



(10) 授权公告号 CN 110362847 B

(45) 授权公告日 2025. 01. 10

(21) 申请号 201910274484.1

(22) 申请日 2019.04.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110362847 A

(43) 申请公布日 2019.10.22

(30) 优先权数据
15/948,180 2018.04.09 US

(73) 专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 T·E·杰克逊 S·M·沃尔斯特龙
C·M·乌伊达

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 赵志刚 赵蓉民

(51) Int.Cl.

G06F 30/15 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

G06F 111/20 (2020.01)

G06F 119/18 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 103460210 A, 2013.12.18

CN 104298803 A, 2015.01.21

审查员 吴雪

权利要求书3页 说明书29页 附图14页

(54) 发明名称

用于生成集成模块化体系结构模型的系统、方法及装置

(57) 摘要

本申请公开了用于生成集成模块化体系结构 (IMA) 模型的系统、方法、装置和制品。一种示例装置包括：接口导入器，其用于将第一 IMA 协议定义导入到计算机建模环境中以生成库并且生成 IMA 模型对象；模型对象处理程序，其用于将 IMA 模型对象中的一些导入到计算机建模环境中以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一 IMA 模型，并且通过生成包括第一 IMA 模型的多个 IMA 模型来生成对应于飞行器的 IMA 系统模型。该示例装置还包括接口验证器，其用于通过将 IMA 系统模型的输出与验证输出进行比较来验证 IMA 系统模型；接口导出器，其用于在 IMA 系统模型被验证时生成飞行器系统的制造构建指令；以及报告生成器，其用于启动飞行器系统的生产。

1. 一种装置,其包括:

包括指令的存储器;以及至少一个处理器,用于执行指令以至少:

将与飞行器的第一飞行器系统的通信协议相关联的接口控制数据库(ICD)协议定义从ICD源导入到语言中性模型(LNM),所述ICD协议定义对应于由所述通信协议使用的至少一个控制逻辑功能或配置参数,所述LNM对应于使用不同于ICD源的数据格式或数据结构的模型和计算机建模环境,所述LNM包括对应于所述至少一个控制逻辑功能或所述配置参数的LNM协议定义,所述ICD协议定义基于不同于所述LNM协议定义的第二数据格式的第一数据格式;

将至少一个所述LNM协议定义转换为具有所述计算机建模环境的第三数据格式的集成模块化体系结构(IMA)协议定义,所述IMA协议定义对应于所述控制逻辑功能或所述配置参数中的至少一个,所述第三数据格式不同于所述第一数据格式和所述第二数据格式;将所述IMA协议定义导入所述计算机建模环境,以基于所述IMA协议定义生成多个模型库;

基于所述多个模型库生成多个IMA模型对象,所述多个IMA模型对象包括第一IMA模型对象,所述第一IMA模型对象用于利用所述通信协议、基于所述第一飞行器系统来模拟所述第一飞行器系统的操作;

将所述多个IMA模型对象中的至少一个导入所述计算机建模环境,以生成包括第一IMA模型的多个IMA模型,所述第一IMA模型包含所述第一IMA模型对象,所述第一IMA模型用于基于使用所述通信协议的一个或多个飞行器系统来模拟所述飞行器的一个或多个飞行器系统的操作,其中,所述一个或多个飞行器系统包括第一飞行器系统;

基于所述多个IMA模型生成一个IMA系统模型,所述IMA系统模型用于模拟利用所述通信协议的飞行器的操作;

通过将所述IMA系统模型的第一输出与验证输出进行比较来验证所述IMA系统模型,所述验证输出对应于所述一个或多个飞行器系统的预期输出;

响应于基于所述第一输出与所述验证输出的比较来验证所述IMA系统模型,生成所述第一飞行器系统的制造构建指令;以及

将所述制造构建指令传输到计算系统,以基于所述制造构建指令启动所述第一飞行器系统的生产。

2. 根据权利要求1所述的装置(100),其中,所述第一IMA协议定义(540)包括与所述通信协议或所述第一飞行器系统中的至少一个相关联的接口信息、需求信息或规范信息中的至少一个。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中,至少一个处理器执行指令以:

指示ICD将所述ICD源中包含的所述ICD协议定义转换为所述LNM中包含的所述LNM协议定义;和

指示语言特定模型(LSM)转换器将所述LNM协议定义中的多个转换为所述IMA协议定义,基于第一建模语言的所述LNM的第二数据格式,以及基于不同于所述第一建模语言的第二建模语言的第三数据格式。

4. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述第一IMA模型包括用于实现下层、表示层和上层的一个或多个IMA模型对象,所述下层包括第二IMA模型对象,其实现数字通信读取功能或传感器读取功能中的至少一个。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述第一飞行器系统包括物理网络交换机和物理传感器,所述至少一个处理器与所述物理网络交换机和所述物理传感器通信,并且所述至少一个处理器执行指令以基于经由所述数字通信读取功能从物理网络交换机获得网络数据或经由所述传感器读取功能从物理传感器获得传感器数据的至少一种来验证IMA系统模型。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述至少一个处理器执行指令以:
基于所述IMA系统模型生成机器可读指令;
将所述机器可读指令部署到所述第一飞行器系统或所述飞行器中的至少一个;以及
基于所述机器可读指令致使所述第一飞行器系统或所述飞行器(108)中的至少一个的操作。

7. 一种方法,其包括:

将与飞行器的第一飞行器系统的通信协议相关联的接口控制数据库(ICD)协议定义从ICD源导入到语言中性模型(LNM),所述ICD协议定义对应于由所述通信协议使用的至少一个控制逻辑功能或配置参数,所述LNM对应于使用不同于ICD源的数据格式或数据结构的模型和计算机建模环境,所述LNM包括对应于所述至少一个控制逻辑功能或所述配置参数的LNM协议定义,所述ICD协议定义基于不同于所述LNM协议定义的第二数据格式的第一数据格式;

将至少一个所述LNM协议定义转换为具有所述计算机建模环境的第三数据格式的集成模块化体系结构(IMA)协议定义,所述IMA协议定义对应于所述控制逻辑功能或所述配置参数中的至少一个,所述第三数据格式不同于所述第一数据格式和所述第二数据格式;

将所述IMA协议定义导入所述计算机建模环境,以基于所述IMA协议定义生成多个模型库;

基于所述多个模型库生成多个IMA模型对象,所述多个IMA模型对象包括第一IMA模型对象,所述第一IMA模型对象用于利用所述通信协议、基于所述第一飞行器系统来模拟所述第一飞行器系统的操作;

将所述多个IMA模型对象中的至少一个导入所述计算机建模环境,以生成包括第一IMA模型的多个IMA模型,所述第一IMA模型包含所述第一IMA模型对象,所述第一IMA模型用于基于使用所述通信协议的一个或多个飞行器系统来模拟所述飞行器的一个或多个飞行器系统的操作,其中,所述一个或多个飞行器系统包括第一飞行器系统;

基于所述多个IMA模型生成一个IMA系统模型,所述IMA系统模型用于模拟利用所述通信协议的飞行器的操作;

通过将所述IMA系统模型的第一输出与验证输出进行比较来验证所述IMA系统模型,所述验证输出对应于所述一个或多个飞行器系统的预期输出;

响应于基于所述第一输出与所述验证输出的比较来验证所述IMA系统模型,生成所述第一飞行器系统的制造构建指令;以及

将所述制造构建指令传输到计算系统,以基于所述制造构建指令启动所述第一飞行器系统的生产。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中IMA协议定义包括与所述通信协议或所述第一飞行器系统中的至少一个相关联的接口信息、需求信息或者规范信息中的至少一个。

9. 根据权利要求7所述的方法, 其中导入所述IMA协议定义包括:

使用第一ICD转换器将包括在所述ICD源中的所述ICD协议定义转换为包括在LNM中的LNM协议定义; 和

使用语言特定模型 (LSM) 转换器将所述LNM协议定义中的多个转换为所述IMA协议定义, 基于第一建模语言的所述LNM的第二数据格式, 以及基于不同于所述第一建模语言的第二建模语言的第三数据格式。

10. 根据权利要求9所述的方法, 还包括:

将所述LNM协议定义中的多个与至少一个LNM定义规则进行比较, 并基于所述比较来验证所述LNM协议定义中的多个; 和

将所述IMA协议定义中的多个与至少一个IMA定义规则进行比较, 并基于所述比较来验证所述IMA协议定义中的多个。

11. 根据权利要求7所述的方法, 其中, 所述第一IMA模型包括用于实现下层、表示层和上层的一个或多个IMA模型对象, 所述下层包括第二IMA模型对象, 其实现数字通信读取功能或传感器读取功能中的至少一个。

12. 根据权利要求11所述的方法, 其中所述第一飞行器系统包括物理网络交换机和物理传感器, 并且还包括基于经由所述数字通信读取功能从物理网络交换机获得网络数据或经由所述传感器读取功能从物理传感器获得传感器数据的至少一种来验证IMA系统模型。

13. 根据权利要求7所述的方法, 还包括:

基于所述IMA系统模型生成机器可读指令;

将所述机器可读指令部署到所述第一飞行器系统或所述飞行器中的至少一个; 和

基于所述机器可读指令, 致使所述第一飞行器系统或所述飞行器的中至少一个的操作。

用于生成集成模块化体系结构模型的系统、方法及装置

技术领域

[0001] 本公开总体涉及飞行器,并且更具体地,涉及用于生成集成模块化体系结构模型的系统、方法及装置。

背景技术

[0002] 近年来,典型的飞行器系统已经变得越来越集成以改进飞行器系统的监视和操作。管理飞行器系统之间的接口变得越来越复杂。由于为了改进在飞行器系统的制造和组装期间发现的集成低效率而对飞行器系统进行重新设计,可能发生成本增加。计算机生成的模型可用于在发布用于制造之前评估飞行器系统设计的有效性。

发明内容

[0003] 公开了用于生成集成模块化体系结构(IMA)模型的系统、方法、装置和制品。一种示例装置包括接口导入器,其用于将第一IMA协议定义导入到第一计算机建模环境中,以基于第一IMA协议定义生成多个库并且基于多个库生成多个IMA模型对象;模型对象处理程序,其用于将多个IMA模型对象中的一些导入到第一计算机建模环境中以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一IMA模型,并且通过生成包括第一IMA模型的多个IMA模型来生成对应于飞行器的IMA系统模型。该示例装置还包括接口验证器,其用于通过将IMA系统模型的输出与验证输出进行比较来验证IMA系统模型;接口导出器,其用于在IMA系统模型被验证时生成飞行器系统的制造构建指令;以及报告生成器,其基于制造构建指令启动飞行器系统的生产。

[0004] 一种示例计算机实施的方法包括将第一集成模块化体系结构(IMA)协议定义导入到第一计算机建模环境中以基于第一IMA协议定义生成多个库,基于多个库生成多个IMA模型对象,将多个IMA模型对象中的一些导入到第一计算机建模环境中以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一IMA模型,通过生成包括第一IMA模型的多个IMA模型来生成对应于飞行器的IMA系统模型,通过IMA系统模型的输出与验证输出的比较来验证IMA系统模型,响应于基于比较验证IMA系统模型,生成飞行器系统的制造构建指令,以及基于制造构建指令启动飞行器系统的生产。

[0005] 一种示例非暂时性计算机可读存储介质,其包括指令,该指令在被执行时使得机器至少将第一集成模块化体系结构(IMA)协议定义导入到第一计算机建模环境中以基于第一IMA协议定义生成多个库,基于多个库生成多个IMA模型对象,将多个IMA模型对象中的一些导入到第一计算机建模环境中,以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一IMA模型,通过生成包括第一IMA模型的多个IMA模型来生成对应于飞行器的IMA系统模型,通过将IMA系统模型的输出与验证输出进行比较来验证IMA系统模型,当基于比较验证IMA系统模型时生成飞行器系统的制造构建指令,以及基于制造构建指令启动飞行器系统的生产。

附图说明

[0006] 图1描绘了使用集成模块化体系结构 (IMA) 生成与示例飞行器相关联的多个示例飞行器系统模型的示例系统工作流程。

[0007] 图2是用于通信地耦接图1的飞行器的示例飞行器控制硬件的示例飞行器网络的示意图。

[0008] 图3描绘了示例建模环境中的示例线路可替换单元 (LRU) 接口控制数据库 (ICD) 对象以及LRU ICD对象的对应示例IMA模型。

[0009] 图4是用于实施本文公开的示例的示例模型管理器装置的示例实施方式的块图。

[0010] 图5是经由示例语言中立 (language neutral) 域将示例信息从示例数据源域导入到示例语言特定域中的示意图。

[0011] 图6是示例建模系统的示例表示层的示例实施方式。

[0012] 图7A描绘了用于生成、执行和验证与图1的飞行器相关联的多个IMALRU模型的示例IMA模型生成系统。

[0013] 图7B描绘了图7A的IMA模型生成系统的延续。

[0014] 图7C描绘了图4的模型管理器装置生成与示例建模环境相关联的库。

[0015] 图8是表示可被执行以实施图4的模型管理器装置以生成与图1的飞行器相关联的IMA系统模型的机器可读指令的流程图。

[0016] 图9是表示可被执行以实施图4的模型管理器装置以将与IMA系统模型相关联的定义导入到建模环境中的机器可读指令的流程图。

[0017] 图10是表示可被执行以实施图4的模型管理器装置以配置与IMA系统模型相关联的(一个或更多个)模型对象的机器可读指令的流程图。

[0018] 图11是表示可被执行以实施图4的模型管理器装置以生成与IMA系统模型相关联的输出的机器可读指令的流程图。

[0019] 图12是被构造为执行图8-图11的指令以实施图4的模型管理器装置的示例处理平台的块图。

[0020] 这些图不是按比例。通常,在整个附图和随附的书面说明书中将使用相同的附图标记来指代相同或相似的部分。

具体实施方式

[0021] 典型的飞行器使用高度集成的飞行器系统来改进飞行器系统的控制、监视和操作。如本文所使用的,术语“飞行器系统”指代包括可操作以执行飞行器功能的一个或更多个耦接(例如,电气地耦接、机电地耦接、机械地耦接等)的组件(例如,电气组件、机械组件、机电组件等)的飞行器的子部分(例如,电气系统、机械系统、机电系统等和/或其组合)。例如,飞行器系统可以对应于诸如电动机、控制器、远程电子单元等的组件。

[0022] 由于典型的飞行器系统包括越来越多的电气互连组件,验证飞行器系统的设计变得越来越复杂。例如,设计飞行器系统可以包括评估飞行器系统和与该飞行器系统电气地耦接的其他飞行器系统之间的接口和互连。计算机生成的模型可用于分析互连并在发布用于制造之前验证飞行器系统设计。

[0023] 在先前计算机生成的模型分析实施方式中,使用计算机生成的模型来分析多个互

连的飞行器系统是有问题的。例如,与使用第二计算机生成的模型来建模的第二飞行器系统相比,用于模拟第一飞行器系统的第一计算机生成的模型可以使用不同的体系结构、不同的分析标准、不同的定时分析等。在这样的示例中,尝试成功地集成第一和第二计算机生成的模型以验证第一和第二飞行器系统之间的互连是不太可能的。

[0024] 类似地,在先前计算机生成的模型分析实施方式中,尝试成功地集成和/或以其他方式通信地耦接基于第一计算机建模环境(例如,MATLAB® Simulink®、National Instruments® LABVIEW™、OMG SysML®等)的第一模型和基于第二计算机建模环境的第二模型产生了兼容性复杂化。例如,兼容性复杂化必然植根于计算机技术,因为配置、定义、功能等在计算机建模环境之间可能根本不同,因此在集成期间在模型接口之间产生兼容性问题。

[0025] 在先前实施方式中,尝试解决在基于不同计算机建模环境的模型之间的兼容性问题导致错误的数据和转换错误。在一些先前实施方式中,模型开发者创建了转换应用程序或接口,以在使用不同的计算机建模环境的模型之间转换数据。然而,创建转换接口的手动进程容易出现人为错误,因为大尺度模型创建了许多由模型开发者插入排印错误的机会。类似地,模型开发者修改其中一个模型的一个方面而不更新转换接口以考虑修改的方面导致打破整个系统模型,生成错误数据等。

[0026] 在一些先前实施方式中,与转换接口相关联的模型不容易在应用程序之间移植。例如,当模型移动到第二应用程序时,与第一应用程序中的第一转换接口相关联的模型将需要创建第二转换接口,因为转换接口是应用程序和/或计算机建模环境特定的。因此,在尝试跨不同应用程序和不同计算机建模环境重用模型时发生了返工,从而增加了项目开发的开发、验证和测试时间。

[0027] 本文公开的示例可操作以生成集成模块化体系结构(IMA)模型。IMA模型是用于模拟和/或以其他方式验证与交通工具系统(例如,飞行器系统)或交通工具子系统(例如,飞行器子系统)相关联的功能的计算机生成的模型。在一些示例中,IMA模型是基于集成模块化航空电子器件概念,其在一些飞行器上可以用更少、更集中的IMA处理单元替换许多单独的处理器和线路可替换单元(LRU)。在一些飞行器中,公共核心系统包括一个或更多个公共核心资源(CCR)机柜或IMA处理单元,包括一个或更多个处理模块、功率控制模块、网络交换机、应用程序专用模块等和/或其组合。

[0028] 在本文中的一些公开示例中,IMA模型管理器装置将存储在数据源域中的交通工具(例如,飞行器、无人驾驶飞行器、基于陆地的交通工具等)的需求和规范变换(例如,自动变换)为在语言特定域中的多个交通工具模型(例如,100个交通工具模型、1000个交通工具模型、10,000个交通工具模型等)。例如,多个交通工具模型中的每个可以包括计算机建模环境中的需求和规范的多个抽象或软件表示。

[0029] 在一些示例中,当通过大尺度模型生成的自动化在基于模型的开发方法中使用时,IMA模型管理器装置支持接口控制数据库(ICD)定义、维护、验证、分析和与本机设计工具中的功能需求的集成,因此,通过减少开发与不同计算机建模环境相关联的转换接口的时间量,消除了错误并缩短了项目开发时间。如本文所使用的,术语“接口控制数据库”指代包括与接口信息(例如,通信地址、通信节点、器件地址、器件标识符、物理连接信息(例如,电气接触位置、引脚分配细节、布线信息等)等)相关联的信息的存储库,该接口信息与子系

