿真试验及结果分析

本文在对 ARCNET 网络协议以及列车通信网络需求进行深入分析的基础上,通过前面建立的 ARCNET 网络模型,主要对网络的实时性、网络吞吐量和网络切换进行了仿真。

3.1 网络实时性

网络实时性主要包括令牌循环一周所需的时间和端到端的延时。图3和图4分别是每个节点获得令牌的最短时间间隔 $223\ \mu\text{s}$ 和最长时间间隔 $1\ 150\ \mu\text{s}$, 满足列车实时性要求的 $10\ \text{ms}$ 。图5为端到端的延时, 数据包、令牌、查询帧、应答端到端延时分别为: $55\ \mu\text{s}$ 、 $15\ \mu\text{s}$ 、 $15\ \mu\text{s}$ 、 $7\ \mu\text{s}$ 。由此可以得出: 端到端延时的长短与数据包大小有关。在实际的列车通信网络中, 可以根据数据包的大小设定 ARCNET 网络的时延等级。

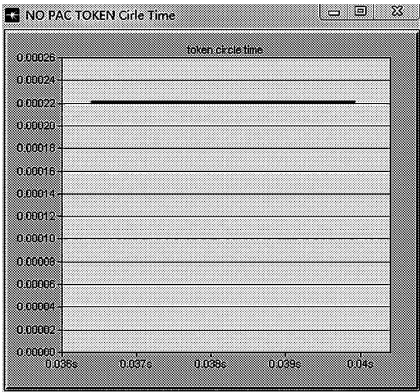


图 3 令牌空转 1 周

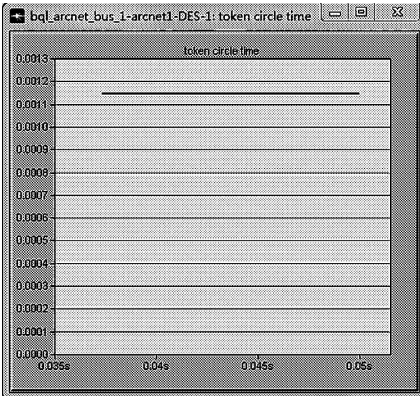


图 4 最坏情况令牌循环 1 周

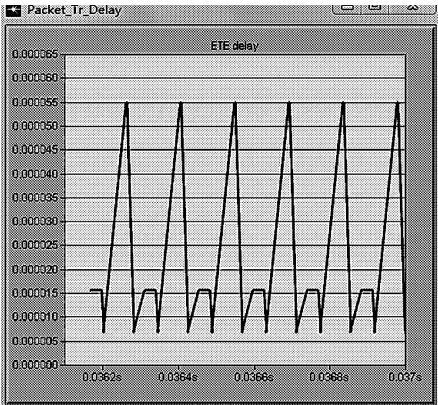


图 5 端到端时延

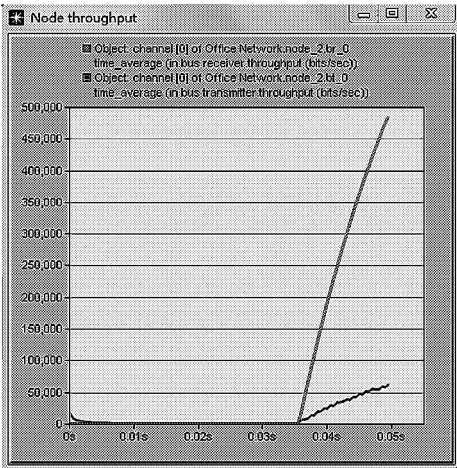


图 6 节点吞吐量

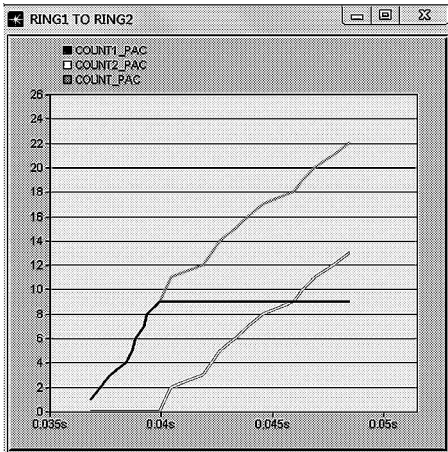


图 7 网络切换

没有时延和丢包, 保证了没有列车命令的丢失和快速响应, 确保了列车网络的高可靠性。

4 结语

影响端到端时延的主要因素是数据包的大小、发送接收时延和线路延时, 由于距离很短, 所以线路时延可以不计。发送接收时延主要受发送和接收机的影响。收发机时延一定, 数据包大小决定端到端时延长短, 因此可以根据实际列车网络数据包的大小优化 ARCNET 的定时器。本文依照株洲南车时代电气股份有限公司网络系统虚拟仿真技术规格书建立列车通信网络模型, 符合实际列车通信的网络模型, 设定 ARCNET 时延等级为 0, 数据信息量不超过 150 bit 时, ARCNET 网络正常传输数据。文献 [2] 中给出在列车通信网络中传递的控制指令和状态数据的传递时间间隔分别为 20 ms 和 10 ms, 文本中网络模型的令牌在最坏的情况下循环 1 周所用的时间为 1 150 μ s, 达到了列车控制网络要求。本文模型中列车命令在 2 个网络中同时传输, 在一个网络故障时, 列车控制机构能无延时地接收另一个网络的数据, 这样保证了没有列车命令的丢失和快速响应, 保证了列车网络的高可靠性。本文对

(下转第 21 页)

3.2 节点吞吐量

图 6 为节点的吞吐量。根据文献 [2] 中给出在列车通信网络中传递的控制指令的时间间隔要求, 设定每个列车节点每隔 0.01 s 发出一个行车命令, 节点在拥有令牌时, 将数据发送到总线上, 其他节点从总线上读取数据。0~0.035 s 为网络初始化时间, 图 6 中 2 条线分别是节点在 0~0.05 s 接收数据量和发送数据量。

3.3 网络切换

