



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106295808 B

(45)授权公告日 2018.12.11

(21)申请号 201610551141.1

(22)申请日 2016.07.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106295808 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(73)专利权人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号北
京航空航天大学

(72)发明人 吕琛 丁宇 袁航 马剑

(74)专利代理机构 北京元本知识产权代理事务
所 11308

代理人 秦力军

(51)Int.Cl.

G06N 5/04(2006.01)

G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 101118533 A,2008.02.06,

CN 105743677 A,2016.07.06,

CN 102662728 A,2012.09.12,

CN 101581295 A,2009.11.18,

CN 202886986 U,2013.04.17,

US 2005212523 A1,2005.09.29,

警超.基于故障树的飞机故障诊断专家系统
技术研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库
工程科技 II辑》.2016,

审查员 张雅琳

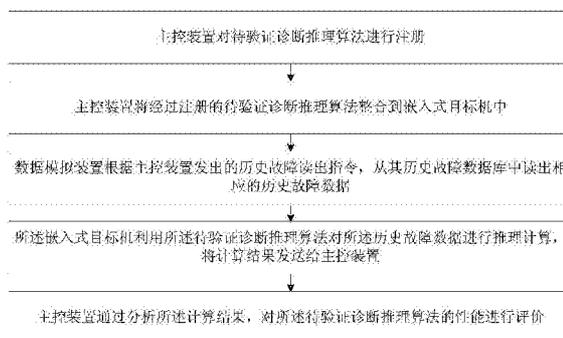
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法,包括:主控装置对待验证诊断推理算法进行注册;主控装置将经过注册的待验证诊断推理算法整合到嵌入式目标机中;数据模拟装置根据主控装置发出的历史故障读出指令,从其历史故障数据库中读出相应的历史故障数据;所述嵌入式目标机利用所述待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算,将计算结果发送给主控装置;主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价。本发明解决了现有技术存在的需要在飞机上验证实时诊断推理算法的困难。



1. 一种飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法,其特征在于,利用飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统在地面验证所述飞机嵌入式实时诊断推理算法,所述飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统包括:主控装置、经由局域网连接所述主控装置的嵌入式目标机、经由局域网连接所述主控制装置的数据模拟装置,其中数据模拟装置具有历史故障数据库,并且数据模拟装置经由光纤连接所述嵌入式目标机;所述方法包括:

主控装置对待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法进行注册;

主控装置将经过注册的待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法整合到与其连接的嵌入式目标机中;

连接所述主控装置的数据模拟装置根据主控装置发出的历史故障读出指令,从其历史故障数据库中读出相应的历史实际故障数据;

连接所述主控装置和所述数据模拟装置的所述嵌入式目标机利用来自主控装置的待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法对所述来自数据模拟装置的历史实际故障数据进行推理计算,将含有故障类型数量的计算结果发送给主控装置;

主控装置通过分析所述含有故障类型数量的计算结果,对所述待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的性能进行评价。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述的利用待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算包括:

接收所述主控装置的任务要求;

根据所述任务要求,从所述数据模拟装置中读入相应的历史实际故障数据;

利用所述待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法对所述相应的历史实际故障数据进行计算。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述的主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的性能进行评价包括:

将所述计算结果中的故障类型数量与所述历史故障读出指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;

按照匹配处理的匹配程度,评价所述待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的性能。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述的利用待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算包括:

接收所述数据模拟装置转发的来自所述主控装置的计算资源的包含挤占等级的挤占指令;

根据所述挤占指令中的挤占等级,设定机载计算环境中非飞机嵌入式实时诊断推理算法对于计算资源的挤占比例;

在按照所述挤占比例分别为非飞机嵌入式实时诊断推理算法和待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法分配相应计算资源的情况下,得到计算资源被挤占时待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的解算效率和能力,并将其发送给主控装置。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述的主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:

将所述计算结果中的故障类型及数量与所述故障注入指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;

按照匹配处理的匹配程度以及计算资源被挤占时待验飞机嵌入式实时证诊断推理算法的解算效率和能力,评价所述待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的性能。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其特征在于,所述主控装置与所述数据模拟装置及所述嵌入式目标机通过局域网传输进行通信,所述数据模拟装置与所述嵌入式目标机通过光纤进行通信。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述的得到计算资源被挤占时待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的解算效率和能力包括:

对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计;

通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

8. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述的为非飞机嵌入式实时诊断推理算法分配相应计算资源是通过运行等效计算程序实现的。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述等效计算程序的运行优先级高于待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法的运行优先级,以便根据所述主控装置的挤占指令,优先运行待验证飞机嵌入式实时诊断推理算法。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述计算资源挤占包括运行所述等效计算程序的线程的CPU占用率和内存占用率。

飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及飞机故障诊断领域,特别是一种飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法。

背景技术

[0002] 随着新型飞机功能复杂度和系统复杂度的提升,针对其各系统的故障诊断与健康管理系统也越来越复杂。同时,飞机健康管理系统对诊断推理过程的精度与效率提出了更高的要求。因此在研制阶段,设计人员需要面对更高的性能要求,这给研制生产带来了更多的困难。

[0003] 针对机载设备进行故障诊断是一项涉及多设备的技术,从针对被测设备进行数据采集,到将设备状态信息汇入区域级管理器进行诊断处理,直到最后将诊断结果发送到地面进行相关的维护保养决策。这个过程对于相应的诊断推理引擎算法提出了高实时性要求,因此在地面的诊断推理算法研发阶段,设计人员需要对算法进行多次的试验验证,以满足设计要求。为了在机载嵌入式诊断系统的研制阶段,开展实施诊断设计的试验分析工作,及时有效的发现设计缺陷并进行优化调整,进行飞机嵌入式实时诊断设计的试验分析系统研制十分必要。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种对飞机嵌入式实时诊断推理算法进行试验方法,以便得到有效和可靠的飞机嵌入式实时诊断推理算法。

[0005] 本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法的一个实施例,包括:

[0006] 主控装置对待验证诊断推理算法进行注册;

[0007] 主控装置将经过注册的待验证诊断推理算法整合到嵌入式目标机中;

[0008] 数据模拟装置根据主控装置发出的历史故障读出指令,从其历史故障数据库中读出相应的历史故障数据;

[0009] 所述嵌入式目标机利用所述待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算,将计算结果发送给主控装置;

[0010] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价。

[0011] 优选地,所述的利用待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算包括:接收所述主控装置的任务要求;根据所述任务要求,从所述数据模拟装置中读入相应的历史故障数据;利用所述待验证诊断推理算法对所述相应的实际故障数据进行计算。

[0012] 优选地,所述的主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型数量与所述历史故障读出指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0013] 优选地,所述的利用待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算包