统、系统等和/或其组合之间的接口相关联。

[0030] 在一些示例中,交通工具的CCR机柜包含相同或基本相似的硬件。然而,CCR机柜中的每个可以提供不同的功能,并且可以由不同的承包商或供应商提供给交通工具制造商。供应商之间或供应商与交通工具制造商之间的集成即使他们使用相同的CCR机柜(例如,相同的硬件)也会产生问题。本文公开的示例可以通过生成具有用于在IMA模型之间通信参数和信号的标准化定义的IMA模型来减轻这些问题。在一些示例中,具有标准化定义的IMA模型嵌入有元数据,以转换和/或以其他方式变换来自ICD、模型库等的输入数据和/或将输出数据转换和/或以其他方式变换到ICD、模型库等。

[0031] 在本文公开的一些示例中,在语言中立域中操作的语言中立模型(LNM)被部署为ICD和语言特定模型(例如,在建模环境中操作的IMA模型)之间的缓冲器。在一些示例中,LNM作为ICD和计算机建模环境之间的缓冲器操作。例如,IMA模型管理器装置可以通过基于包括在ICD中的信息生成包括IMA模型对象的IMA库来生成IMA模型。例如,IMA模型管理器装置可以经由LNM导入来自ICD的信息,并用导入的信息填充IMA模型对象的定义。

[0032] 在一些示例中,IMA模型管理器装置可以通过将IMA模型对象从IMA库导入到计算机建模环境中来生成IMA模型,以执行设计验证、功能测试等。例如,LNM可以基于ICD的第一数据格式化模式/架构(schema)使用ICD转换器机制获得来自ICD的相应的信息,并基于计算机建模环境的第二数据格式化模式使用语言特定模型转换器机制将信息传输到计算机建模环境。在这样的示例中,如果ICD被改变,则可以开发新的转换机制以将新ICD信息转变为LNM格式,同时使计算机建模环境或第二转换器不受新ICD的影响。

[0033] 图1描绘了示例模型管理器100,其执行示例模型生成系统102以使用IMA生成一个或多个示例交通工具模型104。例如,模型管理器100可以是IMA模型管理器。例如,模型生成系统102可以是IMA模型生成系统。例如,交通工具模型104可以是飞行器系统模型、无人驾驶交通工具系统模型、基于陆地的交通工具模型等。在图1中,交通工具模型104是包括与示例飞行器108中包括的示例飞行器系统106相关联的一个或多个基于计算机的模型对象的模型。例如,飞行器系统106可以是副翼致动系统、襟翼致动系统等,其包括一个或多个电气组件、机电组件、液压组件等。尽管图1中描绘了飞行器108,附加地或替代地,本文公开的示例可以适用于任何其他类型的交通工具,诸如陆地交通工具(例如,汽车、公共汽车、卡车等)、无人驾驶交通工具、水上交通工具(例如,船、潜水艇等)等。

[0034] 在图1中,模型生成系统102实施包括第一操作112的模型管理工作流程110。替代地,模型管理工作流程110可以在图1所描绘的不同块或操作中开始或执行。替代地,模型管理工作流程110可以包括比图1中描绘的更少或更多的操作。在第一操作112处,模型管理器100识别用于转换到ICD 114的(一个或多个)模型。例如,模型管理器100可以识别与要在ICD中定义的飞行器系统组件(诸如LRU、远程数据集中器(RDC)、CCR机柜中包括的通用处理模块(GPM)等)相关联的基于计算机的模型。

[0035] 在图1的所说明的示例中,模型管理工作流程110包括第二操作116,模型管理器100在第二操作116处生成模型-ICD转换。例如,模型管理器100可以生成在模型定义(例如,模型输入参数、模型输出参数等)和ICD定义之间的映射。ICD定义可以基于ICD的数据格式对应于数据字段、数据结构等。例如,模型管理器100可以通过将标准数据字段分配给飞行器系统组件(诸如功能状态、参数、数据集、消息结构、通信端口等)来生成转换。模型管理器

100可以使用对应于飞行器系统组件的信息填充标准数据字段。响应于填充标准数据字段,模型管理器100可以将转换导出到ICD 114以用于由模型管理器100存储和将来检索。

[0036] 在一些示例中,模型管理器100通过将飞行器系统组件映射到ICD 114中的参考飞行器系统组件(例如,先前定义的飞行器系统组件)来生成转换。例如,响应于确定飞行器系统组件与参考飞行器系统组件匹配,ICD 114可以返回将由模型管理器100分配和/或以其他方式应用于飞行器系统组件的定义。例如,模型管理器100可以将与参考飞行器系统部件相关联的定义分配和/或以其他方式应用于飞行器系统部件。

[0037] 在图1中,模型管理 workflow 110包括第三操作118,模型管理器100在第三操作118处使用模型-ICD转换生成(一个或更多个)模型。例如,模型管理器100可以为感兴趣的飞行器系统组件生成IMA模型。模型管理器100在计算机建模环境(CME)中可以查询ICD 114的ICD模型对象以及查询与感兴趣的飞行器系统组件相关联的对应ICD定义。响应于查询,ICD 114可以返回ICD模型对象,并且模型管理器100可以将ICD模型对象转变为CME模型对象。模型管理器100可以将与ICD模型对象相关联的ICD定义转换为与CME模型对象相关联的CME定义。

[0038] 在一些示例中,模型管理器100通过将返回的ICD定义中包括的配置参数与一个或更多个IMA定义规则进行比较来验证ICD定义。响应于返回的ICD定义满足一个或更多个IMA定义规则,模型管理器100可以生成转换模型120和/或转换模型库120。例如,模型管理器100可以生成包括在IMA模型中和/或与IMA模型相关联的一个或更多个模型对象、逻辑条件、连接点等。

[0039] 在图1中,模型管理器100使用转换模型120和/或转换模型库120执行(一个或更多个)交通工具模型104以生成模型输出。例如,模型管理器100可以通过执行(一个或更多个)交通工具模型104来模拟飞行器108的飞行器系统106的功能或操作模式以生成模型输出。

[0040] 在图1中,通过生成示例输出124,飞行器系统106在第四操作122被发布到生产。例如,响应于通过模拟相应的(一个或更多个)交通工具模型104成功地验证飞行器系统106的操作,模型管理器100可以生成诸如警报、报告等的输出,指示飞行器系统106被发布用于组装、建造、制造等。

[0041] 在一些示例中,输出124是供应链构建指令。例如,模型管理器100可以生成将由供应链计算系统执行的指令,以启动组件的排序、劳动分配等,以构建与包括交通工具模型104中的一个或更多个的IMA系统模型相关联的飞行器系统106。在另一个示例中,模型管理器100可以生成包括供应链构建指令的报告。例如,供应链构建指令可以包括与构建关于IMA系统模型的飞行器系统106相关联的绘图、需求文档、规范文档、ICD文档等。

[0042] 在一些示例中,输出124是制造构建指令。例如,模型管理器100可以生成要由制造计算系统执行的指令,以启动组件的制造、劳动分配等,以构建与包括交通工具模型104中的一个或更多个的IMA系统模型相关联的飞行器系统106。在另一个示例中,模型管理器100可以生成包括制造构建指令的报告。例如,制造构建指令可以包括与构建关于IMA系统模型754的飞行器系统相关联的绘画、需求文档、规范文档、ICD文档等。

[0043] 在一些示例中,输出124是机器可读指令。例如,模型管理器100可以基于将由飞行器108部署的转换模型120、与飞行器108相关联的飞行模拟器等生成计算机可读指令(例如,二进制代码、硬件逻辑指令等)。例如,输出124可以是二进制代码,其用于实施包括在转

换模型120中的功能。一个或更多个硬件电路可以部署二进制代码以在飞行期间操作飞行器108的一个或更多个飞行器系统106。替代地,飞行模拟器可以执行二进制代码以在飞行期间模拟飞行器108的一个或更多个飞行器系统106。

[0044] 图2是用于通信地耦接图1的飞行器108的示例飞行器控制硬件的示例飞行器网络200的示意图。图2的飞行器网络200是基于IMA,其包括示例公共核心资源(CCR)机柜202中包括的公共核心资源。在图2中,CCR机柜202包括示例通用处理模块(GPM) 204,其是可包括一个或更多个处理器、一个或更多个图形处理单元、一个或更多个网络接口等和/或它们的组合的计算硬件平台。

[0045] 图2的GPM 204包括示例软件分区206a、208a、210a,其中软件分区206a、208a、210a中的每个可以执行不同的飞行器系统功能。分区1 206a可以是包括在GPM 204中的第一分区,分区2 208a可以是包括在GPM 204中的第二分区,以及分区3 210a可以是包括在GPM 204中的第三分区。在图2中,分区1 206a包括示例软件通信端口(SW COM PORT) 206b和第一示例托管应用程序206c。软件通信端口206b可以对应于一个或更多个排队端口和/或采样端口,这些端口用于将分区1 206a耦接到第一示例A664终端系统214。例如,图2的软件通信端口206b可以是ARINC 653通信协议接收端口和ARINC 653通信协议传输端口等的软件抽象,以便于GPM 204与包括在飞行器网络208中的另一个组件之间的通信。

[0046] 在图2中,图2的第一托管应用程序206c是能够执行和/或以其他方式执行与飞行器系统功能相关联的软件任务的软件应用程序。类似地,在图2中,分区2 208a包括第二示例软件通信端口208b和第二示例托管应用程序208c。例如,软件通信端口208b可以是ARINC 653通信协议接收端口、ARINC 653通信协议传输端口等的软件抽象。在一些示例中,第二托管应用程序208c是与第一托管应用程序206c相同的软件应用程序,而在其他示例中,第一和第二托管应用程序206c、208c是不同的。

[0047] 在图2中,GPM 204包括示例核心操作系统(OS) 212和第一A664终端系统214。图2的核心OS 212是软件分区206a、208a、210a在其上操作的基本操作系统。第一A664终端系统214包括示例网络接口控制器(NIC) 216,其是硬件控制器,该硬件控制器能够从示例CCR网络交换机(NS) 218接收数据分组/数据包并且抽象化所接收的数据分组以供软件分区206a、208a、210a使用。类似地,第一A664终端系统214可以接收来自软件分区206a、208a、210a的数据分组的抽象,并基于要经由CCR NS 218传输的抽象来生成数据分组。CCR NS 218是光纤网络交换机。替代地,可以使用其他类型的网络交换机,诸如基于铜的以太网交换机。

[0048] 在图2的所说明的示例中,CCR机柜202的CCR NS 218通信地耦接到包括第二A664终端系统220的示例应用程序专用模块(ASM) 219。ASM 219是用于经由第二A664终端系统220获取、传输和/或处理数据的硬件和/或软件。CCR NS 218经由示例NS 222将CCR机柜202耦接到飞行器网络200。NS 222便于经由ARINC 664(A664) 通信协议的通信。例如,NS 222可以便于经由A664通信协议在A664线路可替换单元(LRU) 224和远程数据集中器(RDC) 226之间的通信。然而,可以使用诸如ARINC 429(A429)的替代通信协议。

[0049] 在图2中,A664 LRU 224是包括一个或更多个处理器、一个或更多个网络接口等的模块化硬件,能够使用第三示例A664终端系统228促进A664通信。图2的RDC 226是高速模块化模数和/或数模转换计算器件,其能够通过诸如A429、A664等的通信协议将执行器(effector)数据、传感器数据等处理和格式化为通用数字格式。例如,如图2中所描绘的,

RDC 226从示例传感器230获得数据(例如,模拟信号、离散信号等),并将命令(例如,控制信号)传输到示例执行器232。在图2中,RDC 226经由A429通信协议向包括A429终端系统236的A429 LRU 234传输数据并从包括A429终端系统236的A429 LRU 234接收数据。在图2中,RDC 226通信地耦接到示例控制器区域网络(CAN)总线238(例如,基于CAN通信协议的总线)。在图2中,CAN总线238通信地耦接到第一示例CAN LRU 240和第二示例CAN LRU 242(例如,能够经由CAN、基于CAN的LRU等进行通信的LRU)。

[0050] 图3描绘了示例建模环境304中的示例LRU ICD对象300和对应的示例模型302。在图3中,LRU ICD对象300是包括在图1的ICD 114中的软件抽象,其能够通过高级接口抑制低级硬件细节。例如,LRU ICD对象300可以对应于与图2的A664 LRU 224、A429 LRU 234、第一CAN LRU 240或第二CAN LRU 242相对应的硬件和/或软件的高级表示。虽然图3的LRU ICD对象300对应于LRU,替代地,可以如结合图3所描述的被抽象化或表示的任何其他硬件和/或软件。

[0051] 在图3中,LRU ICD对象300包括示例ICD应用程序块306,其包括示例ICD应用程序定义308。ICD应用程序块306是由在LRU上执行的软件(例如,应用程序软件)执行的功能的表示。ICD应用程序定义308表示基于由图1的ICD 114所使用的一种或更多种数据格式的LRU的控制逻辑功能的数据结构。在图3中,ICD应用程序定义308包括第一功能状态定义309a、第二功能状态定义309b、第一参数定义311a、第二参数定义311b、第一数据集定义313a、第二数据集定义313b以及消息结构定义315。替代地,ICD应用程序定义308可以包括比在图3的所说明的示例中所示的功能状态定义309a、309b、参数定义311a、311b、数据集定义313a、313b和/或消息结构定义315更少或更多。

[0052] 在图3中,参数定义311a、311b可以对应于信号数据的封装。例如,参数定义311a、311b可以包括任何类型的数据格式中的数据值。在图3中,数据集定义313a、313b可以提供与多个参数定义311a、311b相关联的一致性(coherency)。例如,第一数据集定义313a可以对应于与第一数据源相关联的接口信息,以及第二数据集定义313b可以对应于与第二数据源相关联的接口信息。例如,参数定义311a、311b与对应的功能状态定义309a、309b相关联,并且可以对应于相同的数据,但是来自不同的源。例如,第一参数定义311a可以对应于第一功能状态定义309a,以及第二参数定义311b可以对应于第二功能状态定义309b。第一参数定义311a可以对应于从图2的CAN LRU 1240获得的飞行器系统的状态。第二参数定义311b可以对应于相同的状态,但是从图2的CAN LRU 2242获得。

[0053] 在图3的所说明的示例中,功能状态定义309a、309b可以对应于与数据集定义313a、313b相关联的元数据。例如,功能状态定义309a、309b可以通过评估和/或以其他方式确定相关数据的状态来描述相关数据(例如,参数定义311a、311b)的有效性。例如,状态可以是“失败/警告”状态、“无计算数据”状态、“正常操作状态”状态或“功能测试”状态。例如,第一功能状态定义309a可以具有“失败/警告”状态,其对应于具有未验证数据值的第一参数定义311a,因为CAN LRU 1240是无响应的,而第二参数定义311b具有验证数据值。

[0054] 在一些示例中,“失败/警告”状态提供警告,该警告指示第一参数定义311a的源是无响应的。响应于第一参数定义311a是无响应的,模型管理器100可以选择与第二参数定义311b相关联的验证数据值。在一些示例中,第一功能状态定义309b可以具有“无计算数据”状态,其对应于第一参数定义311a,该第一参数定义311a不具有可提供给LRU ICD对象300

的可用数据值。在一些示例中,当验证数据值与第一参数定义311a相关联时,第一功能状态定义309b可以具有“正常操作状态”。在一些示例中,当在模型测试操作期间计算与第一参数定义311a相关联的数据值时,第一功能状态定义309b可以具有“功能测试”状态。

[0055] 在图3中,消息结构定义315可以对应于与ICD应用程序块306相关联的一个或多个数据集定义的集合或组合。例如,消息结构定义315可以包括ICD应用程序块306的所有数据集定义313a、313b。附加地或替代地,ICD应用程序定义308可以包括比图3中描绘的ICD应用程序定义308更少或更多。

[0056] 在一些示例中,ICD 114中包括的每个LRU具有相同的ICD应用程序定义308,这些相同的ICD应用程序定义308具有不同的值。例如,图2的A664LRU 224可以包括与图2的A429 LRU 234相同的ICD应用程序定义308。然而,与A429 LRU 234相比,A664 LRU 224可以具有针对功能状态定义309a、309b,参数定义311a、311b,数据集定义313a、313b等的不同值。在这样的示例中,通过对每个类似或基本相似的组件使用标准化ICD应用程序定义308,可以在图1的第二操作116期间,在图1的ICD 114中快速且准确地实例化不同类型的LRU。例如,每个LRU可以具有相同的ICD应用程序定义308,每个A664终端系统可以具有与其他A664终端系统等相同的ICD应用程序定义。

[0057] 在图3中,LRU ICD对象300包括示例ICD接口块310,其包括ICD接口定义312。ICD接口块310是由ICD定义的通信终端系统执行的通信功能的表示。例如,ICD接口块310可以对应于与图2的第一A664终端系统214、第二A664终端系统220、第三A664终端系统228或A429终端系统236相对应的硬件和/或软件的抽象。

[0058] 在图3中,ICD接口定义312表示基于图1的ICD 114使用的一种或更多种数据格式与LRU的通信功能相关联的数据结构。在图3中,ICD接口定义312包括通信(COM)端口定义、虚拟链接(VL)定义和sub-VL定义。在图3中,COM端口定义是一个套接字。例如,COM端口定义可以对应于预先配置的通信套接字,其提供向模型对象、应用程序、计算器件等传输消息或从其接收消息的排队。例如,COM端口定义可以对应于排队端口或采样端口用于将软件分区(诸如图2的分区1 206a)耦接到通信终端系统(诸如图2的第一A664终端系统214)。

[0059] 在图3中,VL定义表示基于所选择的通信协议的交换分组路由方案。例如,VL定义可以对应于A664第7部分标准中定义的交换分组路由方案,其中目的地MAC地址用于实施每个VL标识指示符的树状路由。在图3中,sub-VL定义表示传输器在传输数据之前通过访问VL定义来调用数据封装所使用的进程。例如,sub-VL定义可以包括将来自COM端口的数据封装到由诸如图2的NIC 216的传输器使用以传输封装数据的数据格式的指令。附加地或替代地,ICD接口定义312可以包括比图3中描绘的定义更少或更多的定义。

