

分布式仿真系统耦合器通信故障的检测与恢复

杨岩岩, 黄海于

(西南交通大学 信息科学与技术学院, 四川 成都 610031)

摘要:文中针对高速列车系统动力学数字化仿真平台在系统动力学仿真过程中耦合器和执行机之间数据发送量大、交换频繁而导致的通信中断、通信阻塞、信息丢包等现象,设计并实现了耦合器通信故障的检测和恢复。分布式仿真系统因网络通信故障停止后,该设计通过多次请求、定时检测、信息重传等机制实现了仿真系统停止后接着仿真停止前的状态继续仿真计算,并对仿真系统停止后的仿真状态和仿真结果数据具有一定的保存能力,从而保证分布式仿真系统稳定、可靠的运行。

关键词:分布式计算;网络通信;网络故障;耦合器;执行机

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)10-0204-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.10.051

Detection and Recovery of Coupler Communication Fault Based on Distributed Simulation System

YANG Yan-yan, HUANG Hai-yu

(College of Information Science & Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Aiming at the phenomenon of communication interruption, communication blocking, information packet loss caused by big data transmission, frequent change between the coupler and execute machine in system dynamics simulation process in the high speed train coupling system dynamics digital simulation platform, designed and realized the coupler communication fault detection and recovery. Distributed simulation system is topped due to the network communication fault, the design through the repeated requests, timing detection, information retransmission mechanism to realize the simulation system is continue to simulation then the state that in front of the simulation stop state, and the state of the simulation and the simulation results after the stop of the simulation system have certain ability to save data, so as to ensure the running of distributed simulation system is stable and reliable.

Key words: distributed computation; network communication; network fault; coupler; execute machine

0 引言

随着计算机软硬件技术的发展,计算机仿真技术广泛应用到各个科研和开发领域,但由于仿真任务的计算量越来越大和对仿真技术的高效性、精确性、可靠性等要求越来越高,也使得分布式仿真^[1]成为当前仿真领域热门的研究方向之一。

高速列车耦合系统动力学数字化仿真平台采用分布式仿真结构^[2-4],各子系统之间通过网络进行数据交互。如何确保各子系统之间网络数据交互的可靠性及稳定性^[5-8]是一个必须解决的问题。文中根据耦合器和执行机之间网络通信的特点,设计并实现了耦合

器通信故障的检测和恢复,保证系统稳定运行。

1 系统结构

高速列车耦合系统动力学数字化仿真平台系统结构如图1所示。从图中可以看出该仿真平台主要由用户端、调度器、耦合器、执行机、数据库、监控等组成,各部分之间的连线表示有通信数据的传输,箭头表示数据传输的方向。

系统中,用户负责提交工况,对耦合模型中各子系统的输入参数进行设置或变更,并对工况进行管理和查询;调度器根据用户的需求负责计算资源的分配

收稿日期:2013-01-04

修回日期:2013-04-10

网络出版时间:2013-07-24

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划(2009BAG12A01-A01)

作者简介:杨岩岩(1985-),女,硕士研究生,研究方向为基于分布式的耦合器子系统的开发和实现;黄海于,副教授,研究方向为计算机相关软件的开发和实现。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130724.1007.050.html>