图 7 为初始时网络正常, 在 0.04 s 发出一个事件使主环网断, 节点 1~7 发送目的地址为 8 的数据包, 一共 22 个, 节点 8 接收数据包。由图 7 可以得出, 初始时节点 8 从网络 1 收数据, 一共收到 9 个数据包; 在 0.04 s 发起事件使网络 1 断后, 节点 8 从网络 2 收数据, 一共收到 13 个数据包; 节点 8 总共收到 22 个数据包, 在网络切换中

6 结论

本文用 3 种方法理论计算、数值模拟和试验研究,通过公式确定散热器尺寸的最佳肋间距尺寸,通过经验公式确定HX_{D1C}交流传动电力机车辅助变流器所需风量;使用CFD软件FLUENT对辅助变流器风道进行了三维数值模拟,计算风道内部流场和温度梯度分布,计算结果与试验结果吻合较好,相对误差都在10%以内,验证了用数值模拟在前期对散热系统进行预测的可行性。

计算流体力学(CFD)在机车散热系统中的应用,

使得研究者可以利用计算机仿真技术,结合数学模型,代替真实系统进行研究,可以明确研究方向,缩短研制周期,减少反复试验造成的浪费。

参考文献:

[1] 赵悼爰. 电子设备热设计 [M]. 北京:电子工业出版社, 2009.
[2] 王福军. 计算流体力学分析:CFD 软件原理与应用 [M]. 北京:清华大学出版社, 2004.
[3] 陶文铨. 数值传热学 [M]. 西安:西安交通大学出版社, 2001.
[4] Chein, Reiyu. Thermoelectric cooler application in electronic cooling [J].Applied thermal engineering, 2004,24(14-15).

(上接第17页)

ARCNET在列车通信网络中应用的研究具有参考意义。

参考文献:

[1] ATA878.1-1999, Local Area Network:Token Bus [S]. 1999.
[2] IEC.IEC61375-1-1999, part1 :Train Communication Network [S].
[3] 况长虹, 李家武, 王玉松, 王利锋, 宋红霞. 基于OPNET的ARCNET列车通信网络的建模与仿真 [J].铁路计算机应用, 2008, 17(5): 49-51.
[4] Aziz M, Raouf B, Riad N. The Use of Ethernet for Single

On-board Train Network [C].

[5] 王利锋, 何鸿云, 王玉松, 宋红霞. 基于ARCnet的高速列车分级控制系统 [J]. 工业控制计算机, 2007, 20(10): 11-12.
[6] 杨子亮. 列车控制网络的实时性与可靠性研究 [D]. 成都:西南交通大学, 2008.
[7] Bartram, Colin. Arcnet System Links Multivendor Robots [J]. Control Engineering, 1987, 34(11), 37-38.
[8] 左 峰, 王立德, 聂晓波, 李成钢.基于ARCNET的轻轨列车通信网络 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2009, 32(6): 27-30.
[9] 左 锋. 基于ARCNET的列车控制网络的开发 [D]. 北京:北京交通大学, 2009.