[0060] 在图3的所说明的示例中,模型302是包括IMA模型对象314、316的IMA模型。在图3中,模型管理器100通过将IMA模型对象314、316导入到建模环境304中并基于从LRU ICD对象300到建模环境304的信息转换来填充IMA定义318、320,从而在建模环境304中生成模型302。

[0061] 在图3中,模型302是LRU ICD对象300在被转换和/或以其他方式导入到建模环境304中时的对应抽象。在图3中,建模环境304是MATLAB®Simulink®。替代地,可以使用任何其他基于计算机的建模环境。当LRU ICD对象300被移植和/或以其他方式从诸如ICD数据格式的第一数据格式转变为第二数据格式时生成模型302,其中第二数据格式特定于建

模环境304。然而,在先前实施方式中,当LRU ICD对象300被转变为与图3的建模环境304不同的建模环境时,生成第二模型,其可以与图3的模型302不同。在一些示例中,当尝试将图3的模型302耦接到第二模型时发生集成问题。本文公开的示例解决了这种先前实施方式的集成问题。

[0062] 在图3中,模型302包括IMA模型对象314、316,以模拟和/或以其他方式验证飞行器系统设计。IMA模型对象314、316包括IMA应用程序模型对象314和IMA接口模型对象316。图3的IMA应用程序模型对象314包括与LRU ICD对象300的ICD应用程序定义308相关联的示例IMA应用程序定义318。在图3中,IMA应用程序定义318表示与消息结构定义315相关联的元数据参数。例如,IMA应用程序模型对象314的IMA应用程序定义“FUNCTIONAL STATUS A_MESSAGE”可以对应于在ICD应用程序定义308中定义的“FUNCTIONAL STATUS”ICD应用程序定义,其中基于数据集定义313a、31b和包括在ICD应用程序定义308中的消息结构定义315来配置IMA应用程序定义。IMA应用程序定义318对应于基于执行应用逻辑的值的抽象。例如,IMA应用程序定义“FUNCTIONAL STATUS A_MESSAGE”可以对应于压力传感器计算功能的输出值,其基于一个或更多个变换或缩放功能(scaling function)计算压力传感器测量的工程值。

[0063] 图3的IMA接口模型对象316包括与ICD接口定义312相关联的示例IMA接口定义320。例如,IMA接口定义“TX_COM_PORT_10121”可以对应于ICD接口定义312中定义的“COM PORT”ICD接口定义,其中基于在ICD接口定义312中定义的SUB-VL和VL ICD接口定义来配置IMA接口定义。IMA接口定义320对应于用于互连不同模型块和/或不同模型的软件端口的抽象。

[0064] 在图3中,IMA接口定义320可以对应于套接字应用程序编程接口(API),诸如send()功能调用、recv()功能调用、write()功能调用、read()功能调用、recvfrom()功能调用等。例如,IMA接口定义“TX_COM_PORT_10121”可以对应于包括在另一个模型块和/或另一个模型中的链接或指针,该另一个模型块和/或另一个模型接收对应的“FUNCTIONAL STATUS A_MESSAGE”的值来执行功能或执行软件逻辑例程。

[0065] 在图3中,IMA接口模型对象316包括示例网络端口模型对象322,以模拟LRU的软件层与LRU的硬件层的耦接。例如,网络端口模型对象322可以是A664网络端口模型对象。例如,网络端口模型对象322可以使用耦接到IMA接口定义320的IMA应用程序定义318来模拟生成数据分组,以经由A664通信协议传输。

[0066] 图4是用于实施本文描述示例的图1和图3的模型管理器100的示例实施方式的块图。在图4所说明的示例中,模型管理器100包括示例建模环境选择器410、示例数据源选择器420、示例接口导入器430、示例接口导出器440、示例模型对象处理程序450、示例ICD转换器460、示例语言特定模型(LSM)转换器470、示例接口验证器480和示例报告生成器490。

[0067] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括建模环境选择器410,以确定建模环境以生成IMA模型,诸如图3的模型302。在一些示例中,建模环境选择器410选择LSM环境以生成与图1的飞行器108的飞行器系统106相关联的IMA模型。例如,建模环境选择器410可以选择MATLAB® Simulink®以生成模型302。在一些示例中,建模环境选择器410确定是否生成另一个模型。例如,建模环境选择器410可以确定在模型302已经被生成、验证和/或导出到图1的ICD 114之后生成第二模型。

[0068] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括数据源选择器420,以确定与要建模的飞行器系统相关联的接口控制数据源。在一些示例中,接口控制数据源是数据库、电子表格(例如,黄金电子表格)等,或任何其他类型的接口控制文档或信息。例如,模型管理器100可以选择图1的ICD 114。

[0069] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括接口导入器430,以从接口控制数据源检索和/或以其他方式获得数据。在一些示例中,接口导入器430从接口控制数据源获得定义以填充顶级抽象模型,诸如图3的模型302。例如,接口导入器430可以从图1的ICD 114中获得与图3的IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等相关联的ICD应用程序定义308、ICD接口定义312等。在一些示例中,接口导入器430从接口控制数据源获得ICD块以填充模型302。例如,接口导入器430可以从图1的ICD 114中获取ICD应用程序块306、ICD接口块310等。在一些示例中,接口导入器430生成模型库。例如,接口导入器430可以响应于IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等的生成而生成建模环境304的一个或更多个库。

[0070] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括接口导出器440,以传输和/或以其他方式导出与IMA模型相关联的数据。在一些示例中,接口导出器440将IMA定义导出到ICD。例如,接口导出器440可以将IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等中的一个或更多个从图3的建模环境304导出到图1的ICD 114。在一些示例中,接口导出器440将IMA模型对象导出到ICD。例如,接口导出器440可以将IMA应用程序模型对象314、IMA接口模型对象等中的一个或更多个从建模环境304导出到ICD 114。在一些示例中,接口导出器440将IMA模型(诸如图3的模型302)从建模环境304导出到ICD 114。

[0071] 在一些示例中,接口导出器440基于IMA模型生成输出。例如,接口导出器440可以基于图3的模型302生成机器可读指令(例如,二进制代码)。例如,接口导出器440可以编译和/或以其他方式将与模型302相关联的信息转变为计算机可执行代码。例如,接口导出器440可以将IMA应用程序模型对象314和相关联的控制逻辑、IMA接口模型对象316和相关联的控制逻辑、IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等,和/或其组合编译成机器可读指令,该机器可读指令可由飞行器系统106、飞行器108、与飞行器108相关联的飞行模拟器等执行。在一些示例中,接口导出器440将机器可读指令部署到交通工具和/或交通工具模拟器。例如,接口导出器440可以将机器可读指令部署到飞行器系统106、飞行器108等、和/或与飞行器系统106、飞行器108等相关联的飞行模拟器。在一些示例中,接口导出器440指导、指示和/或以其他方式引起交通工具和/或交通工具模拟器的操作。例如,接口导出器440可以指示飞行器系统106、飞行器108等以用由接口导出器440生成的机器可读指令替换包括在飞行器系统106、飞行器108等中的现有机器可读指令。在这样的示例中,接口导出器440可以致使飞行器系统106、飞行器108使用由接口导出器440生成的机器可读指令执行诸如飞行操作、模拟飞行操作等的操作。

[0072] 在一些示例中,接口导出器440基于图3的模型302生成供应链和制造构建指令。例如,接口导出器440可以基于在图1的ICD 114、图3的模型302等中包括的信息生成需求、规范等,表示与模型302相关联的飞行器系统106可以在图1的第四操作122处被发布用于生产。例如,接口导出器440可以指导或指示与飞行器系统106和/或更具体地与飞行器108的制造和供应链相关联的一个或更多个计算器件或系统以启动构建飞行器系统106、飞行器108等的一个或更多个原型(prototypy)、一个或更多个生产线集合等。例如,接口导出器

440可以启动与IMA系统模型相关联的交通工具系统的制造。例如,接口导出器440可以基于所生成的供应链和/或制造构建指令来启动飞行器系统106和/或飞行器108的生产。

[0073] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括模型对象处理程序450,以导入、配置和/或修改在建模环境中包括的模型。在一些示例中,模型对象处理程序450导入要处理的感兴趣的模型块。例如,模型对象处理程序450可以将要处理的IMA应用程序模型对象314、IMA接口模型对象316等导入到建模环境304中。在一些示例中,模型对象处理程序450连接与IMA模型相关联的两个或更多个模型对象。例如,模型对象处理程序450可以连接或通信地耦接图3的IMA应用程序模型对象314和IMA接口模型对象316以创建在模型302中的块间关系。

[0074] 在一些示例中,模型对象处理程序450选择要处理的模型对象和/或确定是否选择要处理的另一模型对象。在一些示例中,模型对象处理程序450调整与IMA模型相关联的定义。例如,模型对象处理程序450可以调整对应于图3的IMA应用程序定义318中包括的IMA应用程序定义“FUNCTIONAL STATUS A_MESSAGE”的定义。在一些示例中,模型对象处理程序450在图3的建模环境304中生成新的模型对象。例如,模型对象处理程序450可以通过在建模环境304中创建空白模型对象并且包括一个或更多个IMA应用程序定义、一个或更多个IMA接口定义等来生成新模型对象,并且随后生成新模型对象关系和与新模型对象相关联的模型对象连接。例如,模型对象可以对应于IMA组件。模型对象关系和模型对象连接可以对应于从软件分区到终端系统的软件连接。例如,模型对象关系和模型对象连接可以对应于将图2的第一到第三软件分区206a、208a、210a通信地耦接到图2的第一A664终端系统214的排队端口和采样端口。在一些示例中,模型对象处理程序450可以响应于生成一个或更多个IMA模型而生成IMA系统模型。

[0075] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括ICD转换器460,以转换和/或以其他方式将在图1的ICD 114中包括的数据从ICD数据格式转变到语言中立模型(LNM)数据格式。例如,ICD转换器460可以是ICD-LNM转换器。ICD转换器460可以将(1) 以与ICD 114相关联的ICD数据格式的来自ICD 114的ICD应用程序定义308转变为(2) 以与LNM相关联的LNM数据格式在LNM中包括的LNM定义。例如,ICD转换器460可以选择感兴趣的ICD对象,诸如LRU ICD对象300,实例化在LNM中的LRU ICD对象300,以及利用ICD应用程序定义308、ICD接口定义312等填充与LNM中的实例化对象相关联的LNM定义。

[0076] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括LSM转换器470,以将LNM中包括的数据从LNM数据格式转换和/或以其他方式转变为LSM数据格式。例如,LSM转换器470可以是LNM-LSM转换器。例如,LSM转换器470可以选择感兴趣的IMA模型对象,诸如IMA应用程序模型对象314,实例化在建模环境304中的IMA应用程序模型对象314,以及利用在LNM中包括的对应LNM定义填充IMA应用程序定义318,其对应于ICD 114中包括的ICD应用程序定义308。例如,对于每个IMA模型对象存在LNM模型对象。每个模型对象包括相同数量和类型的属性和元素,因此,可以同步LNM模型对象和IMA模型对象之间的数据。例如,包括在与IMA应用程序定义318相关联的LNM中的LNM定义包括相同数量和类型的属性和元素。

[0077] 在一些示例中,LSM转换器470将(1) 以特定于LNM的LNM数据格式在LNM中包括的LNM定义转换为(2) 以特定于图3的建模环境304的LSM数据格式的IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等。在一些示例中,LSM转换器470生成表示层。例如,LSM转换器470可以生成表

示层以模拟用于负责任务的网络层,诸如处置包括格式转换、加密/解密等的消息数据的语法处理,以支持表示层的上层。例如,LSM转换器470可以生成表示层600,如下面结合图6所描述的。

[0078] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括接口验证器480,以确认和/或以其他方式验证转换的信息符合定义规则(例如,ICD定义规则、LNM定义规则、IMA定义规则等)。在一些示例中,接口验证器480验证ICD信息。例如,接口验证器480可以将要存储在ICD 114中的信息与ICD定义规则进行比较,并且当基于比较验证信息时将信息存储在ICD 114中。在一些示例中,接口验证器480验证LNM信息。例如,接口验证器480可以将要存储在LNM中的信息与LNM定义规则进行比较,并且当基于比较验证信息时将信息存储在LNM中。

[0079] 在一些示例中,接口验证器480验证LSM信息。例如,接口验证器480可以将要导入到LSM(例如,图3的建模环境304)中的信息与IMA定义规则进行比较,并当基于比较验证信息时将信息导入到LSM中。在一些示例中,接口验证器480响应于未验证ICD、LNM和/或LSM信息而生成警报。例如,接口验证器480可以停止IMA系统模型的操作并生成错误消息、警报等。在一些示例中,警报被传输到用户接口以通知用户需要修改ICD、LNM和/或LSM信息以符合定义规则。例如,用户可以修改与模型对象相关联的定义,以使模型对象符合定义规则。

[0080] 在一些示例中,接口验证器480执行IMA系统模型。例如,接口验证器480可以执行、运行、操作等图3的模型302并生成一个或更多个输出。例如,接口验证器480可以生成飞行器系统组件诸如执行器、传感器、网络开关等的输出。例如,接口验证器480可以执行模型302以模拟图2的执行器232的状态,诸如,执行器232被禁用、启用,以指定的容量或功率百分比等操作。在另一个示例中,接口验证器480可以执行模型302以模拟图2的传感器230的测量,诸如传感器230测量压力、速度、温度等。在又一个示例中,接口验证器480可以执行模型302以模拟图2的NS 222的参数,诸如带宽、等待时间(latency)、吞吐量、IP地址、媒体访问控制(MAC)地址、通信协议参数等。

[0081] 在一些示例中,接口验证器480基于IMA系统模型的输出验证IMA系统模型。例如,接口验证器480可以通过将模型302的输出(例如,传感器230的压力测量、NS 222的等待时间等)与验证输出进行比较验证图3的模型302并且基于该比较来验证模型302。例如,验证输出可以对应于模型302的期望值。例如,接口验证器480可以将模型302的输出与对应的验证输出进行比较,并通过基本匹配(例如,匹配或在容差内匹配)验证输出来确定输出是否满足验证输出。在一些示例中,接口验证器480可以通过将一个或更多个输出与一个或更多个对应的验证输出进行比较验证图3的模型302,并基于该比较确定一个或更多个输出满足一个或更多个对应的验证输出。

[0082] 在图4的所说明的示例中,模型管理器100包括报告生成器490,以基于由模型管理器100执行的动作生成报告。在一些示例中,报告生成器490在模型管理器100创建IMA模型时生成报告。例如,报告生成器490可以在对IMA应用程序模型对象314、IMA接口模型对象316、IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等中的一个或更多个和/或其组合进行验证(例如,基于与LSM定义规则的比较来验证从LNM导入的LNM定义)时生成报告。

[0083] 在一些示例中,报告生成器490通过生成包括图1的输出124的报告来发起动作。例如,报告生成器490可以生成指示用可以被发布用于生产的模型302建模的图2的A664 LRU 224的报告。报告可以包括机器可读指令、供应链构建指令、制造构建指令等中的至少一个。

例如,报告生成器490可以确定模型302成功执行与A664 LRU 224、图1的飞行器系统106等相关联的验证和/或验证测试功能。例如,报告生成器490可以通过生成报告并将包括报告的警报、通知等传输到另一台计算系统(诸如供应链计算系统或制造计算系统,其被配置为生成制造订单、原型制造订单等)来启动飞行器系统106和/或更一般地图1的飞行器108的生产,以当对应的模型302已被执行和/或验证时,生成A664 LRU 224、飞行器系统106等。例如,报告生成器490可以基于制造构建指令、供应链构建指令、机器可读指令等中的至少一个来启动飞行器系统106和/或更一般地飞行器108的生产。

[0084] 而图4中说明了实施图1和图3的模型管理器100的示例方式,图4中所说明的元件、进程和/或器件中的一个或多个可以被组合、划分、重新布置、省略、消除和/或以任何其他方式实施。此外,建模环境选择器410、数据源选择器420、接口导入器430、接口导出器440、模型对象处理程序450、LNM转换器460、LSM转换器470、接口验证器480、报告生成器490和/或更一般地图1和图3的模型管理器100可以通过硬件、软件、固件和/或硬件、软件和/或固件的任何组合来实施。因此,例如,建模环境选择器410、数据源选择器420、接口导入器430、接口导出器440、模型对象处理程序450、LNM转换器460、LSM转换器470、接口验证器480、报告生成器490和/或更一般地模型管理器100中的任何一个可以由一个或多个模拟电路或(一个或多个)数字电路、逻辑电路、(一个或多个)可编程处理器、(一个或多个)可编程控制器、(一个或多个)图形处理单元(GPU)、(一个或多个)数字信号处理器(DSP)、(一个或多个)专用集成电路(ASIC)、(一个或多个)可编程逻辑器件(PLD)和/或(一个或多个)现场可编程逻辑器件(FPLD)。当阅读取本专利的任何装置或系统权利要求以涵盖纯粹的软件和/或固件实施方式时,建模环境选择器410、数据源选择器420、接口导入器430、接口导出器440、模型对象处理程序450、LNM转换器460、LSM转换器470、接口验证器480和/或报告生成器490中的至少一个或一些在此明被确定义为包括非暂时性计算机可读存储器件或诸如包括软件和/或固件的存储器、数字通用盘(DVD)、光盘(CD)、蓝光盘等的存储盘。此外,图1和图3的模型管理器100可以包括:除了图4中所说明的一个或多个元件、进程和/或器件之外,或者代替图4中所说明的一个或多个元件、进程和/或器件的一个或多个元件、进程和/或器件,和/或可以包括所说明的元件、进程和器件中的任何或全部中的一个以上。如本文所使用的,短语“在通信中”,包括其变体,包括通过一个或多个中间组件的直接通信和/或间接通信,并且不需要直接物理(例如,有线)通信和/或持续通信,而是另外,还包括以周期性间隔、调度间隔、非周期性间隔和/或一次性事件的选择性通信。

[0085] 图5是经由示例语言中立域506将信息从示例数据源域502导入到示例语言特定域504的示意图。在图5中,数据源域502包括示例ICD源,诸如第一示例ICD源508、第二示例ICD源510和第三示例ICD源512。第一ICD源508和第二ICD源510是数据库。第三ICD源512表示一个或多个文档(例如,电子表格、需求文档、规范文档等)的组。