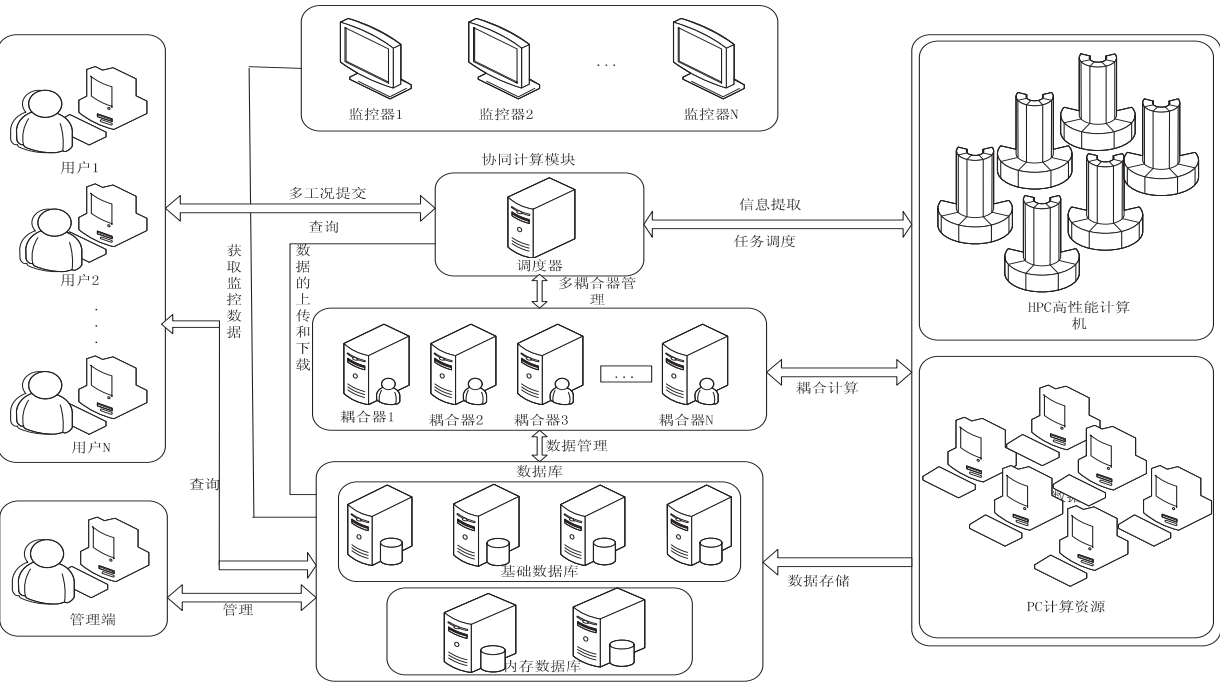


图 1 高速列车耦合系统动力学数字化仿真平台结构图

(需要仿真的任务在网络内的分配情况,即哪一个任务分配给哪一个计算机上执行)和异构系统之间的资源管理及调度;耦合器根据调度器分配的工况和工况中各个任务之间的耦合关系(任务之间的输出/输入关系)协调各个任务之间的耦合计算;执行机是独立运行任务的 Pc 机或 hPc 机,负责各个任务的计算仿真;数据库存储开始仿真时所需的原始数据和仿真过程中的中间数据。

在系统中,耦合器和其他子系统的通信最为频繁,它不仅响应调度器发送的各种控制和查询命令,而且还要协调执行机之间耦合计算过程中的时序问题以及中间结果的存储。由于系统采用 UDP,故耦合器和其他子系统之间通信的稳定性和可靠性成为衡量系统稳定性和可靠性的重要指标之一^[9-11]。

2 耦合器通信故障的检测和恢复的实现

耦合器是该仿真系统的核心,它控制分布在不同计算机上的任务模块输入输出数据的收发和仿真时序。耦合器根据各任务模块的仿真状态,准确地推算出能进行下一步仿真的任务模块,并通过网络通知相应的执行机,耦合器和执行机之间的通信 workflow 如图 2 所示。

UDP 在传输数据前不与对方建立连接,在传输过程中对发送的数据不需要发送确认信号,这就减少了时间开支,而且 UDP 比较简单,头包含的字节少,传输的数据也少,这不仅减少了时间开支也减少了系统开支,并且该仿真系统运行在局域网中,程序对仿真过程中的可靠性、流控制和故障恢复都有一定的考虑。基

于以上特点,该仿真系统采用 UDP。

由于系统采用 UDP,在仿真过程中由于通信设备故障或通信繁忙等原因会导致耦合器和执行机之间出现通信故障,主要表现在仿真系统运行终止、无法继续进行下一步仿真等。为避免上述问题的存在,拟采取如下的处理方法:

(1)首先检测仿真系统的当前状态,也就是判断当前是否出现了仿真运行终止的现象。

(2)其次在出现故障之后,准确定位故障原因。

(3)最后是故障恢复,确保系统仿真能够继续进行。

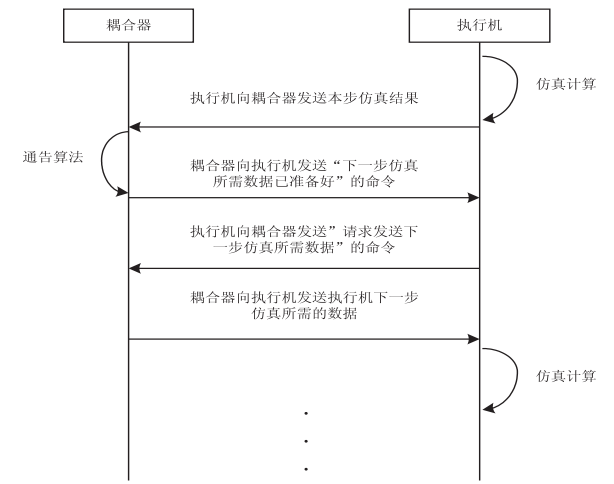


图 2 耦合器和执行机之间的通信数据 workflow

2.1 系统运行状态的检测和定位

为判断仿真系统当前的运行状态是否正常,可设置一个定时器定时检测系统当前的仿真步 P_{cur} (设 P_{cur}

代表当前仿真步, P_{pre} 代表前一时刻仿真步), 如果 P_{cur} 大于 P_{pre} , 则认为系统正常运行; 如果存在 P_{cur} 与 P_{pre} 相同的情况而此时仿真并未结束, 则认为系统不正常运行, 在不正常的情况下须完成故障定位及故障恢复的处理, 故障检测流程图如图 3 所示。

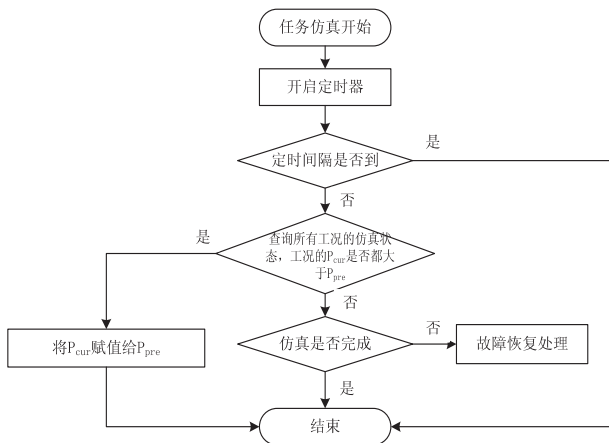


图 3 故障检测流程图

由于仿真任务之间存在耦合关系, 即一个任务模块的输出参数是另一个或多个任务模块的输入参数, 或者另外一个或多个任务模块的输出参数是一个任务模块的输入参数, 图 4 是一个简单的耦合关系图。该系统在设计时可确保每个仿真任务在一个仿真周期内均执行了一个仿真步长, 如果某个仿真任务的 S_{cur} 在所有的仿真任务中处于最小, 则可能由以下几个方面的原因导致 (S_{cur} 代表某个任务模块的当前仿真步, S_{pre} 代表该任务模块的上一仿真步, S_{next} 代表该任务模块的下一仿真步, P_o 代表该任务节点, P_i 代表该任务节点的前驱节点):

- (1) P_i 中有一些节点未能将 P_o 所需的 S_{next} 输入数据发送给耦合器, 导致耦合器无法通知 P_o 的 S_{next} 数据已经准备好。
- (2) P_o 未能接收到耦合器发送的 S_{next} 数据已准备好的消息。
- (3) P_o 未能从耦合器获取 S_{next} 仿真所需要的输入数据。

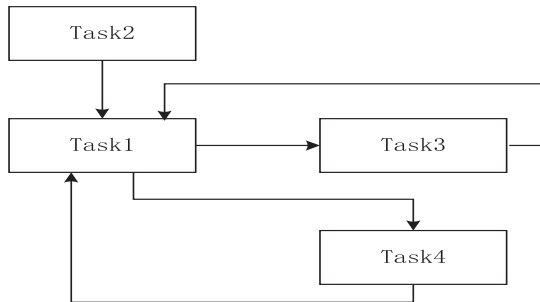


图 4 任务模块之间的耦合关系

如何根据耦合器已接收到的数据判断究竟是哪种情况呢? 可采用如下的方法:

(1) 找到耦合关系中任意一个节点 P_o , 得到其仿真步 S_{cur} 和其所所有 P_i 及其仿真步 m_i 。

(2) 如果对于 P_o 的所有 P_i 均有 $m_i = S_{cur} - 1$ (因为不可能存在 $m_i < S_{cur} - 1$ 的情况), 则说明 P_o 的所有 P_i 均将其第 $S_{cur} - 1$ 步的输出发送给了耦合器, 耦合器通知了 P_o 第 S_{cur} 步数据的输入已准备好, 同时 P_o 也将其第 S_{cur} 步的输出发送给了耦合器。