括:接收所述数据模拟装置转发的来自所述主控装置的计算资源的包含挤占等级的挤占指令;根据所述挤占指令中的挤占等级,设定机载计算环境中非诊断推理算法对于计算资源的挤占比例;在按照所述挤占比例分别为非诊断推理算法和待验证诊断推理算法分配相应计算资源的情况下,得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,并将其发送给主控装置。

[0014] 优选地,所述的主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型及数量与所述故障注入指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度以及计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0015] 优选地,所述主控装置与所述数据模拟装置及所述嵌入式目标机通过局域网传输进行通信,所述数据模拟装置与所述嵌入式目标机通过光纤进行通信。

[0016] 优选地,所述的得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力包括:对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计;通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

[0017] 优选地,所述的为非诊断推理算法分配相应计算资源是通过运行等效计算程序实现的。

[0018] 优选地,所述等效计算程序的运行优先级高于待验证诊断推理算法的运行优先级,以便根据所述主控装置的挤占指令,优先运行待验证诊断推理算法。

[0019] 优选地,所述计算资源挤占包括运行所述等效计算程序的线程的CPU占用率和内存占用率。

[0020] 本发明的有益效果是,通过在地面验证飞机嵌入式诊断推理算法,可以提高飞机嵌入式诊断推理算法的验证效率,加快飞机嵌入式诊断推理算法的开发,并且可以大幅降低飞机嵌入式诊断推理算法的验证成本。

[0021] 下面结合附图对本发明的技术内容及其效果进行详细说明。

附图说明

[0022] 图1是本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统的示意图;

[0023] 图2是本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统的硬件架构图;

[0024] 图3是本发明的数据模拟器的硬件架构图;

[0025] 图4是本发明的嵌入式目标机的硬件架构图;

[0026] 图5是本发明的飞机嵌入式诊断推理算法试验系统的软件架构图;

[0027] 图6是本发明的飞机嵌入式诊断推理算法试验系统的主控装置的软件架构图;

[0028] 图7是本发明的数据模拟器的硬件架构图;

[0029] 图8是本发明的嵌入目标机的软件架构图;

[0030] 图9是本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法第一实施例的示意图;

[0031] 图10是本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法第二实施例的示意图;

[0032] 图11是本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验方法第三实施例的示意图。

具体实施方式

[0033] 图1显示了本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统,如图1所示,该系统包括:

[0034] 主控装置,用于对待验证诊断推理算法进行注册,将经过注册的待验证诊断推理算法整合到嵌入式目标机中,并发出生成故障数据的故障生成指令;

[0035] 数据模拟装置,用于根据主控装置发出的故障生成指令,生成相应的故障数据;

[0036] 嵌入式目标机,通过运行所述待验证诊断推理算法,对所述故障数据进行推理计算,并将计算结果发送给主控装置;

[0037] 其中,所述主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价;

[0038] 其中,所述的故障生成指令为仿真故障生成指令或者实际故障注入指令或者历史故障读出指令,所述故障数据是根据所述仿真故障生成指令生成的仿真故障数据或者根据实际故障注入指令从试验台故障注入系统获得的相应实际故障数据或者根据历史故障读出指令从历史故障数据库中读出的相应历史故障数据。

[0039] 上述的嵌入式目标机包括:用于从主控装置接收任务要求的接收模块,比如接口模块;用于根据所述任务要求从所述数据模拟装置中读入相应的故障数据的读取模块,比如:用于利用待验证诊断推理算法对所述相应的故障数据进行计算的计算模块。

[0040] 上述的主控装置包括:用于将所述计算结果中的故障类型数量与所述故障指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理的匹配处理模块;用于按照匹配处理的匹配程度,评价所述待验证诊断推理算法的性能的评价模块。

[0041] 上述的嵌入式目标机还包括计算机资源挤占模块,该计算机资源挤占模块用于:接收所述主控装置发出的用于挤占计算资源的挤占指令;根据所述挤占指令包含的挤占等级,设定机载计算环境中非诊断推理算法对于计算资源的挤占比例;在按照所述挤占比例分别为非诊断推理算法和待验证诊断推理算法分配相应计算资源的情况下,得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,并将其发送给主控装置。

[0042] 上述主控装置的匹配处理模块将所述计算结果中的故障类型数量与所述故障指令所涉及的故障类型数量进行匹配处理;主控装置的评价模块按照匹配处理的匹配程度以及计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0043] 上述的故障仿真模型对液压伺服系统的故障进行模拟,生成包括电子放大器增益突变、电子放大器增益缓变以及液压缸内泄露的故障数据。

[0044] 上述的挤占模块通过以下处理,得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力:

[0045] 对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计;

[0046] 通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

[0047] 本发明为非诊断推理算法分配相应计算资源是通过运行等效计算程序实现的。其中,等效计算程序的运行优先级高于待验证诊断推理算法的运行优先级,以便根据所述主控装置的挤占指令,优先运行待验证诊断推理算法。

[0048] 本发明所述的计算资源挤占包括运行所述等效计算程序的线程的CPU占用率和内

存占用率。

[0049] 下面结合附图对本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统的功能、硬件架构、软件架构进行详细说明。需要指出的是,这些说明仅仅用于解释本发明,而不是用来限定本发明。

[0050] 主控装置从功能上可以分为运行任务配置功能模块、任务运行状态监测与控制模块、验证评价功能模块以及作为嵌入式目标机上位机进行嵌入式目标机相关配置监测操作。数据模拟装置从功能可以分为进行数据采集、数据仿真、数据管理以及数据传输的几个模块。嵌入目标机作为对机载计算环境的模拟,其担负着运行待验证诊断推理算法、等效资源占用计算任务及任务运行状态监控的任务。

[0051] 主控装置作为试验分析系统的任务发起端和控制端,首先需要进行的是运行任务的配置。任务运行配置需要对当前建立的试验分析任务进行必要的设置。试验分析系统支持通过数据库进行待验证对象及算法的管理、索引工作。在任务运行之前,需要先对待验证对象及相应的算法进行注册,提供待测试对象的名称、型号和建模/运行工况,待试验分析的算法功能、算法名称、验证指标和算法模型名称。在上述具体的对象信息确认之后,每次进行任务新建操作之前,针对待试验分析的对象输入每次任务的详细信息,完成任务的新建。

[0052] 任务运行状态监测与控制模块实现在任务运行的过程中,监测任务运行的阶段并通过交互界面进行反馈,同时提供实时控制任务运行状态的权限和功能,进行任务继续或停止的操作。在任务运行状态监测与控制模块中,通过用户交互界面还能显示当前任务队列状态,并支持选择不同的当前运行任务进行控制。

[0053] 验证评价功能模块实现在对待试验分析诊断推理算法的性能评估能力、故障诊断能力以及故障预测能力的分析评价,通过根据所选取的验证算法的不同分别选择度量评价指标进行验证分析,最后将结果与规定值进行对比进行合格判定,得出验证分析结论。