[0086] 在图5中,第一ICD源508包括第一ICD协议定义514。例如,第一ICD协议定义514可以是与第一通信协议相关联的ICD定义(例如,图3的ICD应用程序定义308、ICD接口定义312等)。例如,第一通信协议可以是A429通信协议。例如,第一ICD协议定义514可以包括对应于一个或多个A429通信端口和/或控制逻辑的ICD定义,以实施A429通信端口。例如,第一ICD协议定义514可以对应于与A429终端系统236和/或更一般地与图2的A429 LRU 234相关

联的排队端口和/或采样端口。

[0087] 在一些示例中,诸如第一ICD协议定义514的ICD协议定义可以是与图1的飞行器系统106相关联的接口信息、需求信息、规范信息等。例如,第一ICD协议定义514可以是与图2的NS 222相关联的接口信息,其包括通信端口信息(例如,IP地址、媒体访问控制(MAC)地址、通信协议地址等)、连接器引脚分配信息、布线信息等。在另一个示例中,第一ICD协议定义514可以是需求信息,诸如飞行器系统106中包括的组件的数量和/或类型,诸如图2的飞行器网络200中的网络交换机的数量、执行器232和/或传感器230的类型、由图2的GPM 204使用的多个分区等的数量等。在又一个示例中,第一ICD协议定义514可以是飞行器系统组件的性能信息(例如,NS 222的带宽、数据吞吐量、等待时间等)、飞行器系统组件的固件版本信息、飞行器系统组件的软件版本信息等。

[0088] 在图5中,第二ICD源510包括第二ICD协议定义516。例如,第二ICD协议定义516可以是与第二通信协议相关联的ICD定义。例如,第二通信协议可以是A664通信协议。例如,第二ICD协议定义516可以包括对应于一个或更多个A664通信端口和/或控制逻辑的ICD定义以实施A664通信端口。例如,第二ICD协议定义516可以对应于与第一A664终端系统214和/或更一般地与图2的GPM 204相关联的排队端口和/或采样端口。在图5中,第三ICD源512包括文档,这些文档包括与第二ICD协议定义516相关联的信息。例如,第三ICD源512可包括文档,这些文档包括对应于一个或更多个A664通信端口和/或控制逻辑的ICD定义以实施A664通信端口。

[0089] 第一ICD源508、第二ICD源510和/或第三ICD源512可以由易失性存储器(例如,同步动态随机存取存储器(SDRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、RAMBUS动态随机存取存储器(RDRAM)等)和/或非易失性存储器(例如,闪存存储器)实施。第一ICD源508、第二ICD源510和/或第三ICD源512可以附加地或替代地由一个或更多个双倍数据速率(DDR)存储器(诸如DDR、DDR2、DDR3、DDR4、移动DDR(mDDR)等)实施。第一ICD源508、第二ICD源510和/或第三ICD源512可以附加地或替代地由一个或更多个大容量存储器件实施,诸如(一个或更多个)硬盘驱动器、(一个或更多个)光盘驱动器、(一个或更多个)数字通用磁盘驱动器、固态驱动器等。虽然在所说明的示例第一ICD源508、第二ICD源510和第三ICD源512被说明为单个数据库或者单个文档组,第一ICD源508、第二ICD源510和第三ICD源512可以由任何数量和/或类型的数据库或文档组实施。

[0090] 在图5的所说明的示例中,模型管理器100经由第一ICD转换器520、第二ICD转换器522和第三ICD转换器524在数据源域502和包括在语言中立域506中的语言中立模型(LNM)518之间转换数据。例如,图4的ICD转换器460可以实施第一至第三ICD转换器520、522、524。例如,图4的ICD转换器460可以实施第一ICD转换器520,以将(1)以由第一ICD源508指定的ICD数据格式在第一ICD源508中包括的第一ICD协议定义514转变为(2)以由LNM 518指定的LNM数据格式在LNM 518中包括的第一LNM协议定义526。在一些示例中,接口导入器430指示ICD转换器460以实施第一至第三ICD转换器520、522、524。

[0091] 在另一个示例中,ICD转换器460可以实施第二ICD转换器522以将(1)以由第二ICD源510指定的ICD数据格式在第二ICD源510中包括的第二ICD协议定义516转变为(2)以由LNM 518指定的LNM数据格式在LNM 518中包括的第二LNM协议定义528。在又一个示例中,ICD转换器460可以实施第三ICD转换器524以将(1)以由第三ICD源512指定的ICD数据格式

在第三ICD源512中包括的第二ICD协议定义516转换为(2)以由LNM 518指定的LNM数据格式在LNM 518中包括的第二LNM协议定义528。

[0092] 在图5中,第一LNM协议定义526是与第一ICD协议定义514相关联的语言中立定义。如本文所使用的,术语“语言中立定义”指代独立于数据源域502和语言特定域504的控制逻辑功能的数据结构和对应于飞行器组件、飞行器子系统、飞行器系统等的相关配置参数。例如,语言中立定义可包括属性或元素的相同值作为ICD定义和/或语言特定定义,但是在未被ICD定义或语言特定定义使用的数据格式或数据结构中。因此,可以添加、移除或修改包括在数据源域502中的ICD源或包括在语言特定域504中的建模环境,而不影响包括在LNM 518中的语言中立定义(例如,第一LNM协议定义526、第二LNM协议定义528等)。

[0093] 在图5中,包括在第一LNM协议定义526和第二LNM协议定义528中的数据格式不依赖于要处理的第一ICD源508、第二ICD源510或第三ICD源512中的一个的选择。例如,在第一LNM协议定义526中包括的信息保留相同数据格式,而不依赖于第一ICD源508、第二ICD源510或第三ICD源512中的一个的所选择的定义或选择。结果,因为LNM 518经由第一至第三ICD转换器520、522、524中的一个与第一ICD源508、第二ICD源510或第三ICD源512交互,所以当模型管理器100修改第一ICD源508、第二ICD源510或第三ICD源512中的一个或多个时,LNM 518不受影响。

[0094] 在图5中,第一LNM协议定义526可以包括与第一ICD协议定义514相同数量和类型的属性和元素。在第一LNM协议定义526中包括的信息与和第一ICD协议定义514相同的通信协议相关联。例如,第一LNM协议定义526可以对应于A429通信协议。例如,第一LNM协议定义526可以包括对应于一个或多个A429通信端口和/或控制逻辑的语言中立定义,以实施A429通信端口。例如,第一LNM协议定义526可以对应于与A429终端系统236和/或更一般地与图2的A429 LRU 234相关联的排队端口和/或采样端口。

[0095] 在图5中,第二LNM协议定义528可以包括与第二ICD协议定义516相同数量和类型的属性和元素。在第二LNM协议定义528中包括的信息与和第二ICD协议定义516相同的通信协议相关联。例如,第二LNM协议定义528可以对应于A664通信协议。例如,第二LNM协议定义528可以包括对应于一个或多个A664通信端口和/或控制逻辑的语言中立定义,以实施A664通信端口。例如,第二LNM协议定义528可以对应于与第一A664终端系统214和/或更一般地与图2的GPM 204相关联的排队端口和/或采样端口。

[0096] 在图5的所说明的示例中,语言特定域504包括第一建模环境530和第二建模环境532。替代地,可以存在少于或多于图5中描绘的第一和第二建模环境530、532。在图5的所说明的示例中,模型管理器100经由第一语言特定模型(LSM)转换器534、第二LSM转换器536和第三LSM转换器538在语言中立域506和语言特定域504之间转换数据。例如,图4的LSM转换器470可以实施第一至第三LSM转换器534、536、538。例如,图4的LSM转换器470可以实施第一LSM转换器534,以将(1)以由LNM 518指定的LNM数据格式在LNM 518中包括的第一LNM协议定义526转变为(2)以由第一建模环境530指定的第一LSM数据格式542在第一建模环境530中包括的第一IMA协议定义540。在一些示例中,接口导入器430指示LSM转换器470以实施第一至第三LSM转换器534、536、538。

[0097] 在另一个示例中,图4的LSM转换器470可以实施第二LSM转换器536,以将(1)以由LNM 518指定的LNM数据格式在LNM 518中包括的第二LNM协议定义528转变为(2)以由第一

建模环境530指定的第一LSM数据格式542在第一建模环境530中包括的第二IMA协议定义544。在图5中,第一IMA协议定义540、第二IMA协议定义544等可以对应于图3的IMA应用程序定义318和/或IMA接口定义320。

[0098] 在另一个示例中,图4的LSM转换器470可以实施第三LSM转换器538以将(1)以由LNM 518指定的LNM数据格式在LNM 518中包括的第二LNM协议定义528转变为(2)以由第二建模环境532指定的第二LSM数据格式548在第二建模环境532中包括的第三IMA协议定义546。

[0099] 在图5中,第一建模环境530基于第一LSM数据格式542。基于ICD协议定义(例如,第一ICD协议定义514、第二ICD协议定义516等)中的一个的选择和/或ICD源(例如,第一ICD源508、第二ICD源510等)的选择由库550(例如,模型库、模型对象库等)来定义图5的第一LSM数据格式542。例如,模型管理器100可以选择第一ICD源508以在第一建模环境530中生成IMA模型。响应于选择第一ICD源508,模型管理器100可以经由第一ICD转换器520将第一ICD协议定义514转换为第一LNM协议定义526。响应于生成第一LNM协议定义526,模型管理器100可以经由第一LSM转换器534将第一LNM协议定义526转换为第一IMA协议定义540。模型管理器100可以基于第一IMA协议定义540生成库550。

[0100] 在图5中,第二建模环境532是基于第二LSM数据格式548。基于ICD协议定义(例如,第一ICD协议定义514、第二ICD协议定义516等)中的一个的选择和/或ICD源(例如,第一ICD源508、第二ICD源510等)的选择由块定义552(例如,模型块定义、模型块对象定义等)来定义图5的第二LSM数据格式548。例如,模型管理器100可以选择第二ICD源510以在第二建模环境532中生成IMA模型。响应于选择第二ICD源510,模型管理器100可以经由第二ICD转换器522将第二ICD协议定义516转换为第二LNM协议定义528。响应于生成第二LNM协议定义528,模型管理器100可以经由第三LSM转换器538将第二LNM协议定义528转换为第三IMA协议定义546。模型管理器100可以基于第三IMA协议定义546生成块定义552。

[0101] 在图5中,在第一LNM协议定义526和第二LNM协议定义528中包括的数据格式不依赖于第一建模环境530或第二建模环境532的选择。例如,在第二LNM协议定义528中包括的信息保留相同数据格式,而不依赖于第一建模环境530或第二建模环境532的选择。结果,因为LNM 518经由第一至第三LSM转换器534、536、538中的一个与第一建模环境530和第二建模环境532交互,所以当模型管理器100修改库550中的一个或更多个或块定义552中的一个或更多个时,LNM 518不受影响。例如,模型管理器100可以将第二LNM协议定义528导入到第一建模环境530或第二建模环境532中而不修改第二LNM协议定义528。

[0102] 在一些示例中,模型管理器100使用一个或更多个变换规则生成LNM定义(例如,第一和第二LNM协议定义526、528)。变换规则可以表示包括LNM定义必须遵守和/或以其他方式满足以存储在LNM 518中的一个或更多个数据组件的数据结构(例如,变换数据结构)。例如,模型管理器100可以经由第一LSM转换器534将第一IMA协议定义540转换为第一LNM协议定义526。在这样的示例中,第一LSM转换器534可以将第一IMA协议定义540中的一个的数据结构与包括变换数据结构的变换规则进行比较。响应于与变换数据结构不匹配的数据结构,第一LSM转换器534可以利用数据结构的现有数据组件来聚合数据结构的缺失数据组件,并将聚合组件编译成LNM定义。第一LSM转换器534可以将LNM定义导出到LNM 518以成为第一LNM协议定义526和/或第二LNM协议定义528的一部分。

[0103] 图6是示例建模系统602的示例表示层600的示例实施方式。例如,建模系统602可以是IMA建模系统。图6的建模系统602表示基于开放系统互连(OSI)模型的第一系统604和第二系统606的建模系统,该模型是用于实施层中的通信协议的网络框架,其中控制从一个层传递到下一个层。在图6中,上层608(例如,应用层)模拟网络层,该网络层向最终用户应用程序提供网络服务,包括关注跨网络的进程间通信的协议。例如,上层608可以表示基于以太网的协议(例如,HTTP分组)、CAN总线协议(例如,CAN总线分组)、A429协议等的抽象。

[0104] 在图6中,上层608使用由表示层600提供的服务彼此交换数据。表示层600模拟负责任务(诸如处置包括格式转换、加密/解密等的消息数据的语法处理)的网络层以支持表示层600上方的上层608。图6的表示层600包括示例MAPOUT抽象610和对应的示例MAPIN抽象612。MAPOUT抽象610和MAPIN抽象612是可以包括在建模环境中的模型中的参数数据协议通信块的抽象。例如,MAPOUT抽象610可以是能够被插入到建模环境中的模型中的表示模型块,以使模型管理器100能够选择元素名称(例如,参数字段名称(Parameter Field Name)、定义的助记符名称(Defined Mnemonic Name)、定义的名称(Defined Parameter Name)等)的表示样式。在这样的示例中,MAPIN抽象612可以从MAPOUT抽象610获得元素名称,其可以呈现给模型管理器100、建模环境的用户(例如,设计工程师)等。

[0105] 图6的表示层600包括示例DECODE抽象614和对应的示例ENCODE抽象616。在一些示例中,DECODE抽象614和ENCODE抽象616将在二进制帧缓冲器中编码的数据操纵到总线对象元素。例如,DECODE抽象614和ENCODE抽象616可以是能够被插入到建模环境中的模型中以实现数据的编码/解码的表示模型块。例如,ENCODE抽象616可以通过将模拟电压值转换为二进制值来编码数据(例如,传感器值)。在这样的示例中,DECODE抽象614可以通过将二进制值转换为模拟电压值来解码数据。

[0106] 在图6的所说明的示例中,建模系统602包括下层618,以使用由物理介质支持的信令类型来模拟数字数据位的传输。例如,下层618可以包括会话层、传输层、网络层、数据链接层或物理层中的一个或更多个。例如,下层618可以是由电信号、电磁信号、红外或普通光的脉冲等传输的数据的模拟。例如,下层618可以通过以太网电缆、无线电天线、光纤电缆等传输和/或接收的数据的模拟。

[0107] 图7A描绘了用于生成、执行和验证与图1的飞行器108相关联的多个IMA模型702的IMA模型生成系统700。在图7A中,IMA模型702是IMA LRU模型702。替代地,IMA模型702可以是IMA GPM模型、IMA ASM模型、IMA网络交换机模型、IMA RDC模型等,和/或其组合。在图7A中,多个IMA LRU模型702包括超过10,000个IMA模型。替代地,IMA模型生成系统700可以生成少于10,000个IMA模型。在图7A中,多个IMA LRU模型702包括第一IMA模型704。在图7A中,第一IMA模型704是第一IMA LRU模型(IMA LRU模型1)704。例如,第一IMA LRU模型704可以对应于图2的A429 LRU 234、A664 LRU 224等的IMA模型。例如,第一IMA LRU模型704可以模拟A429 LRU 234、A664 LRU等。在另一个示例中,多个IMA LRU模型702中的一个或更多个可以对应于飞行器系统106和/或更一般地图1的飞行器108。

[0108] 在图7A中,模型管理器100管理IMA模型生成系统700。如图7A中,模型管理器100经由第一ICD转换器520将来自诸如第一ICD协议定义514的第一ICD源508的信息转变为LNM 518。在图7A中,模型管理器100经由第一LSM转换器534将来自LNM 518的信息转换到第一建模环境530中的第一IMA LRU模型704。例如,第一LSM转换器534可以将来自LNM 518的信息

转换成如图7A所描绘的超过10,000个IMA LRU模型。

[0109] 在图7A的所说明的示例中,模型管理器100生成、执行和验证包括第一IMA LRU模型704的多个IMA LRU模型702。在图7A中,第一IMA LRU模型704包括图6的下层618、表示层600和上层608。在图7A中,下层618模拟从物理组件获得数据。在图7A中,下层618模拟从示例网络交换机706获得网络数据。例如,网络交换机706可以对应于图2的CCR NS 218、NS 222等。在图7A中,下层618经由数字通信 (COM) 读取功能 (FX) 708从网络交换机706获得网络数据(例如,通信协议数据分组)。在图7A中,由第一建模环境530使用机器可读指令来实施数字COM读取功能708,以模拟从网络交换机706获得网络数据并将获得的网络数据转变为数字数据格式,诸如二进制数据格式。

[0110] 在一些示例中,模拟网络交换机706。例如,数字COM读取功能708可以获得与网络交换机706相关联的先前记录的网络数据。例如,数字COM读取功能708可以从数据库读取先前记录的和/或模拟的通信协议数据分组。在一些示例中,不模拟网络交换机706。例如,数字COM读取功能708可以实时地从诸如图2的CCR NS 218的物理器件获得网络数据。

[0111] 在图7A中,下层618模拟从示例传感器710获得传感器数据。例如,传感器710可以对应于图2的传感器230。在图7A中,下层618经由传感器读取功能711从传感器710获得传感器数据(例如,模拟信号、数字信号等)。在图7A中,由第一建模环境530使用机器可读指令实施传感器读取功能711,以模拟从传感器710获得传感器数据并将获得的传感器数据转变为数字格式,诸如二进制数据格式。

[0112] 在一些示例中,模拟传感器710。例如,传感器读取功能711可以获得与传感器710相关联的先前记录的传感器数据。例如,传感器读取功能711可以从数据库读取先前记录的和/或模拟的模拟信号、数字信号等。在一些示例中,不模拟传感器710。例如,传感器读取功能711可以实时地从诸如图2的传感器230的物理器件获得传感器数据。

[0113] 在图7A中,第一IMA LRU模型704包括表示层600,以便于模拟将从下层618获得的二进制数据转变为将由上层608使用的工程单位的数据。在图7A中,第一IMA LRU模型704经由示例DECODE功能712对数据进行解码或解包(unpack)。例如,DECODE功能712可以对应于图6的DECODE抽象614。DECODE功能712可以解包由数字COM读取功能708获得的网络数据,以解析包括的信息,诸如网络地址、网络参数、有效负载数据等。