(3) 如果 P_o 的所有 P_i 的 $m_i \geq S_{cur}$, 则说明 P_o 的所有 P_i 均将第 S_{cur} 步的输出结果发送给了耦合器, 但耦合器未通知 P_o 的 S_{next} 数据已准备好或者 P_o 未能从耦合器接收到数据, 这是故障 (2)、(3) 的情况。

(4) 如果 P_o 的 P_i 中存在部分 $S_{cur} - 1 \leq m_i < S_{cur}$ 和部分 $m_i \geq S_{cur}$ 的情况, 则说明这些节点未能将其第 S_{cur} 步的输出发送给了耦合器, 从而导致了 P_o 无法计算 $S_{cur} + 1$ 步的输出数据。导致的原因可能是这些节点第 S_{cur} 步未计算完, 也可能是已经计算完但未能将结果发送给耦合器 (但由于所设定的定时器时钟比较大, 因此节点未计算完的情况基本不存在), 这是故障 (1) 的情况。

从上面的分析可以看出, 故障的根本原因总是出现在仿真步最小的那个节点。而这个节点也可能存在上述三种故障原因。对于故障 (1) 主要是该节点作为其他节点的输入节点时可能出现, 对于故障 (2)、(3) 则可能作为其他节点的输出结点。

2.2 故障的恢复

对于故障 (1)、(2)、(3) 可采用如下方法恢复:

(1) 首先获取最小仿真步长的任务模块的信息和任务模块的当前最大仿真步长。

(2) 其次在耦合关系 (图结构) 中找前驱节点对应的仿真步保存起来。

(3) 最后将当前节点的仿真步和其前驱节点的仿真步做比较来判断属于哪种故障。

对故障 (1) 是前驱节点中对应的某一步仿真数据没有传递给耦合器保存, 它的处理方法是耦合器根据最小仿真步节点, 查找图找到其前驱节点, 请求其前驱节点重新发送某一步的仿真数据。

对故障 (2)、(3) 处理方法为:

(1) 在耦合器中通知所有仿真节点告知下一步数据已经准备好, 通过网络修改执行机的下一步的准备数据值。

(2) 在执行机中给每一个任务线程在获取下一步仿真数据时设置一个检测定时器用于检测是否能从耦合器中获取该任务下一步仿真所需要的数据, 如果在规定的定时时间内都不能获取仿真数据, 则重新发送该命令, 直到能正确地获取下一步仿真数据。

(3) 在处理仿真模块的仿真步长不同时, 当网络

中断时,在耦合器中会出现有些仿真任务节点的最后一步数据没有存入耦合器,为此需要在步骤(2)中在重新获取下一步数据之前,重新再发仿真任务节点中最后一步仿真数据给耦合器。

