

文章编号: 1005-8451 (2008) 05-0049-03

基于 OPNET 的 ARCNET 列车通信网络的建模与仿真

况长虹, 李家武, 王玉松, 王利锋, 宋红霞

(西南交通大学 仿真中心, 成都 610031)

摘要: ARCNET 网络的建模与仿真不仅能对 ARCNET 网络性能进行评估, 而且能优化 ARCNET 网络设计。在深入理解 ARCNET 协议的基础上, 利用 OPNET 网络仿真软件建立 ARCNET 列车通信网络的网络拓扑结构模型、节点的应用层进程模型和链路层进程模型。利用该模型, 对 ARCNET 列车通信网络进行实时性和吞吐量的仿真。通过仿真得出要保证系统正常运行的最大误码率和影响端到端延时的主要因素。

关键词: 列车通信网络; ARCNET; 建模与仿真; OPNET

中图分类号: U285 文献标识码: A

ARCNET train communication network modeling and simulation based on OPNET

KUANG Chang-hong, LI Jia-wu, WANG Yu-song, WANG Li-feng, SONG Hong-xia

(Simulation Center, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Modeling and Simulation of ARCNET network was used to evaluate ARCNET network and optimize the ARCNET network design. On the basis of in-depth understanding of ARCNET protocol, it was utilized OPNET network simulation software to build the ARCNET train communication network, included the topology model, the node application layer model and the link layer model. The real-time performance and throughput capacity for the ARCNET train communication network were analyzed using the model. The simulation results showed that the main factors which influenced the end to end delay time, the BER(bit error rate) to guarantee the normal running of the System were given.

Key words: train communication network; ARCNET; modeling and simulation; OPNET

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。由于采用令牌传递协议, 各节点通过令牌来取得对网络的访问权, 不存在竞争, 因此 ARCNET 网即使在网络负载重, 流量很大的情况下也不会造成网络阻塞。并且 ARCNET 有一个非常突出的优点, 就是当网络上新增或减少节点时, 它能够自动进行重构, 不会造成整个网络的瘫痪。这些特点使得 ARCNET 协议能够适用于列车通信网络, 特别是对于可变编组的列车通信网络。本文利用 OPNET 对基于 ARCNET 协议的列车通信网络进行动态仿真。研究网络的实时性和吞吐量, 对于 ARCNET 在列车通信网络中应用的研究具有参考意义。

1 ARCNET 网络建模

列车中的 ARCNET 网络不同于普通的 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。

列车通信网络长期工作在恶劣的环境下, 电磁干扰巨大, 因此本模型中 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。

列车通信网络中的数据可以分为两类: (1) 控制信息, 如前进、后退、牵引和制动指令等, 控制信息对实时性要求高, 因此周期性发送; (2) 监视信息, 如监视和服务信息等, 监视信息对实时性要求较低, 可以按需要进行发送。在 ARCNET 列车通信网络中规定控制信息发送的周期为 10 ms, 这样网络中令牌循环一周的时间就不能超过 10 ms。

为了进一步提高网络的实时性、可靠性和安全性, ARCNET 列车通信网络采用双环结构, 对于控制信息同时往两个方向双向传送, 对于监视信息往一个方向传送; 当该方向传送失败时再往另外一个方向传送。

1.1 网络拓扑结构建模

收稿日期: 2007-11-16

作者简介: 况长虹, 在读硕士研究生; 李家武, 副教授。

图1为某高速动车组的ARCNET列车通信网络在OPNET中的拓扑结构模型，该列车由8节车厢构成，T1c、T2c为头车，M1、M2、M1s为动车，T2、T1k为拖车。网络中一共有10个节点，其中1号和6号节点为中央节点，其余的为终端节点，中央节点主要负责指令下达，收集终端节点的信息以及网络的维护等。

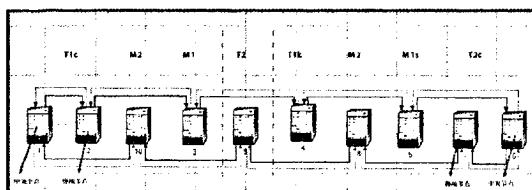


图1 ARCNET列车通信网络的拓扑结构

该ARCNET网络为双环冗余结构，正常工作时一个环为主环，另外一个环为备用环，备用环起辅助及热备的作用，当主环故障时，可以马上由备用环接替主环的工作。

节点1和2、6和7之间的距离设定为20 m外，其余各节点间的距离参照实际距离，设定为50 m。

1.2 节点建模

图2为ARCNET节点模型。recv1、xmt1和recv2、xmt2为两对收发器，分别对应主环和备用环，proc模块完成ARCNET的链路层协议，为整个仿真模型的核心部分。in_out模块完成应用层协议。

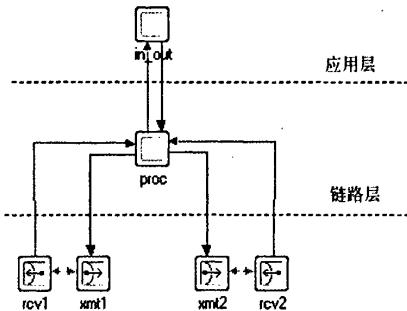


图2 ARCNET节点模型

1.2.1 应用层进程建模

应用层模型即节点模型中的in_out模块，该模块主要完成数据包的产生和从链路层接收数据包的功能。

模型运行时，首先进入初始化状态(init)，读

入节点的参数（如节点的地址、类型），然后转入空闲状态(idle)，当有数据从链路层传输到应用层时(recv条件成立)，转入数据接收状态(recv_data)；当应用层有数据发送时(xmt条件成立)，转入数据发送状态(xmt_data)，在数据接收或发送完成后转入空闲状态。