[0114] 在图7A中,第一IMA LRU模型704经由示例MAPOUT功能714将解包的网路数据映射到IMA协议定义,诸如图5的第一IMA协议定义540。例如,MAPOUT功能714可以对应于图6的MAPOUT抽象610。MAPOUT功能714可以将包括在解包的网路数据中的信息关联或指向在第一IMA协议定义540中包括的适当的数据字段。例如,MAPOUT功能714可以生成表示具有关联值的属性的一个或更多个参数。例如,参数可以是网络地址的值、网络参数的值、与有效负载数据相关联的值等。

[0115] 在图7A中,第一IMA LRU模型704经由工程单位(EU)缩放功能716将二进制数据转变和/或以其他方式缩放为工程单位的数据。例如,EU缩放功能716可以将来自传感器710的与模拟信号值(例如,电压信号、电流信号等)相关联的二进制数据转变到与诸如压力(例如,0-1000磅/每平方英寸(PSI))、速度(例如,5000转/分钟(RPM))、位置百分比(例如,25%打开,75%关闭等)、流量(例如,0-25加仑/分钟)等的物理参数范围相关联的工程单位。

[0116] 在图7A中,第一IMA LRU模型704使用来自EU缩放功能716的工程单位数据经由主

要功能718、内置测试 (BIT) 功能720和与上层608相关联的支持功能722来执行控制逻辑。在图7A中,主要功能718可以包括一个或更多个控制逻辑例程。例如,主要功能718可以包括基于从网络开关706获得的数据执行飞行器108的襟翼致动命令、缝翼致动命令等。例如,主要功能718可以包括飞行器系统106和/或更一般地飞行器108的致动物理组件,诸如电动机、泵、螺线管、阀门等。

[0117] 在图7A中,BIT功能720可以对应于执行与图2的RDC 226相关联的功能。例如,BIT功能720可以模拟从图2的A429 LRU 234获得网络数据、从图2的传感器230获得传感器数据、生成和/或传输控制信号到图2的执行器232等。在图7A中,BIT功能720包括远程监控功能724和监控功能726。在图7A中,远程监控功能724模拟从网络交换机706获得网络数据并将网络数据传输到诸如图2的CAN总线238的网络。在图7A,监控功能726模拟从传感器710获得传感器数据并将传感器数据传输到诸如图2的CAN总线238、图2的NS 222等的网络。

[0118] 在图7A中,第一IMA LRU模型704包括支持功能722,以使用来自EU缩放功能716的工程单位数据来模拟辅助控制逻辑功能。在图7A中,支持功能722包括操作状态管理728、文件系统730和数据加载732。在图7A中,操作状态管理728对应于基于所获得的网络数据和/或传感器数据与第一IMA LRU模型704(诸如网络交换机706、传感器710等)相关联的物理组件的状态信息的模拟。在图7A中,文件系统730对应于模拟LRU(诸如图2的A429 LRU 234、A664 LRU 224等)的操作系统的模拟。在图7A中,数据加载732对应于状态信息(诸如模拟LRU的处理器利用率、存储装置利用率、存储器利用率等)的模拟。

[0119] 在图7A中,第一LSM转换器534转换一个或更多个DECODE功能712、MAPOUT功能714和/或EU缩放功能716。例如,第一LSM转换器534可以转换DECODE功能712的超过10,000个实例,每个实例包括与第一IMA协议定义540相关联的参数。例如,第一LSM转换器534可以基于对应于模拟LRU的第一功能的第一IMA协议定义540,利用第一组参数来转换DECODE功能712的第一实例。在这样的示例中,第一LSM转换器534可以基于对应于模拟LRU的第二功能的第一IMA协议定义540,利用第二组参数来转换DECODE功能712的第二实例,其中第一组参数与第二组参数不同。在这样的示例中,模型管理器100可以基于第一IMA协议定义540生成模拟LRU的多个模拟功能。

[0120] 图7B描绘了图7A的IMA模型生成系统700的延续。在图7B中,第一IMA LRU模型704包括用于将工程单位数据转变为二进制数据的示例二进制缩放功能734。在图7B中,第一IMA LRU模型704经由示例MAPIN功能736将转变的二进制数据映射到IMA协议定义,诸如图5的第一IMA协议定义540。例如,MAPIN功能736可以对应于图6的MAPIN抽象612。MAPIN功能736可以将转变的二进制中包括的信息与在第一IMA协议定义540中包括的适当数据字段关联或将转变的二进制中包括的信息指向第一IMA协议定义540中包括的适当数据字段。例如,MAPIN功能736可以将转变的二进制数据与图3的IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等相关联。

[0121] 在图7B中,第一IMA LRU模型704经由示例ENCODE功能738将二进制数据编码或封装到通信协议数据分组中。例如,ENCODE功能738可以对应于图6的ENCODE抽象616。ENCODE功能738可以将由上层608处理的二进制数据转变为数字数据。

[0122] 在图7B中,第一IMA LRU模型704包括下层618,用于经由数字COM写入功能740、非易失性存储器写入功能742和/或执行器写入功能744传输和/或存储数字数据。在图7B中,

由第一建模环境530使用机器可读指令来实施数字COM写入功能740,以模拟打开网络数据会话,其中可以将数字数据写入通信传输缓冲器,其中可以以先进先出(FIFO)顺序将数字数据封装和传输到网络。在图7B中,非易失性存储器写入功能742将数字数据写入非易失性存储器。在图7B中,由第一建模环境530使用机器可读指令来实施执行器写入功能744,以模拟将数字数据写入执行器缓冲器,其中数字数据可被转变为控制信号以控制执行器,诸如图2的执行器232。

[0123] 在图7B中,第一IMA LRU模型704包括示例COM协议功能746,以将数字数据封装成通信协议数据格式(例如,A429通信协议数据格式、A664通信协议数据格式等),以经由示例COM控制器748将其传输到网络。例如,COM协议功能746可以将数字数据封装到A429数据分组中,并且COM控制器748可以经由A429通信协议传输A429数据分组。

[0124] 在图7B中,NVM写入功能742将数字数据传输到示例板级支持包(BSP)驱动器应用程序编程接口(API)750。例如,BSP驱动器API 750可以实施一个或更多个驱动器或中间件以便于针对硬件输出的机器可读指令。响应于BSP驱动器API 750处理数字数据,第一IMA LRU模型704将处理后的数字数据存储到NVM闪存存储器752中。在图7B中,执行器写入功能744将数字数据传输到BSP驱动器API 750,以将数字数据转变为控制信号,以控制执行器(诸如图2的执行器232)。响应于生成控制信号,第一IMA LRU模型704将所生成的控制信号存储在NVM闪存存储器752中。

[0125] 在图7B中,第一LSM转换器534转换一个或更多个二进制缩放功能734、MAPIN功能736、ENCODE功能738、数字COM写入功能740、NVM写入功能742和/或执行器写入功能744。例如,第一LSM转换器534可以转换ENCODE功能738的超过10,000个实例,每个实例包括与第一IMA协议定义540相关联的参数。例如,第一LSM转换器534可以基于对应于模拟LRU的第一功能的第一IMA协议定义540,利用第一组参数来转换ENCODE功能738的第一实例。在这样的示例中,第一LSM转换器534可以基于对应于模拟LRU的第二功能的第一IMA协议定义540,利用第二组参数来转换ENCODE功能738的第二实例,其中第一组参数与第二组参数不同。在这样的示例中,模型管理器100可以基于第一IMA协议定义540生成模拟LRU的多个模拟功能。

[0126] 图7C描绘了模型管理器100生成与图5的第一建模环境530相关联的库550。在图7C的所说明的示例中,模型管理器100选择和/或以其他方式确定要部署的建模环境。在图7C中,模型管理器100选择图5的第一建模环境530,在其中生成示例IMA系统模型754。例如,IMA系统模型754可以包括多个IMA LRU模型702,其包括图7A和图7B的第一IMA LRU模型704。

[0127] 在图7C的所说明的示例中,第一建模环境530包括示例IMA总线结构756,其包括IMA总线元件758。IMA总线结构756是指定模拟通信总线的体系结构属性的总线对象,其不同于模拟通信总线促进的信号的值。例如,IMA总线结构756可以指定总线中的元件数量、元件的顺序、元件是否以及如何嵌套、对应信号的数据类型等。例如,模型管理器100可以创建IMA总线结构756用于模拟诸如ARINC 429、ARINC 664等的飞行器通信协议的组织、语法或结构。例如,IMA总线结构756可以对应于ARINC 664的结构,其中IMA总线元件758对应于ARINC 664总线信号的定义或属性(例如,ARINC 664总线信号的值、测量单位等)。

[0128] 在图7C中,第一建模环境530包括ICD总线结构760,其包括示例ICD总线元件762。ICD总线结构760是总线对象,其基于存储在数据源域502(诸如图5的第一ICD源508)中的属

性来指定模拟通信总线的体系结构属性。在图7C中,ICD总线结构760包括ICD总线元件762,以将包括在数据源域502中的信息映射到包括在第一建模环境530中的信息。例如,模型管理器100可以使用在ICD总线元件762中包括的数据填充在IMA总线元件758中包括的数据。例如,模型管理器100可以使用在ICD总线元件762中包括的第一ICD总线元件766中包括的数据来填充IMA总线元件758中包括的第一IMA总线元件764。

[0129] 在操作中,模型管理器100通过导入在LNM 518中包括的信息来生成IMA系统模型754。在图7C中,模型管理器100确定第一建模环境530将用于生成IMA系统模型754。例如,模型管理器100可以选择数据源,诸如图5的第一ICD源508以检索用于生成IMA系统模型754的信息。模型管理器100执行第一指令768以将(1)第一LNM协议定义526(其基于从第一ICD源508检索的第一ICD协议定义514)转变和/或以其他方式转换到(2)第一IMA协议定义540。

[0130] 在图7C中,模型管理器100执行第二指令770以生成IMA总线结构756和ICD总线结构760。例如,模型管理器100可指导第一建模环境530以在第一建模环境530内执行第二指令770。响应于生成IMA总线结构756和ICD总线结构760,模型管理器100执行第三指令772以初始化或开启第一建模环境530。例如,模型管理器100可以指导第一建模环境530以在第一建模环境530内执行第三指令772。

[0131] 在图7C的所说明的示例中,响应于初始化第一建模环境530,模型管理器100执行第四指令774以基于LNM 518中包括的第一LNM协议定义526生成图5的库550。在图7C中,库550包括示例IMA MAPIN模型库(ML)775、示例IMA ENCODE模型库776、示例IMA DECODE模型库777以及示例IMA MAPOUT模型库778。库550中的每个可包括多个IMA模型、IMA模型对象、IMA定义等。

[0132] 在图7C中,第四指令774将第一LNM协议定义526转换为第一IMA协议定义540。例如,当适用时,模型管理器100可以指导第一建模环境530以将在模型库550中包括的IMA模型、IMA模型对象(例如,IMA应用程序模型对象314、IMA接口模型对象316等)、IMA定义(例如,IMA应用程序定义318、IMA接口定义320等)等导入到第一建模环境530中。

[0133] 在图7C中,第四指令774生成IMA模型对象780,其包括示例IMA MAPIN模型对象781、示例IMA ENCODE模型对象782、示例DECODE模型对象783以及示例MAPOUT模型对象784。在一些示例中,响应于用户输入来执行第四指令774。例如,响应于用户输入,第四指令774可以生成IMA模型对象780中的一个或更多个。在图7C中,IMA模型对象780对应于图6的表示层600。例如,IMA MAPIN模型对象781可以对应于图6的MAPIN抽象612。在图7C中,IMA模型对象780中的每个包括对应的参数信息。例如,IMA MAPIN模型对象781可以包括具有对应的参数定义(例如,图3的参数定义311a、311b)的一个或更多个参数标识符。

[0134] 在图7C的所说明的示例中,模型管理器100通过导入包括第一IMA LRU模型704的多个IMA LRU模型702中的一个或更多个来生成IMA系统模型754。在图7C中,模型管理器100经由第一库链接786通过从库550导入模型对象来生成多个IMA LRU模型702中的每一个。例如,模型管理器100可以指示第一建模环境530以利用与来自库550的下层618、表示层600和上层608相关联的对应IMA模型对象经由第一库链接786导入第一个IMA LRU模型704。在图7C中,模型管理器100导入多个IMA LRU模型702,其中下层618、表示层600和上层608包括对应的第一IMA协议定义540。在图7C中,基于经由第二库链接788从IMA模型对象780导入信息来生成库550。

[0135] 在图7C的所说明的示例中,模型管理器100基于将IMA系统模型754中包括的一个或多个属性与IMA总线元件758、ICD总线元件762等中包括的一个或多个属性进行比较来验证IMA系统模型754。例如,IMA系统模型754可以对应于飞行器系统106和/或更一般地图1的飞行器108的模拟。第一IMA LRU模型704的下层618、表示层600和上层608与IMA总线结构756耦接在一起。在图7C中,模型管理器100验证将第一IMA LRU模型704的下层618、表示层600和上层608耦接的IMA总线结构756是否包括由ICD总线结构760指定的属性。例如,模型管理器100可以将将在下层618中包括的参数中的一个的属性与在ICD总线元件762中包括的属性进行比较。响应于确定IMA总线结构756不具有通过ICD总线元件766基于比较所指定的属性中的一个或多个,第一建模环境530停止IMA系统模型754的操作并生成错误消息、警报等。

[0136] 图8-图11中示出了用于实施图4的模型管理器100的示例硬件逻辑或机器可读指令的流程图表示。机器可读指令可以是程序或程序的一部分,用于由处理器(诸如下面结合图12讨论的示例处理器平台1200中示出的处理器1212)执行。该程序可以体现在存储在非暂时性计算机可读存储介质(诸如CD-ROM、软盘、硬盘驱动器、DVD、蓝光盘或与处理器1212相关联的存储器)上的软件中,但是整个程序和/或其部分可以替代地由除处理器1212之外的器件执行和/或体现在固件或专用硬件中。此外,尽管参考图8-图11中所说明的流程图描述了示例程序,可以替代地使用实施模型管理器100的许多其他方法。例如,可以改变块的执行顺序,和/或可以改变、消除或组合所描述的一些块。附加地或替代地,任何或所有块可以由被构造的一个或多个硬件电路(例如,分立和/或集成的模拟和/或数字电路、FPGA、ASIC、比较器、运算放大器(op-amp)、逻辑电路等)实施,以在不执行软件或固件的情况下执行对应的操作。

[0137] 如上所述,可以使用在非暂时性计算机和/或机器可读介质(例如硬盘驱动器、闪存存储器、只读存储器、压缩磁盘、数字通用磁盘、高速缓存、随机存取存储器和/或任何其他存储器件或存储磁盘)上存储的可执行指令(例如,计算机和/或机器可读指令)来实施图8-图11的处理,其中信息被存储任何持续时间(例如,对于延长的时间段、永久地、对于短暂的实例、对于临时缓冲和/或对于信息的缓存)。如本文所使用的,术语非暂时性计算机可读介质明确地定义为包括任何类型的计算机可读存储器件和/或存储盘并且排除传播信号并排除传输介质。

[0138] 在本文中“包括(including和comprising)”(及其所有形式和时态)用作开放式术语。因此,每当权利要求采用任何形式的“包括”(例如,包括(includes、including、comprise、comprising)、具有(having)等)作为前言或在任何种类的权利要求书中时,应理解为可以存在附加元素、术语等,而不落在对应的权利要求或叙述的范围之外。如本文所使用的,当短语“至少”用作例如权利要求的前序中的过渡术语时,其以与术语“包括”相同方式是开放式的。术语“和/或”例如当以诸如A、B和/或C的形式使用时指代A、B、C的任何组合或子集,诸如(1)单独的A,(2)单独的B,(3)单独的C,(4)A和B,(5)A和C,以及(6)B和C。

[0139] 图8是表示可以由图1和图3-图7C的模型管理器100执行的示例方法800以生成图1的飞行器108的IMA系统模型的流程图。方法800开始于块802,在块802处,模型管理器100选择建模环境。例如,建模环境选择器410可以确定使用图5的第一建模环境530,以生成图7C的IMA系统模型754。

[0140] 在块804处,模型管理器100选择要处理的(一个或更多个)数据源。例如,数据源选择器420可以确定使用要处理的图5的第一ICD源508。在块806处,模型管理器100将定义导入到建模环境中。例如,接口导入器430可以经由语言中立域506将信息从数据源域502导入到语言特定域504中。下面结合图9描述可以用于实施块806的示例进程。

[0141] 在块808处,模型管理器100将(一个或更多个)模型对象导入到建模环境中。例如,模型对象处理程序450可以将与图7A-图7B的下层618、表示层600、上层608等相关联的功能导入到第一建模环境530中以生成第一IMA LRU模型704。例如,模型对象处理程序450可以将数字COM读取功能708、传感器读取功能711等导入到图7A的下层618中。在另一个示例中,模型对象处理程序450可以将DECODE功能712、MAPOUT功能714等导入到图7A的表示层600中。

[0142] 在块810处,模型管理器100配置(一个或更多个)模型对象。例如,模型对象处理程序450可以配置在第一IMA协议定义540、第二IMA协议定义544等中包括的一个或更多个定义。下面结合图10描述可以用于实施块810的示例进程。

[0143] 在块812处,模型管理器100确定是否生成另一个IMA模型。例如,模型对象处理程序450可以确定生成在多个IMA LRU模型702中包括的第二IMA LRU模型,在多个IMA LRU模型702中包括的第三IMA LRU模型等。

[0144] 如果在块812处,模型管理器100确定生成另一个IMA模型,则控制返回到块808以将(一个或更多个)模型对象导入到建模环境中以生成另一个IMA模型。如果在块812处,模型管理器100确定不生成另一个IMA模型,则在块814处,模型管理器100生成IMA系统模型。例如,模型对象处理程序450可以通过生成多个IMA LRU模型702生成图7C的IMA系统模型754。