[0054] 主控部分同时作为嵌入式实时处理机的上位机,需要通过Workbench环境对嵌入式目标机中的嵌入式实时操作系统Vxworks进行配置、下装等操作。在操作系统配置完成的基础之上,在任务信息数据库中注册的诊断推理算法需要在满足试验分析系统相关要求的前提下,在Workbench环境中完成调试之后,加入到嵌入式实时处理机的算法库中,形成与任务信息数据库中的对应以支持试验分析任务的调用要求。

[0055] 当前试验分析系统主要是针对飞机机电系统和航电系统进行诊断推理算法的验证分析,因此数据模拟装置主要基于上述对象的数据采集与生成方式进行设计,包含旋转试验台数据采集、液压伺服系统仿真数据生成、典型航电系统对象状态图仿真模型数据生成以及公开数据等数据获取方式。

[0056] 从功能划分角度来说,数据模拟装置需要具备数据采集、数据仿真、数据管理以及数据传输功能,其中数据采集功能需要通过数据采集硬件支持,当前的数据采集通过传感器从试验台故障注入系统进行数据采集,传感器采集到的信号通过数据采集卡传送到数据模拟装置中进行存储。数据仿真通过提供仿真软件环境,为机电系统和航电系统仿真对象故障注入提供软件环境,生成故障数据,在监测与诊断数据模拟器中进行存储。数据管理为上述采集或仿真生成数据提供数据文件管理或数据库管理环境进行数据建档等操作,记录数据相关信息(采集时间、工况、采样率、采样时间等)。同时,在进行数据建档操作的基础

上,能通过从主控装置接收到的数据生成命令,从数据库中提取相应的数据并生成符合格式要求的数据文件。数据传输是指支持数据模拟装置与嵌入式目标机之间通过光纤网卡将生成的符合任务要求的数据进行传输。

[0057] 此外,数据模拟装置需要实现数据校验的功能,通过从主控装置接收的预采样指令,将要求的数据加载到数据库中,通过人为校验数据格式、完整性及正确性等相应技术要求,生成数据校验结果报告,通过与主控计算机的多次交互校验,得到正确完善的故障数据文件。

[0058] 嵌入式目标机从功能上划分主要分为三部分,分别为运行待验证诊断推理算法、等效资源占用计算任务及任务运行状态监控。

[0059] 待验证诊断推理算法在上位机的Workbench环境中通过编译调试,成为符合验证系统要求的规整化诊断推理引擎,并将程序整合到嵌入式目标机整体程序框架下以支持调用。嵌入式目标机通过解析由监测与诊断数据模拟器转发的任务要求,将待处理数据读入,调用要求的算法进行计算得到计算结果。等效资源占用计算任务的引入是为了还原真实机载计算环境中非诊断推理算法对于计算资源的挤占,通过解析任务要求中的占用等级来设定资源挤占的比例。在嵌入式实时操作系统vxworks中,不同任务之间通过优先级的高低来决定资源使用的权力,在引入的占用任务中,通过注入高优先级的任务来抢占诊断推理任务的计算资源达到等效资源占用的效果。任务运行状态监控实现的功能为对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计,通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

[0060] 试验分析系统的功能划分决定了系统硬件架构不可能在不进行通信的前提下实现,因此设计符合系统需求的通信模块是必要的。通信模块中需要支持两种类型的通信方式,分别为基于以太网的任务信息数据传输部分和基于光纤网卡的诊断推理数据传输部分。其中任务信息传输部分将承担主控模块、数据模拟器、嵌入式目标机及评价模块之间的任务命令传输,实现完整的控制命令传输数据链。诊断推理数据传输部分通过反射内存光纤卡进行传输。

[0061] 图2显示了本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统的硬件架构。如图3所示,系统的总体硬件架构包括作为主控装置的主控计算机、数据模拟装置以及嵌入式目标机。其中主控软件和验证评价软件均运行于主控计算机,主控计算机采用高性能工作站平台。验证数据的采集、仿真模拟等功能在数据模拟装置中实现,同时数据模拟器具备通过光纤向嵌入式实时处理机传输验证数据。数据模拟器采用支持多路采集卡/各类板卡扩展的高性能工控机平台。嵌入式目标机采用基于机载ICP架构的嵌入式目标机,支持通过光纤接收数据模拟器发送的验证数据,实现对机载计算环境的模拟。

[0062] 图4显示了数据模拟装置的架构,数据模拟装置需要具备较高的运算处理能力以支持各类型仿真模型的正常、高效运行,具备多种类型的硬件扩展接口连接不同类型数据采集卡以实现支持数据采集的功能,以及具备光纤网卡接口和以太网卡接口以支持多种数据传输、交互需求的功能。

[0063] 嵌入式实时目标机是基于统一光纤网络设计的单片机系统,系统由集成母板和多个LRM模块组成,所有的模块被集成在母板中,如果可能还提供备用模块插槽供系统功能扩展。其内部主要包括电源模块单元、核心计算单元、光纤接口和以太网接口以及存储单元。

[0064] 为了满足试验分析系统的运行效率与良好的用户体验,主控计算机采用通用高性能工作站。同时,主控计算机具备预留PCI接口,来实现通过多路以太网与数据模拟器和嵌入式实时处理机进行通信以及作为嵌入式实时处理机的上位机的功能。

[0065] 图5显示了本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法试验系统的软件架构。

[0066] 图6显示了主控计算机软件结构,从功能划分为任务建立、流程控制、验证评价三个部分。

[0067] 任务新建功能主要通过验证对象选择模块、故障注入模块和算法注册下装模块实现。首先,对于初次验证的算法,通过算法注册下装模块将算法信息注册到主控软件数据库,并通过Workbench下装到目标机中。用户通过验证对象选择模块选择对象信息,包括算法应用对象,运行环境参数,算法参数。然后,通过故障注入模块选择数据的来源类型,数据集的大小,样本的分配,故障趋势的设置等,并确定需要生产的等效任务占用级别。最后,软件将用户的验证设置需求转化为控制指令。

[0068] 流程控制功能主要通过协同控制模块和通讯模块实现。首先,将启动后的验证任务置入验证任务队列,并标记其状态位,然后,通过监测各系统节点的工作情况,根据任务的优先级和所处的状态,将任务信息发送给处于空闲状态的系统节点。通过验证任务在系统节点外的堆栈,最大化系统节点的工作效率,优化验证流程。同时,验证任务各节点的指令和数据信息都被记录在数据存储模块,实现验证任务的全程跟踪和可复现,保障验证任务的客观性。

[0069] 验证评价功能主要通过验证评价知识库模块和验证评估和结果分析模块实现。用户首先根据验证评价知识库中的知识,选择和新建若干验证指标,以及他们所占最终总性能评分的权重,形成该任务的验证指标方案。当系统检测到该任务的状态处于算法运行完成时,自动调用验证评估和结果分析模块,计算各指标值,与用户的要求值进行对比,给出验证评价结论,也可根据各指标所占权重,给出综合性能评分,便于类似算法的横向对比。