1.2.2 链路层进程建模

链路层进程模型即节点模型中的proc模块，该模型主要完成数据打包，数据错误检测和处理，网络管理，网络故障处理，通讯时间的计算等功能。

模型运行时，首先进入初始化状态(init)，对节点的各种参数，如中断和统计量等进行设置，然后进入空闲状态，在空闲状态下，如果有应用层数据到来，进入upper_frame状态，如果物理层数据到来，则进入lower_frame状态，在upper_frame状态中，如果该节点持有令牌并且为中央节点，则同时从两个方向向终端节点发送广播数据；如果节点持有令牌且为终端节点，那么该节点首先发送一个请求帧，在收到中央节点的应答后，往中央节点发送状态数据。在状态数据发送完毕后，进入release_token状态，将令牌传递到下一个节点，然后转入空闲状态；如果终端节点没有持有令牌，则将应用层的数据进行排队。在lower_frame状态中，主要对物理层接收到的数据进行处理，对非本节点的数据，直接转发到下一个节点，在数据处理完毕后，转入空闲状态。

2 仿真和结果分析

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和网络吞吐量进行了仿真。

2.1 网络实时性仿真

网络实时性仿真主要包括对端到端延时和令牌循环时间的仿真。ARCNET列车通信网络要求令牌的循环时间不能超过10 ms，如果超过10 ms，周期性的控制信息将不能按时传送到各终端节点，会严重影响列车的正常运行。

端到端延时的仿真结果如图3，网络端到端的平均延时不会超过0.5 ms，由于ARCNET是令牌网络，因此端到端平均传输延时相对固定。

图4为令牌平均循环时间，可以看出令牌循环

一周的时间没有超过控制信息的发送周期 10 ms。

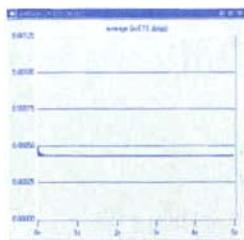


图3 端到端延时仿真结果



图4 令牌平均循环时间

图5为在数据传输的误码率为 1×10^{-7} 时捕捉到的令牌的循环时间，此时数据发生了频繁的重传，造成循环时间增大。

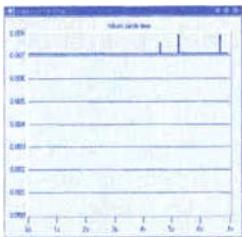


图5 令牌循环时间

2.2 网络吞吐量仿真

各节点间链路吞吐量的仿真结果如图6。

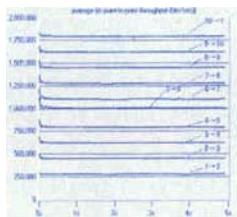


图6 链路吞吐量仿真结果

图7和图8为在误码率为 1×10^{-7} 时，捕捉到的链路吞吐量仿真结果，图7是主环的链路吞吐量，图8是备用环的链路吞吐量，当主环发生故障时，备用环承担起主环的工作，故备用环的链路吞吐量会增大，而主环的减小。

2.3 仿真结果分析

网络数据传输的延时主要分为源节点通信处理延时、目的节点通信处理延时和链路传输延时，其中，链路传输延时主要取决于传输距离和传输速度。由于ARCNET列车通信网络采用光纤作为介质，并且节点间的距离较小，因此链路延时非常小，

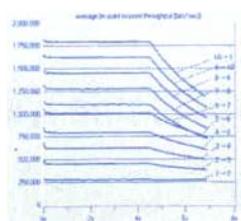
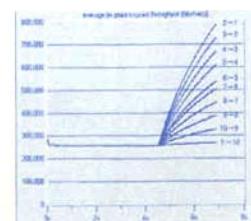


图7 主环吞吐量仿真结果



一周的时间没有超过控制信息的发送周期 10 ms。

在网络实时性仿真的过程中，通过设置不同误码率发现，当误码率高于 1×10^{-7} 时，网络数据传输质量急剧下降，令牌循环时间将会超过 10 ms，不满足系统要求。所以要保证ARCNET列车通信网络正常运行必须保证误码率在 1×10^{-7} 以下。

由图6~图8的吞吐量仿真可以看出，各节点间的链路吞吐量并不一致，这是由于ARCNET令牌环是单向传输。因此，如果2号节点要向中央节点（1号节点）传输数据，必须要通过其后继节点3号、4号……，而10号节点则要转发前面所有节点传向中央节点传输的数据，故随着节点地址的增加，节点间链路吞吐量也越大，同时链路负载也随着增加。

3 结束语

本文在深入研究ARCNET协议的基础上，对基于ARCNET的列车通信网络进行了拓扑结构、节点以及过程层的建模，并对网络的实时性和吞吐量进行了仿真，得出了要保证系统正常运行的最大误码率，还通过分析得出了影响网络端到端延时的主要因素。

参考文献：

- [1] 高会生, 斯玮玮. 基于OPNET的变电站端对端通信实时性仿真研究[J]. 继电器, 2006, 34 (19): 33-37.
- [2] 韩小涛, 聂一雄, 尹项根. 基于OPNET的变电站二次回路通信系统仿真研究[J]. 电网技术, 2005, 29 (6): 67-71.
- [3] 董楠, 朱林, 段献忠. 基于OPNET的过程层网络的仿真研究[J]. 继电器, 2006, 34 (21): 40-45.
- [4] 张宇, 刘建, 李莉. 基于令牌环网络拓扑结构的地铁电动客车网络监控系统[J]. 电力机车与城轨车辆, 2006, 29 (4): 34-37.