[0145] 在块816处,模型管理器100验证IMA系统模型。例如,接口验证器480可以执行IMA系统模型754,将IMA系统模型754的输出与验证输出(例如,验证阈值、验证规则等)进行比较,并且基于输出匹配和/或以其他方式满足验证输出来验证IMA系统模型754。在另一个示例中,接口验证器480可以通过将IMA系统模型754中包括的一个或更多个属性与IMA总线元件758、ICD总线元件762等中包括的一个或更多个属性进行比较来验证IMA系统模型754,并基于该比较验证IMA系统模型754。例如,IMA系统模型754中包括的一个或更多个属性可以对应于第一IMA协议定义540中的一些的属性。

[0146] 在块818处,模型管理器100确定验证是否成功。例如,接口验证器480可以基于IMA系统模型754中包括的一个或更多个属性与IMA总线元件758、ICD总线元件762等中包括的一个或更多个属性的比较来确定IMA系统模型754不符合一个或更多个IMA定义规则。

[0147] 如果在块818处,模型管理器100确定验证不成功,则控制返回到块810以重新配置模型对象。如果在块818处,模型管理器100确定验证成功,则在块820处,模型管理器100生成输出。例如,接口导出器440可以生成和部署与IMA系统模型754相关联的机器可读指令到要执行的飞行器系统106和/或更一般地图1的飞行器108。例如,飞行器108可以通过基于IMA系统模型754执行机器可读指令来操作。在另一个示例中,接口导出器440可以基于IMA系统模型754生成和部署供应链和/或制造构建指令以启动飞行器系统106和/或更一般地图1的飞行器108的生产。下面结合图11描述了可以用于实施块820的示例进程。响应于生成输出,图8的方法800结束。

[0148] 图9是表示可以由图1和图3-图7C的模型管理器100执行以将定义导入到建模环境中的示例方法900的流程图。图9的进程可用于实施图8的块806的操作。方法900开始于块902,在块902处,模型管理器100选择ICD定义以进行导入。例如,数据源选择器420可以选择要导入的第一ICD源508的第一ICD协议定义514。

[0149] 在块904处,模型管理器100将ICD定义转换为LNM定义。例如,ICD转换器460可以实施第一ICD转换器520以将第一ICD协议定义514转换成在图5的LNM 518中包括的第一LNM协议定义526。

[0150] 在块906处,模型管理器100验证LNM定义。例如,接口验证器480可以将第一LNM协议定义526与一个或多个LNM定义规则进行比较,并基于该比较来验证第一LNM协议定义526。

[0151] 在块908处,模型管理器100确定验证是否成功。例如,接口验证器480可以确定第一LNM协议定义526基于第一LNM协议定义526遵守和/或以其他方式满足一个或多个LNM定义规则被验证。

[0152] 如果在块908处,模型管理器100确定验证不成功,则控制前进到块916以生成警报。如果在块908处,模型管理器100确定验证成功,则在块910处,模型管理器100将LNM定义转换为IMA定义。例如,LSM转换器470可以实施第一LSM转换器534以将第一LNM协议定义526转换成第一IMA协议定义540。

[0153] 在块912处,模型管理器100验证IMA定义。例如,接口验证器480可以将第一IMA协议定义540与一个或多个IMA定义规则进行比较,并基于该比较来验证第一IMA协议定义540。

[0154] 在块914处,模型管理器100确定验证是否成功。例如,接口验证器480可以确定第一IMA协议定义540基于第一IMA协议定义540遵守和/或以其他方式满足一个或多个IMA定义规则被验证。

[0155] 如果在块914处,模型管理器100确定验证不成功,则控制前进到块916以生成警报。例如,接口验证器480可以生成警报并在用户接口上显示警报以通知用户验证不成功。响应于生成警报,图9的方法900返回到图8的示例的块808以将(一个或多个)模型对象导入到建模环境中以生成IMA模型。

[0156] 如果在块914处,模型管理器100确定验证成功,则控制前进到块918以生成建模环境模型库。例如,响应于生成第一IMA协议定义540,接口导入器430可以生成图5的库550。

[0157] 在块920处,模型管理器100生成模型对象。例如,响应于生成库550,接口导入器430可以生成图7C的IMA模型对象780。响应于生成模型对象,图9的方法900返回到图8的示例的块808以将(一个或多个)模型对象导入到建模环境中以生成IMA模型。

[0158] 图10是表示可以由图1和图3-图7C的模型管理器100执行以配置(一个或多个)模型对象的示例方法1000的流程图。图10的进程可用于实施图8的块810的操作。方法1000开始于块1002,在块1002处,模型管理器100选择模型对象以进行处理。例如,模型对象处理程序450可以选择图7A的DECODE功能712以进行处理。

[0159] 在块1004处,模型管理器100选择一个定义以进行处理。例如,模型对象处理程序450可以选择第一IMA协议定义540中的第一个进行处理,诸如在图3的IMA接口定义320中包括的“TX_COM_PORT 10121”IMA接口定义。

[0160] 在块1006处,模型管理器100处理定义。例如,模型对象处理程序450可以添加、删除或修改第一IMA协议定义540中的一个。例如,模型对象处理程序450可以修改与图3的IMA接口定义320中包括的“TX_COM_PORT10121”IMA接口定义相关联的信息。

[0161] 在块1008处,模型管理器100确定是否选择另一个定义以进行处理。例如,模型对象处理程序450可以确定选择第一IMA协议定义540中的第二个以进行处理。

[0162] 如果在块1008处,模型管理器100确定选择另一个定义以进行处理,则控制返回到块1004以选择另一个定义以进行处理。如果在块1008处,模型管理器100确定不选择另一个定义以进行处理,则在块1010处,模型管理器100使用IMA定义规则来验证模型对象。例如,接口验证器480可以将第一IMA协议定义540中的一个或更多个与一个或更多个IMA定义规则进行比较。

[0163] 在块1012处,模型管理器100确定验证是否成功。例如,接口验证器480可以确定第一IMA协议定义540中的一个或更多个符合和/或以其他方式满足一个或更多个IMA定义规则。

[0164] 如果在块1012处,模型管理器100确定验证不成功,则控制返回到块1004以选择一个定义以进行处理。例如,模型对象处理程序450可以选择验证失败的定义。如果在块1012处,模型管理器100确定验证成功,则在块1014处,模型管理器100生成IMA总线元件。例如,模型管理器100可以生成第一IMA总线元件764并将第一IMA总线元件764与DECODE功能712相关联。

[0165] 在块1016处,模型管理器100选择另一个模型对象以进行处理。例如,模型对象处理程序450可以确定选择图7A的MAPOUT功能714以进行处理。如果在块1016处,模型管理器100确定选择另一个模型对象以进行处理,则控制返回到块1002以选择另一个模型对象以进行处理。如果在块1016处,模型管理器100确定不选择另一个模型对象以进行处理,则图10的方法1000返回到图8的示例的块812以确定是否生成另一个IMA模型。

[0166] 图11是表示可以由图1和图3-图7C的模型管理器100执行以生成输出的示例方法1100的流程图。图11的进程可用于实施图8的块820的操作。方法1100开始于块1102,在块1102处,模型管理器100使用变换规则生成语言中立模型(LNM)定义。例如,接口导出器440可以基于图7C的IMA系统模型754中包括的第一IMA协议定义540生成图5的第一LNM协议定义526以用于被导出到图5的LNM 518。

[0167] 在块1104处,模型管理器100生成机器可读指令。例如,接口导出器440可以生成对应于在图7C的IMA系统模型754中包括的多个IMA LRU模型702的执行的计算机可执行代码。

[0168] 在块1106处,模型管理器100生成供应链构建指令。例如,接口导出器440可以生成图1的输出124以包括由供应链计算系统执行以启动组件的排序,劳动分配等的指令,以构建与图7C的IMA系统模型754相关联的飞行器系统(例如,图1的飞行器系统106)。

[0169] 在块1108处,模型管理器100生成制造构建指令。例如,接口导出器440可以生成图1的输出124以包括由制造计算系统执行以启动部件制造、劳动分配等的指令,以构建与图7C的IMA系统模型754相关联的飞行器系统(例如,图1的飞行器系统106)。

[0170] 在块1110处,模型管理器100将LNM定义导出到LNM。例如,接口导出器440可以将第一LNM协议定义526导出到LNM 518,其可以由其他IMA模型、其他IMA系统模型等使用。在这样的示例中,接口导出器440可以指导第一LNM协议定义526经由第一ICD转换器520被转换

为第一ICD协议定义514。

[0171] 在块1112处,模型管理器100将机器可读指令部署到交通工具和/或交通工具模拟器。例如,接口导出器440可以将机器可读指令部署到图1的飞行器系统106和/或飞行器108以由飞行器系统106和/或飞行器108执行。

[0172] 在块1114处,模型管理器100启动与IMA系统模型相关联的交通工具的生产。例如,接口导出器440可以启动与IMA系统模型754相关联的飞行器系统106、飞行器108等的生产。响应于启动与IMA系统模型相关联的交通工具的生产,该方法1100返回到图8的示例以结束。

[0173] 图12是被构造为执行图8-图11的指令以实现图1和图3-图7C的模型管理器100的处理器平台1200的块图。处理器平台1200可以是例如服务器、个人计算机、工作站、自学习机器(例如,神经网络)或任何其他类型的计算设备。

[0174] 所说明的示例的处理器平台1200包括处理器1212。所说明的示例的处理器1212是硬件。例如,处理器1212可以由来自任何期望的系列或制造商的一个或更多个集成电路、逻辑电路、微处理器、GPU、DSP或控制器实现。硬件处理器可以是基于半导体的(例如,基于硅的)器件。在该示例中,处理器1212实施图4的建模环境选择器410、数据源选择器420、接口导入器430、接口导出器440、模型对象处理程序450、ICD转换器460、LSM转换器470、接口验证器480以及报告生成器490。

[0175] 所说明的示例的处理器1212包括本地存储器1213(例如,高速缓存)。所说明的示例的处理器1212经由总线1218与包括易失性存储器1214和非易失性存储器1216的主存储器通信。易失性存储器1214可以由同步动态随机存取存储器(SDRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、**RAMBUS®**动态随机存取存储器(**RDRAM®**)和/或任何其他类型的随机存取存储器器件来实施。非易失性存储器1216可以由闪存存储器和/或任何其他期望类型的存储器器件来实施。对主存储器1214、1216的访问由存储器控制器来控制。

[0176] 所说明的示例的处理器平台1200还包括接口电路1220。接口电路1220可以由任何类型的接口标准(诸如以太网接口、通用串行总线(USB)、**Bluetooth®**接口、近场通信(NFC)接口和/或PCI express接口)来实施。

[0177] 在所说明的示例中,一个或更多个输入器件1222连接到接口电路1220。(一个或更多个)输入器件1222允许用户将数据和/或命令输入到处理器1212中。(一个或更多个)输入器件可以通过例如音频传感器、麦克风、相机(静止或视频)、键盘、按钮、鼠标、触摸屏、跟踪板、轨迹球、isopoint器件和/或语音识别系统来实施。

[0178] 一个或更多个输出设备1224还连接到所说明的示例的接口电路1220。输出器件1224可以例如通过显示器件(例如,发光二极管(LED)、有机发光二极管(OLED)、液晶显示器(LCD)、阴极射线管显示器(CRT)、平面转换(IPS)显示器、触摸屏等)、触觉输出器件、打印机和/或扬声器来实施。因此,所说明的示例的接口电路1220通常包括图形驱动器卡、图形驱动器芯片和/或图形驱动器处理器。

[0179] 所说明的示例的接口电路1220还包括通信器件,诸如发射器、接收器、收发器、调制解调器、住宅网关、无线接入点和/或网络接口,以便于经由网络1226与外部机器(例如,任何类型的计算器件)的数据交换。通信可以是经由例如以太网连接、数字用户线(DSL)连接、电话线连接、同轴电缆系统、卫星系统、直线对传(line-of-site)无线系统、蜂窝电话系

统等。

[0180] 所说明的示例的处理器平台1200还包括用于存储软件和/或数据的一个或多个大容量存储器件1228。这种大容量存储器件1228的示例包括软盘驱动器、硬盘驱动器、压缩盘驱动器、蓝光盘驱动器、独立磁盘冗余阵列 (RAID) 系统和数字通用盘 (DVD) 驱动器。

[0181] 图8-图11的机器可执行指令1232可以被存储在大容量存储器件1228中、易失性存储器1214中、非易失性存储器1216中和/或可移动的非暂时性计算机可读存储介质 (诸如CD或DVD) 上。

[0182] 从前述内容可以理解,已经公开了生成集成模块化体系结构模型的示例系统、方法、装置和制品。本文描述的模型管理器装置生成用于在计算机建模环境中生成IMA模型的飞行器组件和系统的抽象。本文描述的模型管理器装置将定义存储在接口控制数据源中,以便于重新使用IMA模型之间的抽象。本文描述的模型管理器装置经由语言中立模型将在接口控制数据源中包括的信息转换到计算机建模环境。

[0183] 由于模型管理器装置将先前定义或生成的IMA模型导入到新的IMA模型中的能力,因此与先前示例相比,本文描述的示例减少了生成IMA模型的时间。由于生成交通工具IMA模型所需的多个独特IMA模型的减少,本文描述的示例降低了生成对应于诸如飞行器的交通工具的IMA模型所需的存储能力。与需要不同数据库以便于在相异数据源之间映射信息的先前示例相比,本文描述的示例通过使用语言中立模型数据库来便于相异数据格式化信息存储系统之间的数据转换来提高数据库效率。

[0184] 此外,本公开包括根据以下实施例的实施例:

[0185] 实施例1包括一种装置,其包括接口导入器,其用于将第一集成模块化体系结构 (IMA) 协议定义导入到第一计算机建模环境中,以基于第一IMA协议定义生成多个库,并基于多个库生成多个IMA模型对象;模型对象处理程序,其将多个IMA模型对象中的一些导入到第一计算机建模环境中以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一IMA模型,并通过生成包括第一IMA模型的多个IMA模型生成对应于飞行器的IMA系统模型;接口验证器,其通过将IMA系统模型的输出与验证输出进行比较来验证IMA系统模型;接口导出器,当IMA系统模型被验证时,其用于生成飞行器系统的制造构建指令;以及报告生成器,其用于基于制造构建指令启动飞行器系统的生产。

[0186] 实施例2包括实施例1的装置,其中第一IMA协议定义包括与飞行器系统相关联的接口信息、需求信息或规范信息中的至少一个。

[0187] 实施例3包括实施例1的装置,其中接口导入器通过以下操作来导入第一IMA协议定义:指示接口控制数据库 (ICD) 转换器使用第一ICD转换器将第一ICD源中包括的第一ICD协议定义转变为在LNM中包括的第一语言中立模型 (LNM) 协议定义,并指示语言特定模型 (LSM) 转换器使用第一LSM转换器将第一LNM协议定义转变为第一建模环境中包括的第一IMA协议定义。

[0188] 实施例4包括实施例1的装置,其中第一IMA模型包括下层、表示层和上层,下层包括数字通信读取功能或传感器读取功能中的至少一个。

[0189] 实施例5包括实施例4的装置,其中接口验证器通过以下操作中的至少一个来验证IMA系统模型:经由数字通信读取功能实时地从网络交换机获得网络数据或者经由传感器读取功能实时地从传感器获得传感器数据。

[0190] 实施例6包括实施例1的装置,其中接口导出器基于IMA系统模型生成机器可读指令,将机器可读指令部署到飞行器系统或飞行器中的至少一个,并且基于机器可读指令致使飞行器系统或飞行器中的至少一个的操作。

[0191] 实施例7包括一种方法,包括将第一集成模块化体系结构(IMA)协议定义导入到第一计算机建模环境中以基于第一IMA协议定义生成多个库,基于多个库生成多个IMA模型对象,将多个IMA模型对象中的一些导入到第一计算机建模环境中,以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一IMA模型,通过生成包括第一IMA模型的多个IMA模型生成对应于该飞行器的IMA系统模型,通过将IMA系统模型的输出与验证输出进行比较来验证IMA系统模型,响应于基于比较验证IMA系统模型,生成飞行器系统的制造构建指令,以及基于制造构建指令启动飞行器系统的生产。

[0192] 实施例8包括实施例7的方法,其中第一IMA协议定义包括与飞行器系统相关联的接口信息、需求信息或规范信息中的至少一个。

[0193] 实施例9包括实施例7的方法,其中导入第一IMA协议定义包括利用第一ICD转换器将在第一ICD源中包括的第一接口控制数据库(ICD)协议定义转换为在LNM中包括的第一语言中立模型(LNM)协议定义,并利用第一语言特定模型(LSM)转换器将第一LNM协议定义转变为第一建模环境中包括的第一IMA协议定义。

[0194] 实施例10包括实施例9的方法,还包括将第一LNM协议定义中的一些与至少一个LNM定义规则进行比较,并基于比较验证第一LNM协议定义,并将第一IMA协议定义中的一些定义与至少一个IMA定义规则进行比较,并根据比较验证第一IMA协议定义。

[0195] 实施例11包括实施例7的方法,其中第一IMA模型包括下层、表示层和上层,下层包括数字通信读取功能或传感器读取功能中的至少一个。

[0196] 实施例12包括实施例11的方法,其中验证IMA系统模型包括经由数字通信读取功能实时地从网络交换机获得网络数据或者经由传感器读取功能实时地从传感器获得传感器数据中的至少一个。

[0197] 实施例13包括实施例7的方法,进一步包括基于IMA系统模型生成机器可读指令,将机器可读指令部署到飞行器系统或飞行器中的至少一个,以及基于机器可读指令致使飞行器系统或飞行器中的至少一个的操作。

[0198] 实施例14包括非暂时性计算机可读存储介质,其包括指令,该指令在被执行时,致使机器至少将第一集成模块化体系结构(IMA)协议定义导入到第一计算机建模环境中以基于第一IMA协议定义生成多个库,基于多个库生成多个IMA模型对象,将多个IMA模型对象中的一些导入第一计算机建模环境中,以生成对应于飞行器的飞行器系统的第一IMA模型,通过生成包括第一IMA模型的多个IMA模型来生成对应于飞行器的IMA系统模型,通过将IMA系统模型的输出与验证输出进行比较来验证IMA系统模型,在基于比较验证IMA系统模型时生成飞行器系统的制造构建指令,并基于制造构建指令启动飞行器系统的生产。