[0070] 图7显示了数据模拟装置的软件架构,其功能结构可以划分为显示控制模块、数据采集模块、数据处理模块以及接口模块。

[0071] 显示控制模块:负责整个数据生成的队列过程控制,将不同类型的数据生成任务发送给不同接口。将主控计算机发来的控制指令转化为试验台的采集要求或仿真模型和历史数据的生成要求,并调用仿真模型软件或基于MATLAB的数据重组程序。

[0072] 数据采集模块:包括试验台的采集程序,仿真模型的调用程序以及基于MATLAB的数据重组程序三个独立的子模块。接收显示控制模块发来的数据采集指令,调用对应的子模块,将生成好的数据发送给数据处理模块。

[0073] 数据处理模块:接收数据采集模块发送的原始采集数据,按照算法的运行要求进行规整化处理,将生成好的数据发送给数据存储模块。

[0074] 数据存储模块:接收数据处理模块发来的数据,储存为历史数据,并发送给接口模块。同时也作为数据源提供给历史数据重组模块。

[0075] 接口模块:分为光纤通信和以太网通信两种模式。基于C语音的底部发送函数负责将数据通过光纤卡发送给嵌入式目标机。基于LabVIEW的交互显示模块负责将产生的数据的信息显示给用户,并将数据通过以太网发送给虚拟嵌入式环境。

[0076] 图8显示了本发明的嵌入式目标机的软件。机载嵌入式目标机的实时操作系统的

最主要的特点就是其具有的高实时性,并且不同于通用计算机操作系统环境下软件安装方式,其操作系统以及软件的加载需要通过上位机中的Workbench环境进行下装,这种方式限制了待测试验证的算法的实时加载。出于试验分析过程优化角度的考虑,采用将多个待验证算法下装入嵌入式实时处理机中,并通过设计的算法调用模块进行待验证算法的动态调用、配置的方式可以大大提升试验分析过程的效率。在算法选择完成的基础之上引入相应等级的等效资源占用任务,将算法和等效资源占用程序同时运行,同时,任务监测模块也开始执行监测任务。诊断推理算法运行完成之后将结果信息发送到主控计算机。

[0077] 由于实际机载系统中的嵌入式诊断推理计算与任务计算多是共享同一计算资源的,任务计算的变化会对诊断推理速度会产生直接影响。为了使得搭建的测试验证系统环境接近实际机载计算环境,避免诊断推理计算可以独享CPU和存储资源,导致诊断推理的实时性偏快,与真实系统存在差异的现象,需要在系统中设计等效计算任务生成模块。

[0078] 等效计算任务生成模块通过模拟任务计算对CPU、内存等资源占用的状态及程度,来设计可调谐的任务计算线程,用于模拟与实际系统等效的CPU、内存等资源的占用,将其引入至嵌入式操作系统目标机中,与诊断推理计算线程同时运行,模拟任务计算对CPU资源的占用,进而达到与真实系统实时性的匹配。通过实时性调协匹配线程来实时调配,用以模拟真实环境中的CPU、内存等资源变化的情况。

[0079] 为了实现等效计算任务的设计,需要先设计程序进行整体计算能力的量化估算,然后通过启动等效任务计算程序来进行CPU及内存资源的高优先级占用,强制使诊断推理的计算能力受到抑制以达到模拟真实系统的实际情况。

[0080] 在实时处理机上主要运行三个线程:资源监控,实时诊断处理和等效任务计算。系统中实际要模拟的是实时诊断处理程序在运算资源被不同程序挤占的情况,因而还需要设计一个可以调节程序运行优先级的线程来规划实时处理机的运算资源。

[0081] 在此需要设计等效任务计算程序的运行优先级要高于实时诊断处理程序,从而才可以真实的模拟诊断解算过程在运算资源被不同程度的挤占的情况下的解算效率和能力。

[0082] 实时性调协匹配其实最关键的一个环节就是运算资源监控。

[0083] 在处理器主频和内存大小都已经固定的情况下,需要创建能够实时的监控CPU占用率和内存占用率的线程,来观测CPU和内存的占用率,进而对在CPU和内存被不同幅度占用的情况下的诊断过程以及诊断能力进行测试,以进行实际情况的模拟。

[0084] 更进一步可以考虑使用浮点计算能力值来更精确的数值化实时处理机的运算能力,在其满负荷运算时的稳定计算次数可以定为100%负载,空置为0。

[0085] 通过实时的监控CPU和内存使用率,并预先给等效任务计算来分配计算资源,使得诊断解算过程的运算资源可以得到控制,可以间接的模拟真实的处理机环境。

[0086] 等效任务计算拟设计为一个可以调节计算强度的稳定计算程序,它的任务是预先调节其计算强度,使得其可以稳定的占用预设的实时处理机运算资源。初步预计将其根据占用运算资源的强度等级设计为六个档位,分别为100% (完全占用实时处理机运算资源), 80%, 60%, 40%, 20%和0% (完全不占用运算资源)。默认设计为0%,即是使得实时诊断处理程序独占实时处理机运算资源,然后可以按照需求调节其档位来实现不同强度的资源占用。

[0087] 等效任务计算程序本身,其应该是一个可以调节计算强度的计算程序。在其运行

中可以根据预设好的档位比较稳定的占用实时处理机运算资源,在设计中,应根据资源监控程序持续的监控运算资源,调节等效任务计算程序使其能够稳定的计算资源占用。系统运行过程控制模块、等效计算任务生成模块和诊断推理引擎算法评价模块均运行于主控计算机中。

[0088] 图9显示了本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法的试验方法的第一实施例,其包括:主控装置对待验证诊断推理算法进行注册;主控装置将经过注册的待验证诊断推理算法整合到嵌入式目标机中;所述数据模拟装置根据主控装置的生成仿真故障数据的仿真故障指令,启动故障仿真模型,生成相应的仿真故障数据;所述嵌入式目标机利用所述待验证诊断推理算法对所述仿真故障数据进行推理计算,将计算结果发送给主控装置;主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价。

[0089] 利用待验证诊断推理算法对所述仿真故障数据进行推理计算包括:从主控装置接收的任务要求;根据任务要求,从所述数据模拟装置中读入相应的仿真故障数据;利用待验证诊断推理算法对所述相应的仿真故障数据进行计算。

[0090] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型及数量与所述仿真故障指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0091] 利用待验证诊断推理算法对所述仿真故障数据进行推理计算还包括:接收所述数据模拟装置转发的来自所述主控装置的计算资源的包含挤占等级的挤占指令;根据所述挤占指令中的挤占等级,设定机载计算环境中非诊断推理算法对于计算资源的挤占比例;在按照所述挤占比例分别为非诊断推理算法和待验证诊断推理算法分配相应计算资源的情况下,得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,并将其发送给主控装置。