故障恢复过程中耦合器端的故障处理流程图如图 5 所示。

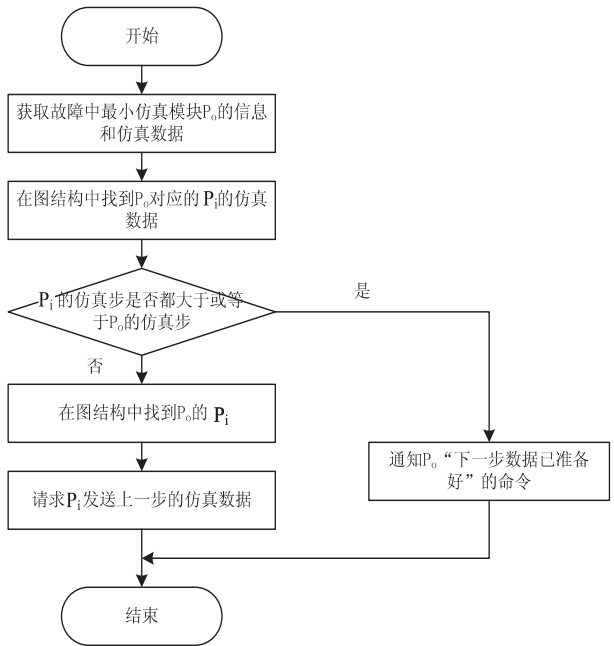


图 5 耦合器端对故障处理的流程图

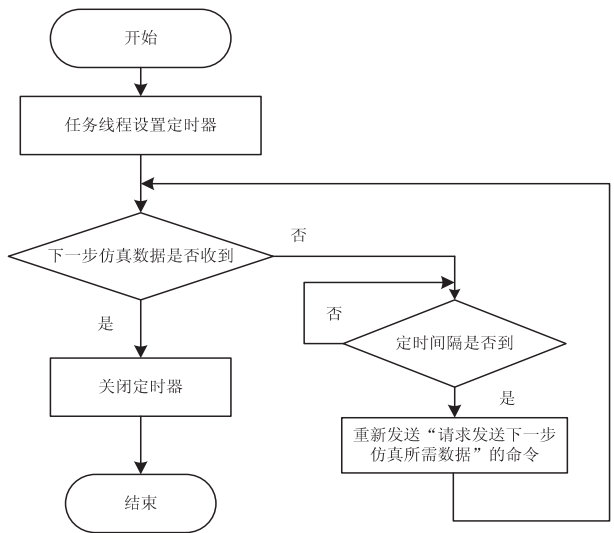


图 6 执行机端对故障处理的流程图

故障恢复过程中执行机端的故障处理流程图如图 6 所示。

3 结束语

该设计首先实现了耦合器和执行机之间通信故障的检测,然后定位故障,最后实现了故障的自动恢复。通过数据收发重传机制,解决了耦合器和执行机之间因传输数据量大、交换数据频繁等引起的通信故障,保证了系统的稳定工作和高效运行,这样才能更好地应用于现实,服务于社会。

参考文献:

[1] 于有志,沈为群,宋子善. 一个基于 HLA 的实时仿真通讯模型的研究[J]. 计算机仿真,2008,25(2):145-148.

[2] 张宇. 基于分布式的耦合仿真平台的研究与实现[D]. 成都:西南交通大学,2012.

[3] Smam L, Catlett C. Metacomputing[J]. Communication of the ACM,1992,35(6):44-52.

[4] Xiong Huanyu, Li Deyi. Development and architecture of global information grid[J]. Journal of Dalian University of Technology,2003,43:84-86.

[5] 徐守朋. 分布式耦合仿真平台中数据通信协议的研究与应用[D]. 成都:西南交通大学,2012.

[6] 徐庚保,曾莲芝. 论仿真技术的重点和其中的热点与难点[J]. 计算机仿真,2003,20(2):1-4.

[7] 刘晓建. 大规模分布式仿真信息传输延迟研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2003.

[8] 聂学武,张永胜,骆琴. 服务计算安全问题分析[J]. 计算机技术与发展,2012,22(2):181-184.

[9] 龚爱珍,艾丽蓉,王琼. 基于同步和异步时间管理的混合时间管理算法[J]. 计算机技术与发展,2011,21(7):32-35.

[10] Rose M, McCioghriane K. Management information base for network management of TCP/IP based Internets MIB[S]. RFC1213,1991.

[11] Rak S J, Hook D J V. Evaluation of Grid-based relevance filtering for multicast group assignment[C]//Proc of 14th Workshop on Standards for the Interoperability of Distributed Simulations. [s. l.]:[s. n.],1996:739-747.

(上接第 203 页)

[8] 杨焯,梁继民,杨万海,等. 基于进化策略和 IHS 变换的图像融合方法[J]. 电子学报,2001,29(10):1388-1391.

[9] 侯艳丽. 融合多特征的纹理图像分割算法[J]. 计算机技术与发展,2012,22(5):120-122.

[10] Muller A C, Narayanan S. Cognitively-engineered multisensor image fusion for military applications[J]. Information Fusion, 2009,10(2):137-149.

[11] Toet A, Ijspeert J K, Waxman A M, et al. Fusion of visible and thermal imagery improves situational awareness[J]. Displays, 1997,18(2):85-95.

分布式仿真系统耦合器通信故障的检测与恢复

作者：[杨岩岩](#)，[黄海于](#)，[YANG Yan-yan](#)，[HUANG Hai-yu](#)
作者单位：[西南交通大学 信息科学与技术学院, 四川 成都, 610031](#)
刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(10)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201310051.aspx