[0199] 实施例15包括实施例14的非暂时性计算机可读存储介质,其中第一IMA协议定义包括与飞行器系统相关联的接口信息、需求信息或规范信息中的至少一个。

[0200] 实施例16包括实施例14的非暂时性计算机可读存储介质,还包括指令,该指令在被执行时,致使机器至少利用第一ICD转换器将在第一ICD源中包括的第一接口控制数据库(ICD)协议定义转变为LNM中包括的第一语言中立模型(LNM)协议定义,并且利用第一语言

特定模型 (LSM) 转换器将第一 LNM 协议定义转变为在第一建模环境中包括的第一 IMA 协议定义。

[0201] 实施例17包括实施例16的非暂时性计算机可读存储介质,还包括指令,该指令在被执行时,致使机器至少将第一 LNM 协议定义中的一个与 LNM 定义规则进行比较,并且基于该比较来验证第一 LNM 协议定义以及将第一 IMA 协议定义中的一个与 IMA 定义规则进行比较,并根据该比较验证第一 IMA 协议定义。

[0202] 实施例18包括实施例14的非暂时性计算机可读存储介质,其中第一 IMA 模型包括下层、表示层和上层,下层包括数字通信读取功能或传感器读取功能中的至少一个。

[0203] 实施例19包括实施例18的非暂时性计算机可读存储介质,还包括指令,该指令在被执行时,致使机器至少经由数字通信读取功能实时地从网络交换机获得网络数据或经由传感器读取功能实时地从传感器获得传感器数据。

[0204] 实施例20包括实施例14的非暂时性计算机可读存储介质,还包括指令,该指令当被执行时,致使机器至少基于 IMA 系统模型生成机器可读指令,将机器可读指令部署到飞行器系统或飞行器中的至少一个,并基于机器可读指令致使飞行器系统或飞行器中的至少一个的操作。

[0205] 尽管本文已经公开了某些实施例系统、方法、装置和制品,但是本专利的覆盖范围不限于此。相反,该专利涵盖了完全属于本专利权利要求范围内的所有系统、方法、装置和制品。