[0092] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型数量与所述仿真故障指令所涉及的故障类型数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度以及计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0093] 故障仿真模型对液压伺服系统的故障进行模拟,生成包括电子放大器增益突变、电子放大器增益缓变以及液压缸内泄露的故障数据。

[0094] 得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力包括:对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计;通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

[0095] 为非诊断推理算法分配相应计算资源是通过运行等效计算程序实现的。

[0096] 等效计算程序的运行优先级高于待验证诊断推理算法的运行优先级,以便根据所述主控装置的挤占指令,优先运行待验证诊断推理算法。

[0097] 计算资源挤占包括运行所述等效计算程序的线程的CPU占用率和内存占用率。

[0098] 图10显示了本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法的试验方法的第二实施例,其包括:主控装置对待验证诊断推理算法进行注册;主控装置将经过注册的待验证诊断推理算法整合到嵌入式目标机中;数据模拟装置根据主控装置发出的注入实际故障数据的故障注入指令,从试验台故障注入系统获得相应的实际故障数据;所述嵌入式目标机利用所述

待验证诊断推理算法对所述实际故障数据进行推理计算,将计算结果发送给主控装置;主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价。

[0099] 利用待验证诊断推理算法对所述实际故障数据进行推理计算包括:接收主控装置的任务要求;根据所述任务要求,从所述数据模拟装置中读入相应的实际故障数据;利用待验证诊断推理算法对所述相应的实际故障数据进行计算。

[0100] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型数量与所述故障注入指令所涉及的故障类型数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0101] 利用待验证诊断推理算法对所述实际故障数据进行推理计算包括:接收所述数据模拟装置转发的来自所述主控装置的计算资源的包含挤占等级的挤占指令;根据所述挤占指令中的挤占等级,设定机载计算环境中非诊断推理算法对于计算资源的挤占比例;在按照所述挤占比例分别为非诊断推理算法和待验证诊断推理算法分配相应计算资源的情况下,得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,并将其发送给主控装置。

[0102] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型数量与所述故障注入指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度以及计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0103] 主控装置与所述数据模拟装置及所述嵌入式目标机通过局域网传输进行通信,所述数据模拟装置与所述嵌入式目标机通过光纤进行通信。

[0104] 得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力包括:对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计;通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

[0105] 为非诊断推理算法分配相应计算资源是通过运行等效计算程序实现的。其中,等效计算程序的运行优先级高于待验证诊断推理算法的运行优先级,以便根据所述主控装置的挤占指令,优先运行待验证诊断推理算法。

[0106] 计算资源挤占包括运行所述等效计算程序的线程的CPU占用率和内存占用率。

[0107] 图11显示了本发明的飞机嵌入式实时诊断推理算法的试验方法第三实施例,其包括:主控装置对待验证诊断推理算法进行注册;主控装置将经过注册的待验证诊断推理算法整合到嵌入式目标机中;数据模拟装置根据主控装置发出的历史故障读出指令,从其历史故障数据库中读出相应的历史故障数据;所述嵌入式目标机利用所述待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算,将计算结果发送给主控装置;主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价。

[0108] 利用待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算包括:接收主控装置的任务要求;根据所述任务要求,从数据模拟装置中读入相应的历史故障数据;利用待验证诊断推理算法对相应的实际故障数据进行计算。

[0109] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将计算结果中的故障类型数量与历史故障读出指令涉及的故障类型及数量进行匹配处理;按照匹配处理的匹配程度,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0110] 利用待验证诊断推理算法对所述历史故障数据进行推理计算包括:接收所述数据模拟装置转发的来自所述主控装置的计算资源的包含挤占等级的挤占指令;根据所述挤占指令中的挤占等级,设定机载计算环境中非诊断推理算法对于计算资源的挤占比例;在按照所述挤占比例分别为非诊断推理算法和待验证诊断推理算法分配相应计算资源的情况下,得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,并将其发送给主控装置。

[0111] 主控装置通过分析所述计算结果,对所述待验证诊断推理算法的性能进行评价包括:将所述计算结果中的故障类型及数量与所述故障注入指令所涉及的故障类型及数量进行匹配处理;

[0112] 按照匹配处理的匹配程度以及计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力,评价所述待验证诊断推理算法的性能。

[0113] 主控装置与所述数据模拟装置及所述嵌入式目标机通过局域网传输进行通信,所述数据模拟装置与所述嵌入式目标机通过光纤进行通信。

[0114] 得到计算资源被挤占时待验证诊断推理算法的解算效率和能力包括:对每次的诊断推理任务运行期间的软硬件资源占用情况进行统计;通过插桩的方式在程序中加入监控点,最终将各位置信息进行汇总统计得到任务运行期间的性能监控信息。

[0115] 为非诊断推理算法分配相应计算资源是通过运行等效计算程序实现的。其中,等效计算程序的运行优先级高于待验证诊断推理算法的运行优先级,以便根据所述主控装置的挤占指令,优先运行待验证诊断推理算法。计算资源挤占包括运行所述等效计算程序的线程的CPU占用率和内存占用率。

[0116] 本发明的嵌入式实时诊断推理算法演示系统为飞机嵌入式实时诊断设计的试验分析系统试验流程设计奠定了基础。其方法保证了试验的有序进行。

[0117] 尽管上文对本发明进行了详细说明,但是本发明不限于此,本技术领域技术人员可以根据本发明的原理进行各种修改。因此,凡按照本发明原理所作的修改,都应当理解为落入本发明的保护范围。

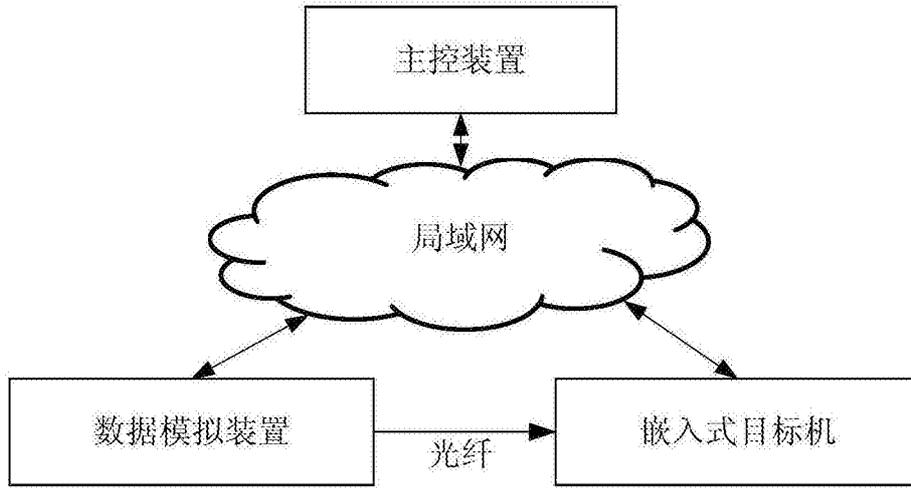


图1

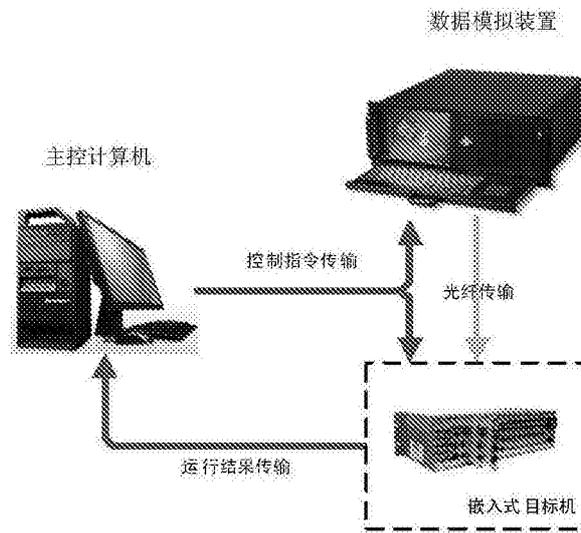


图2

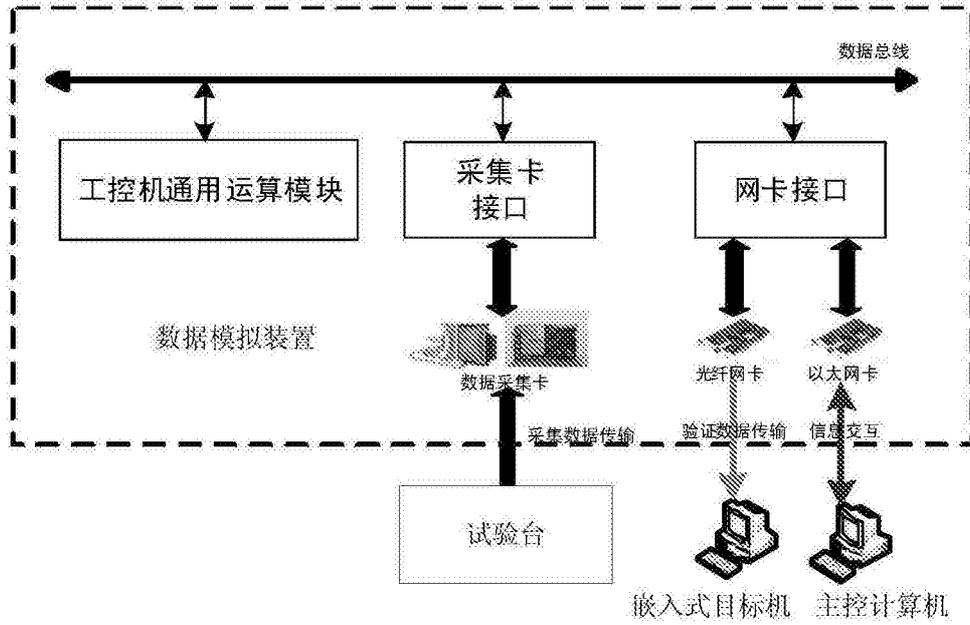


图3

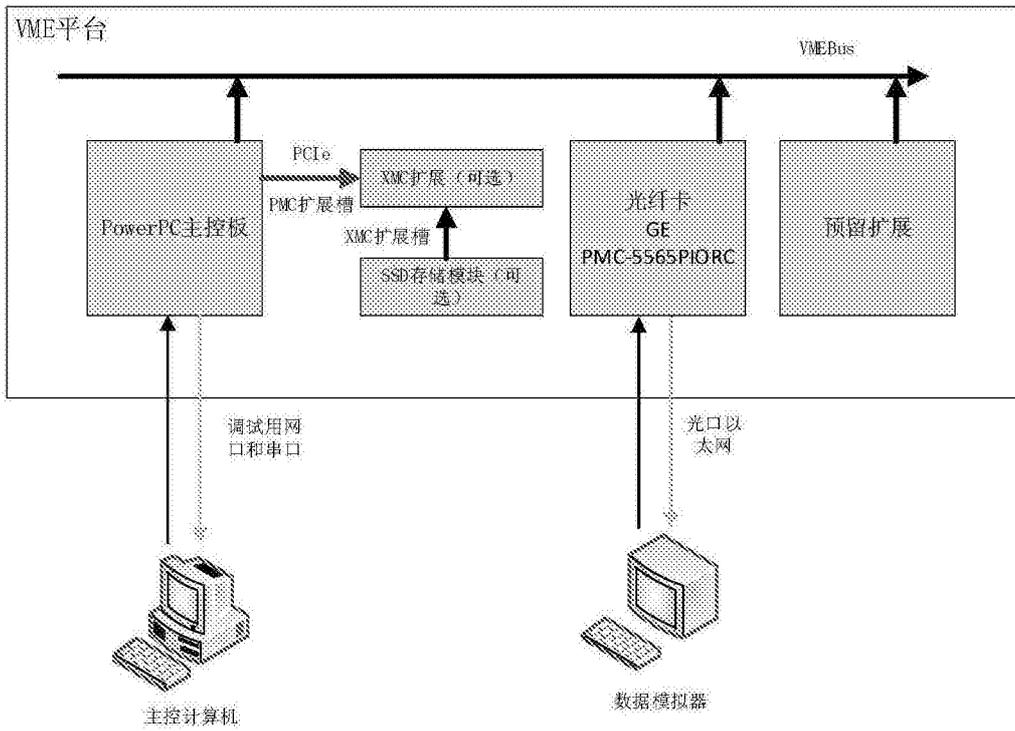


图4

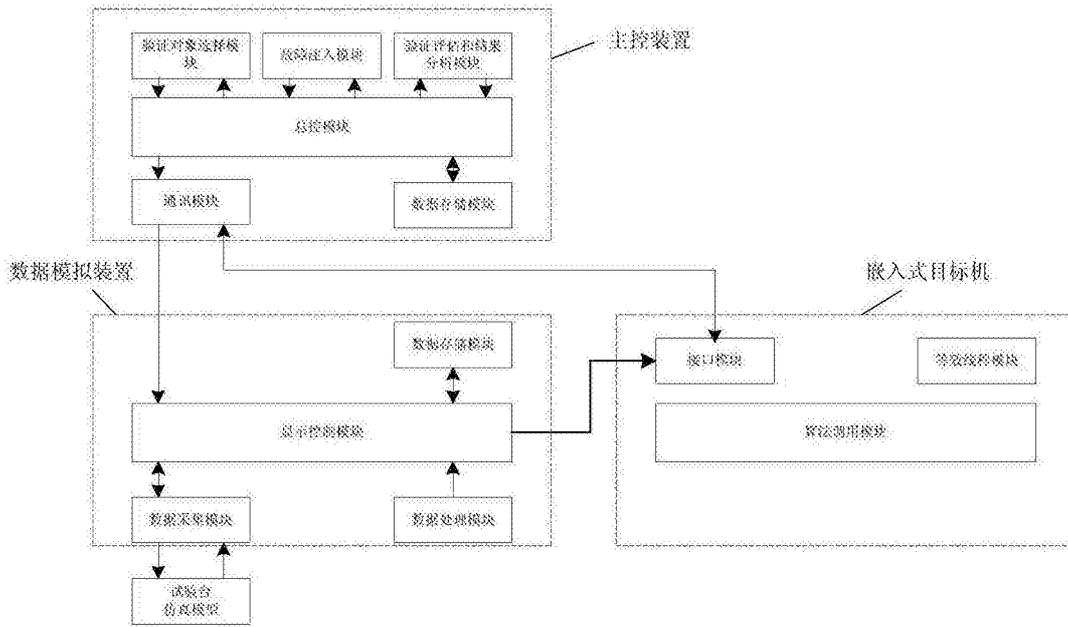


图5

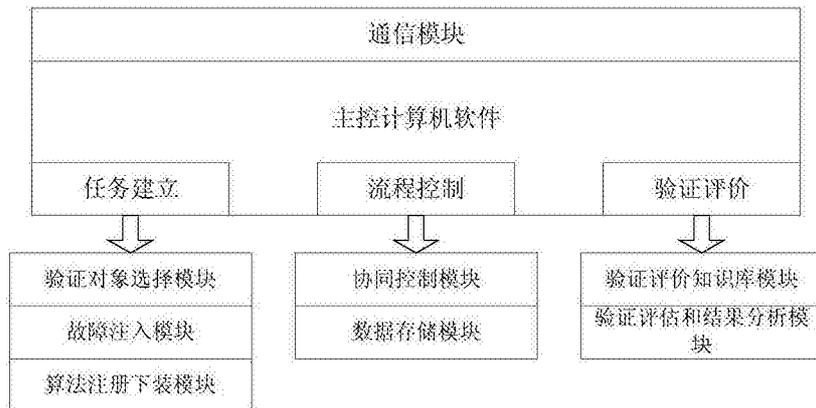


图6

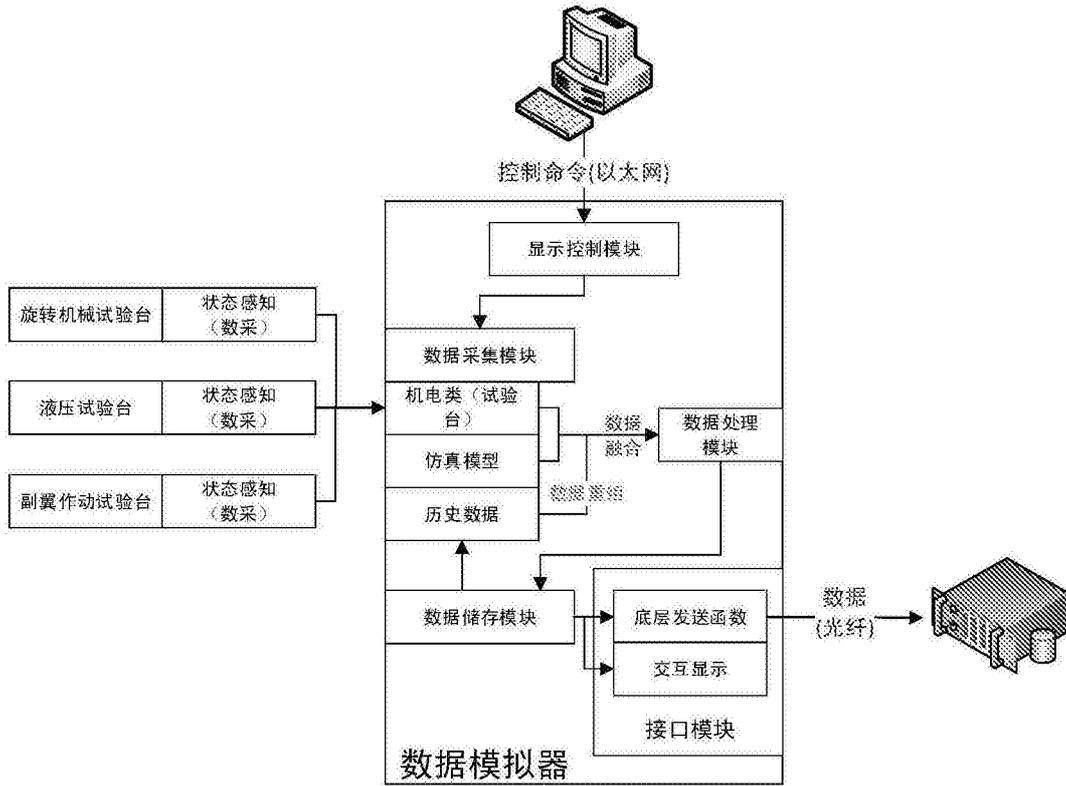


图7

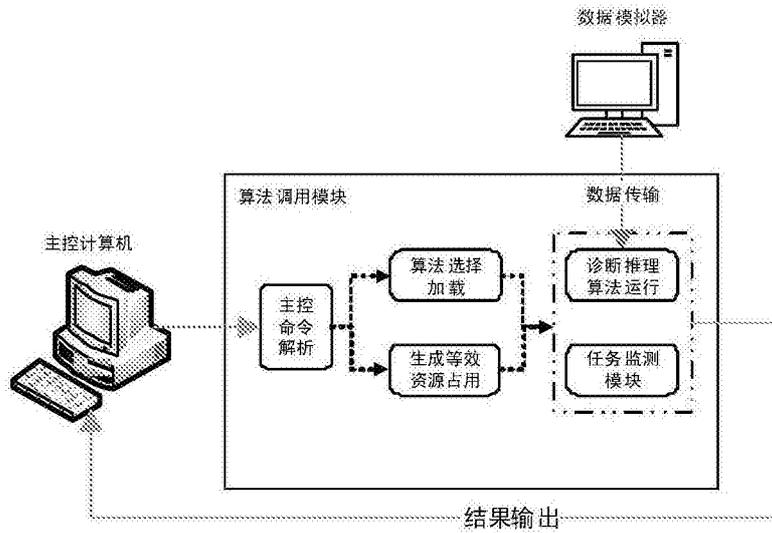


图8

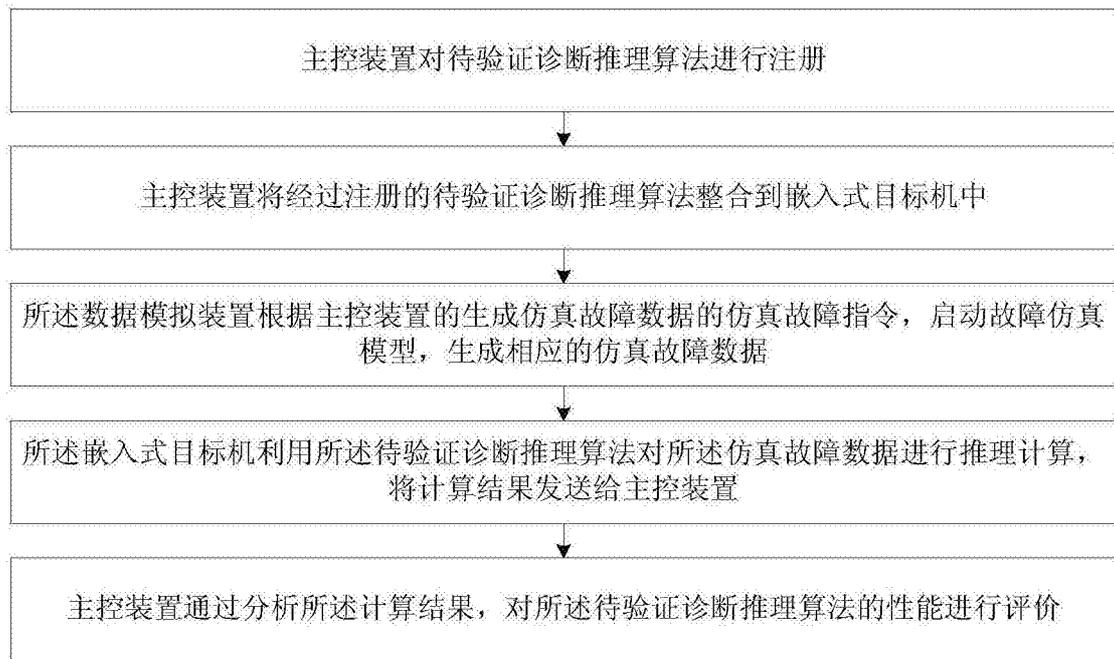


图9

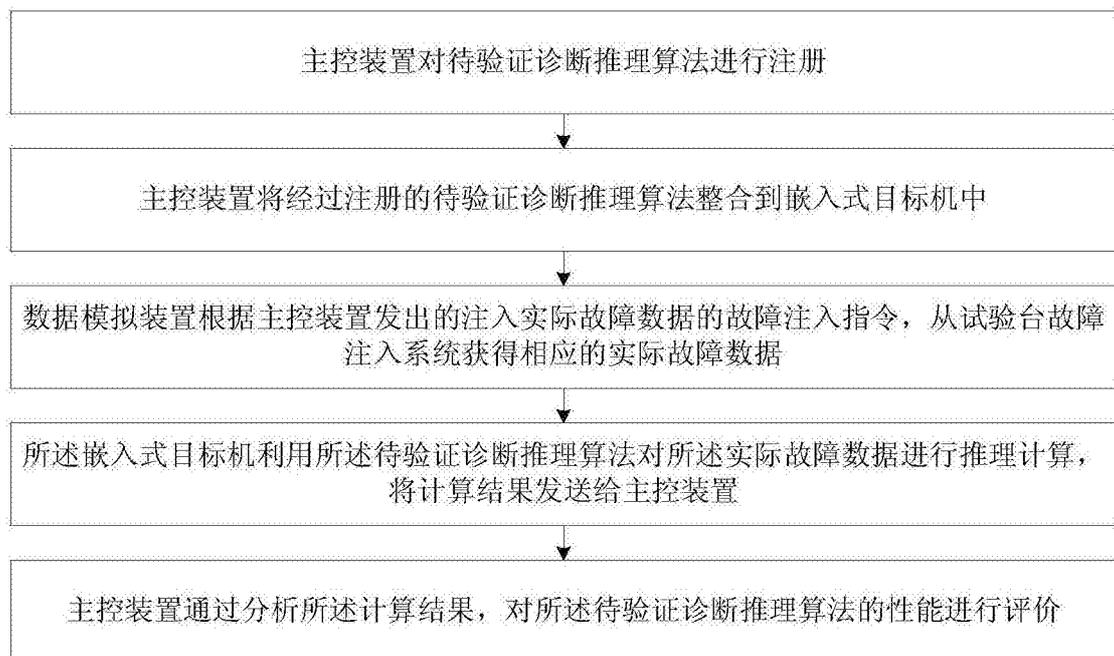


图10

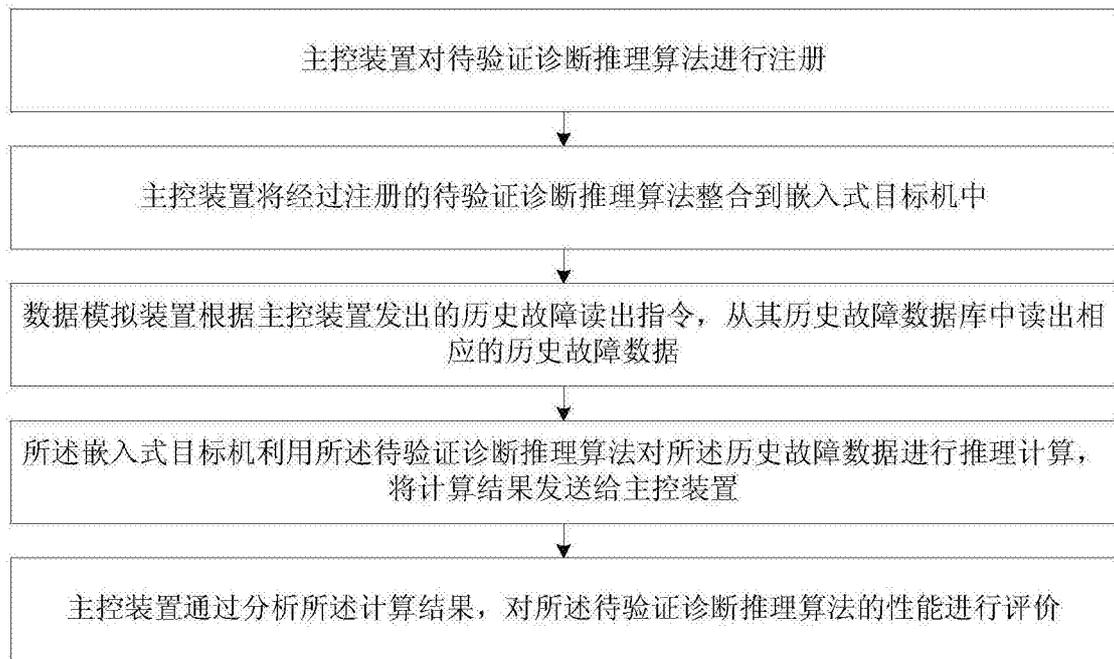


图11