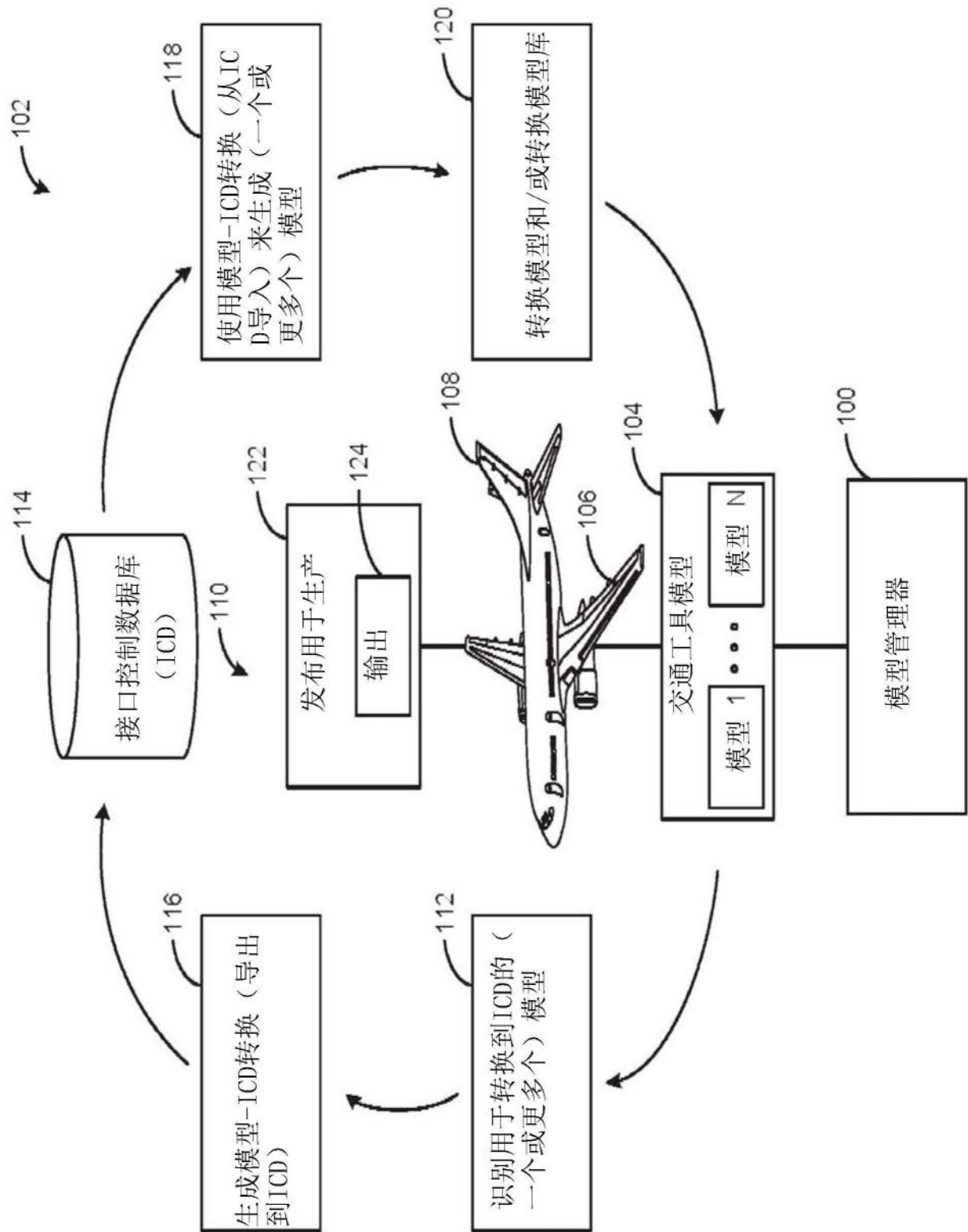


图1

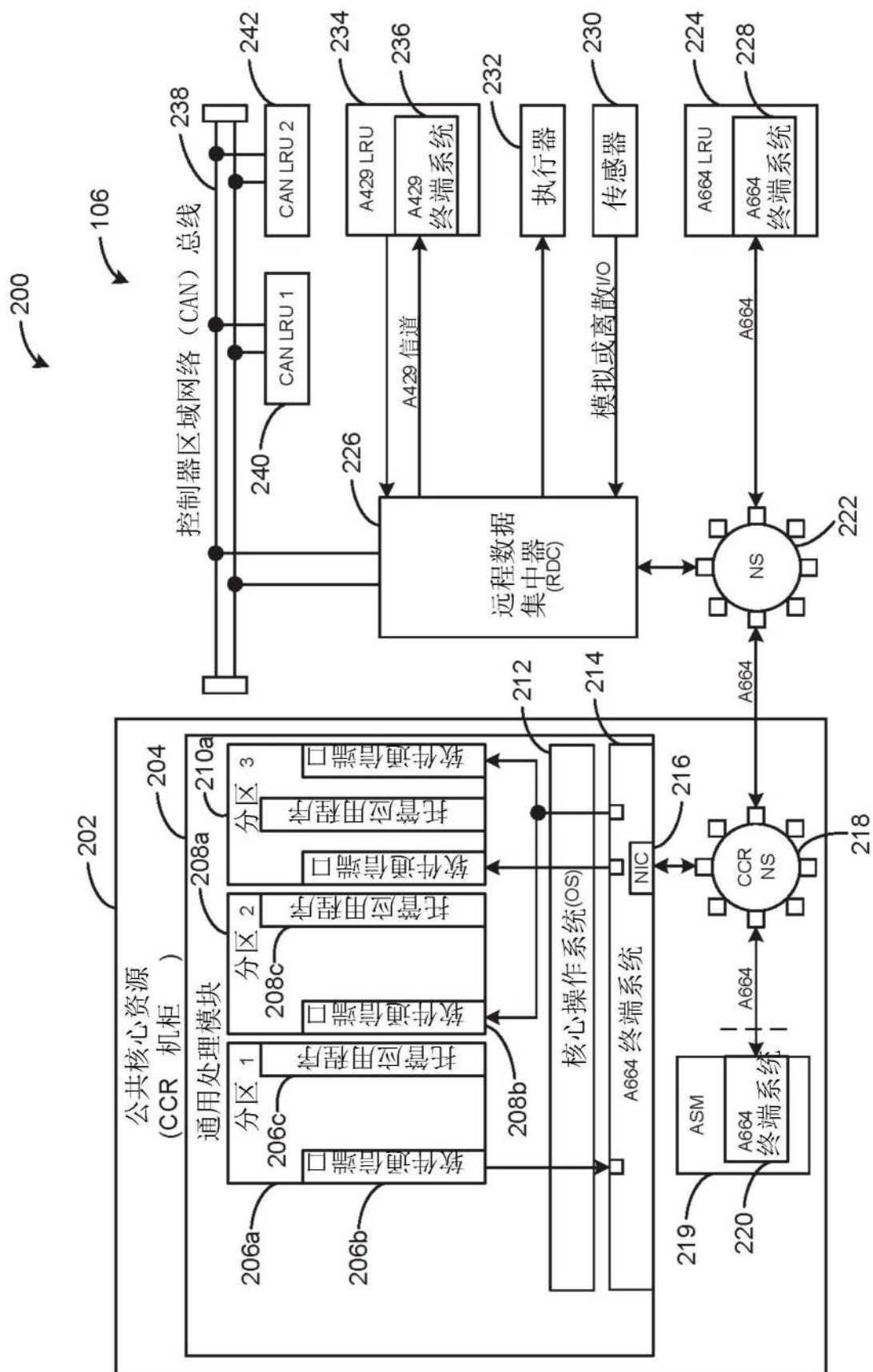


图2

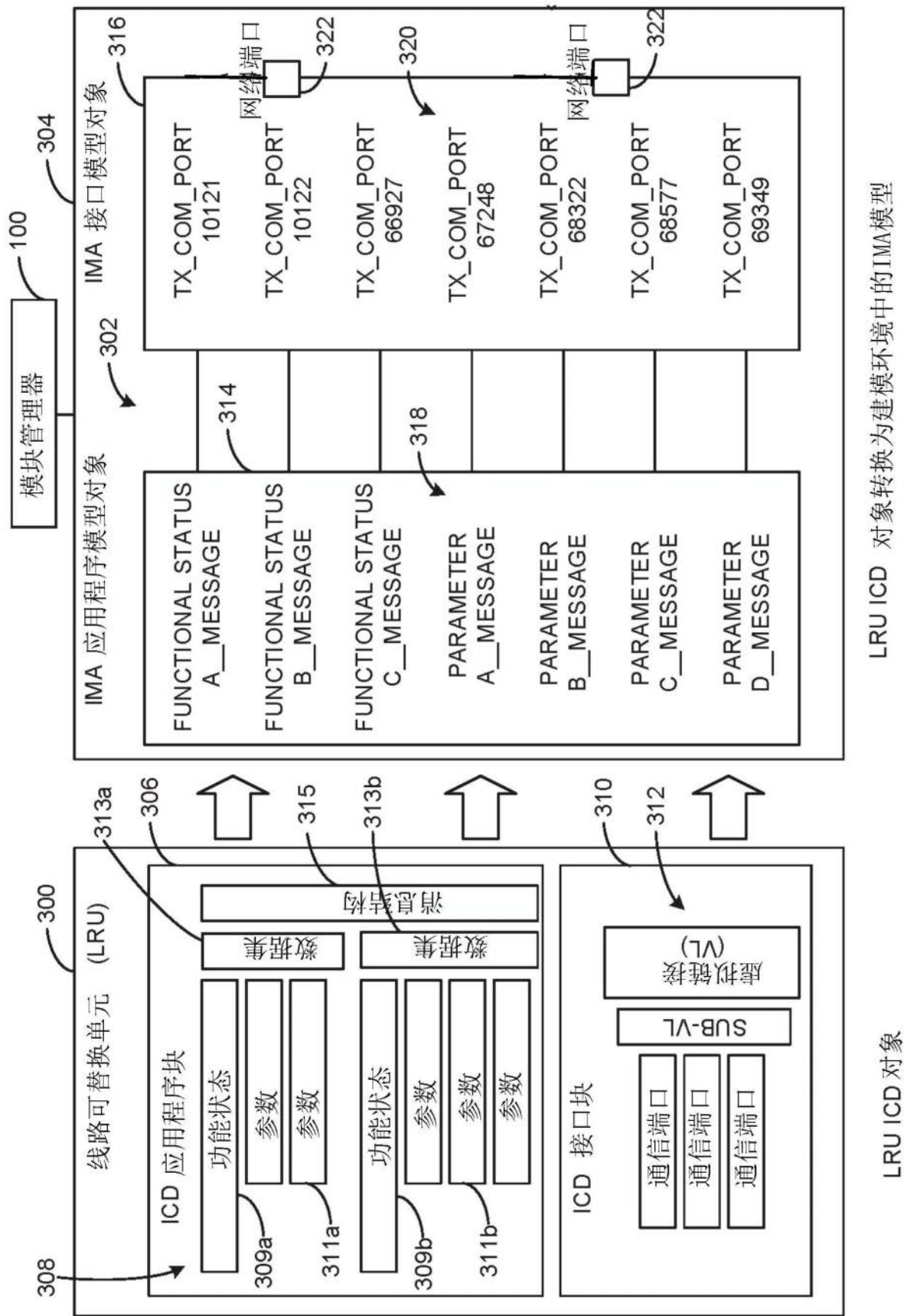


图3

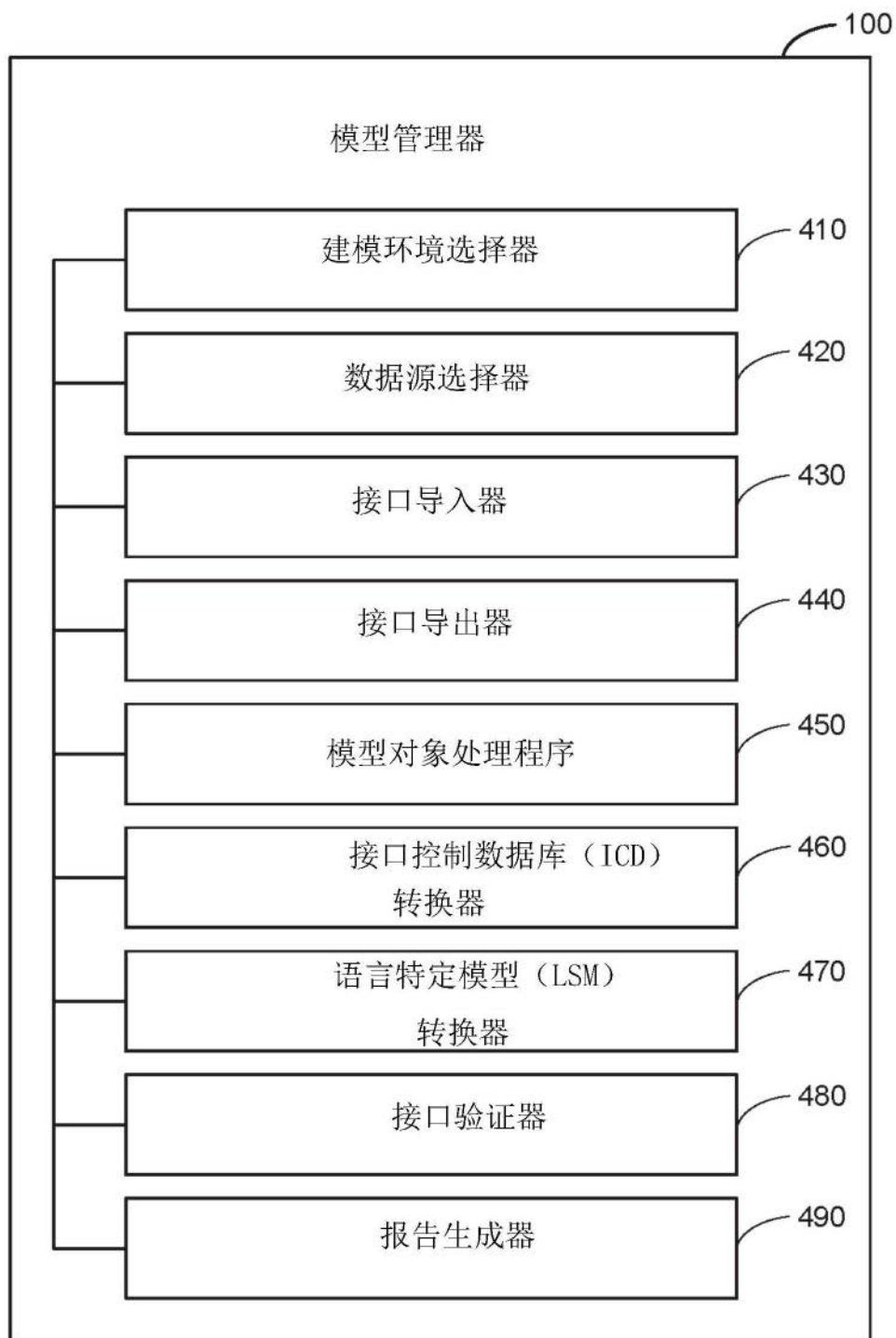


图4

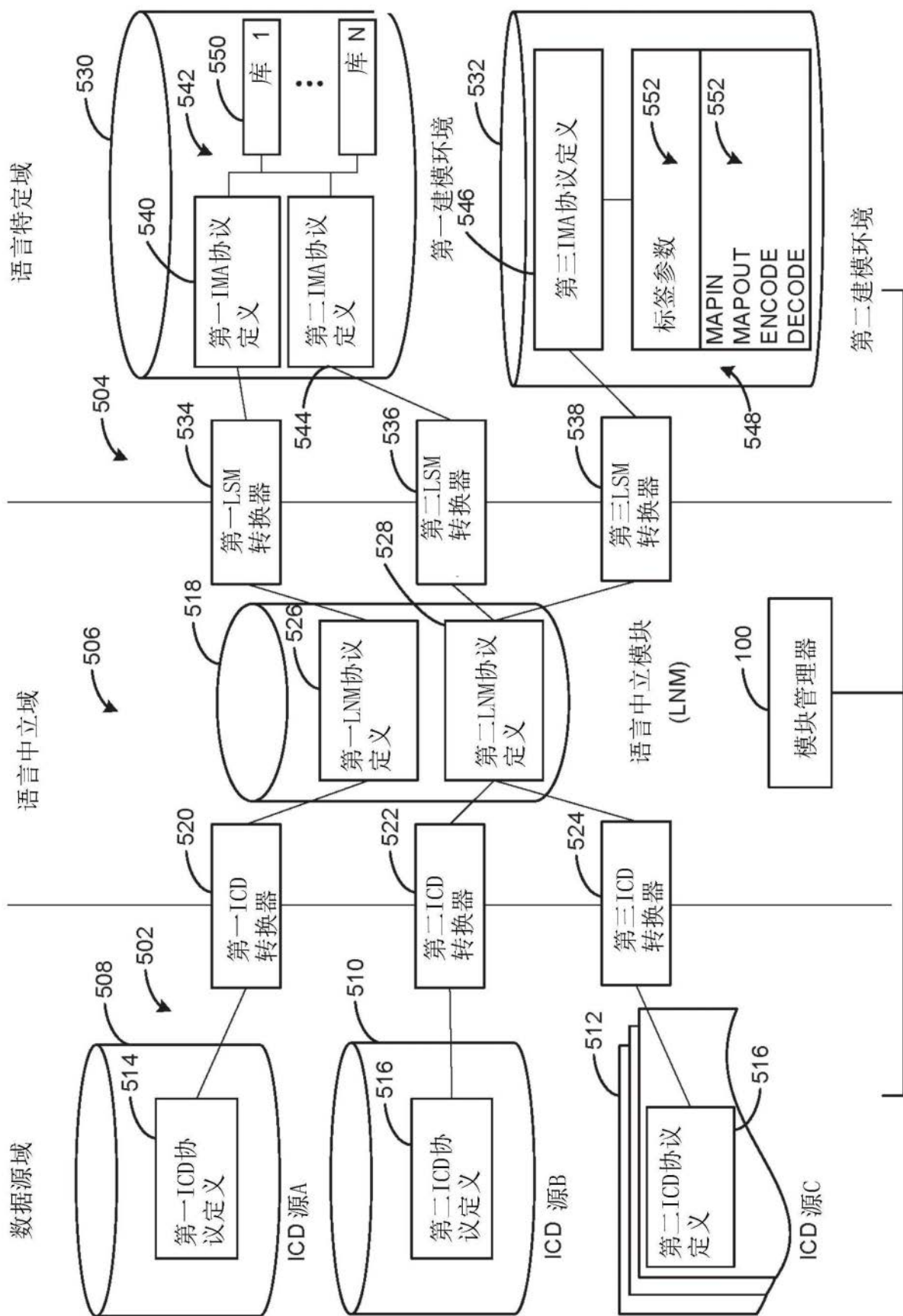


图5

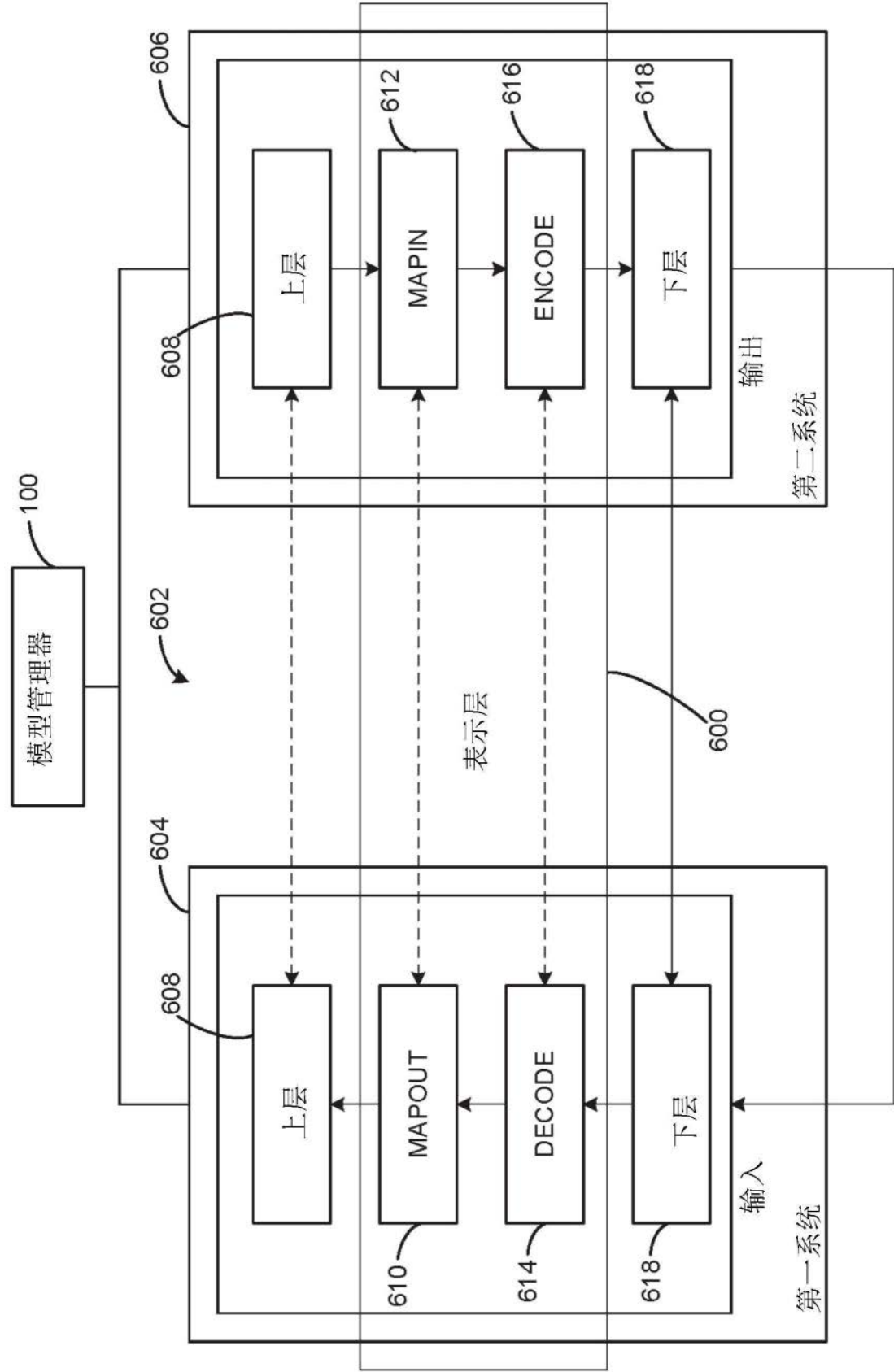


图6

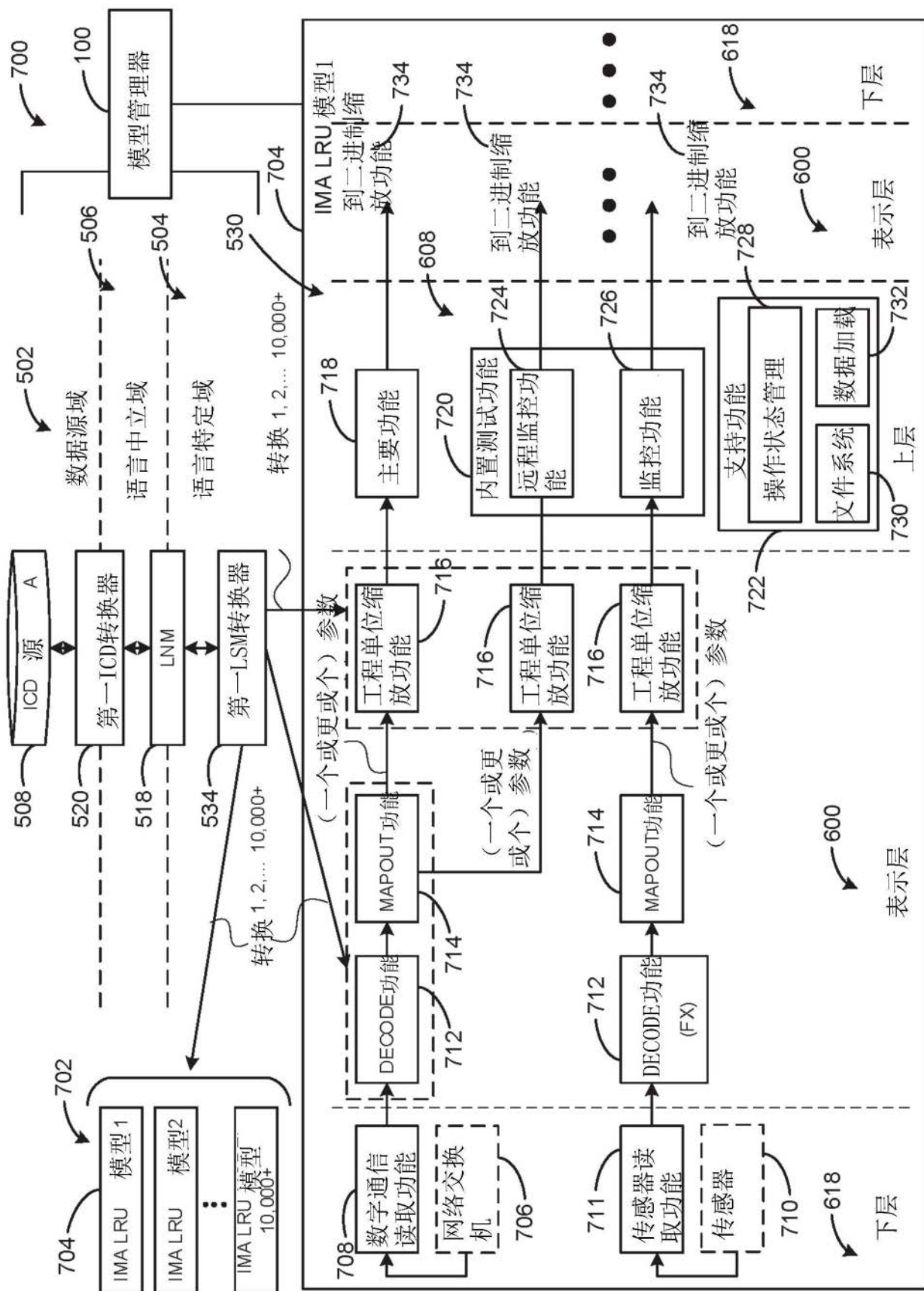


图7A

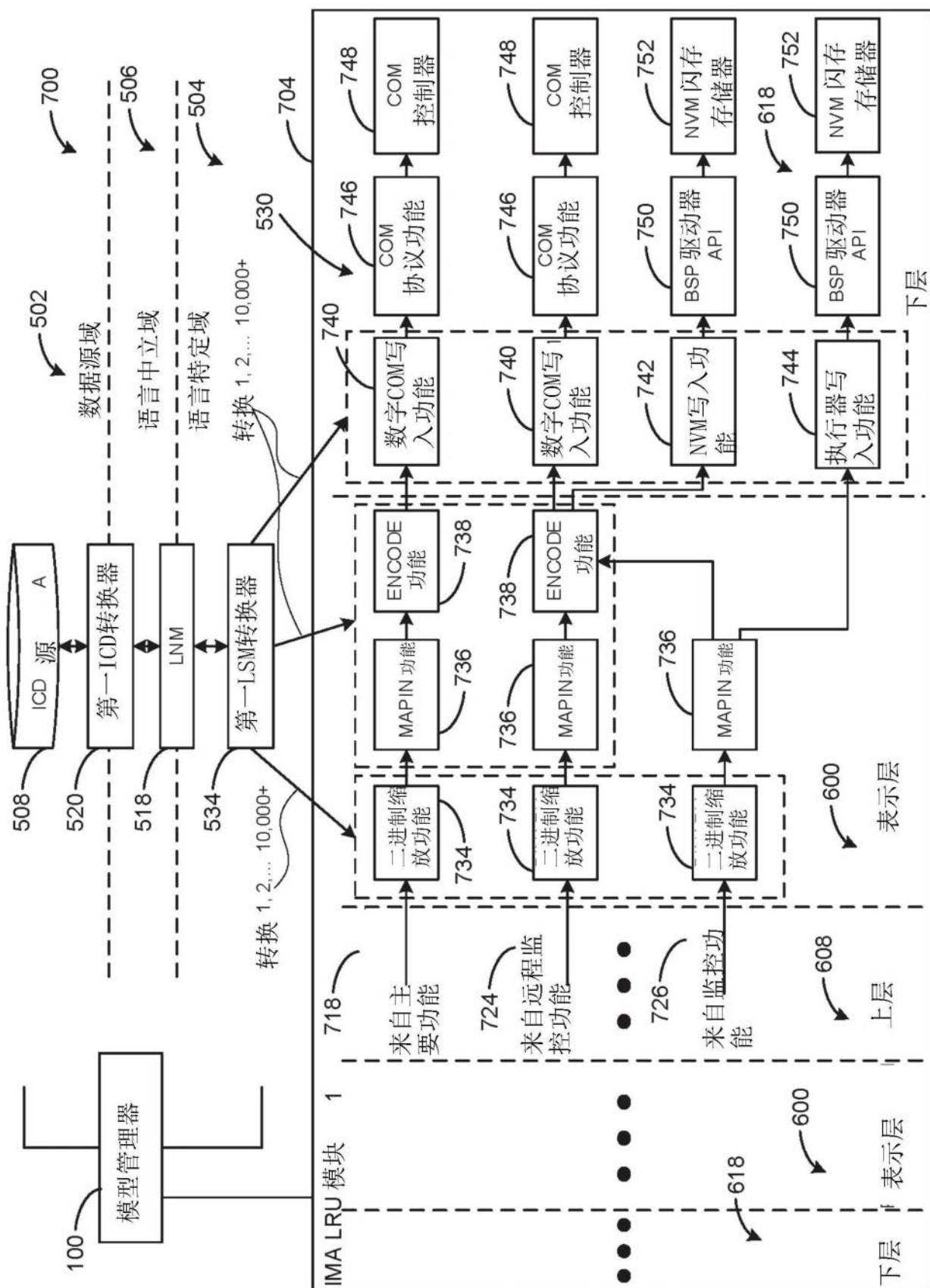


图7B

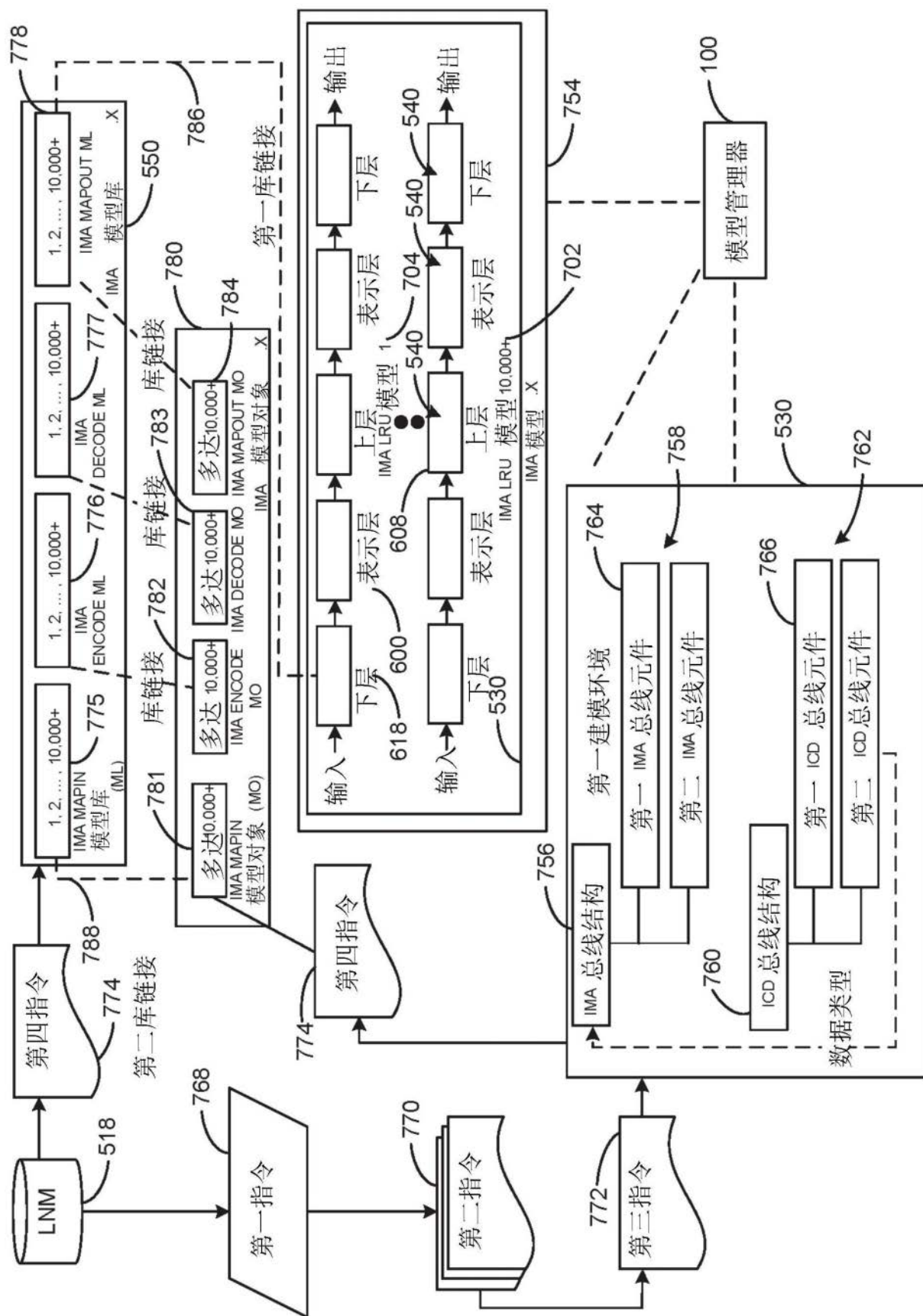


图7C

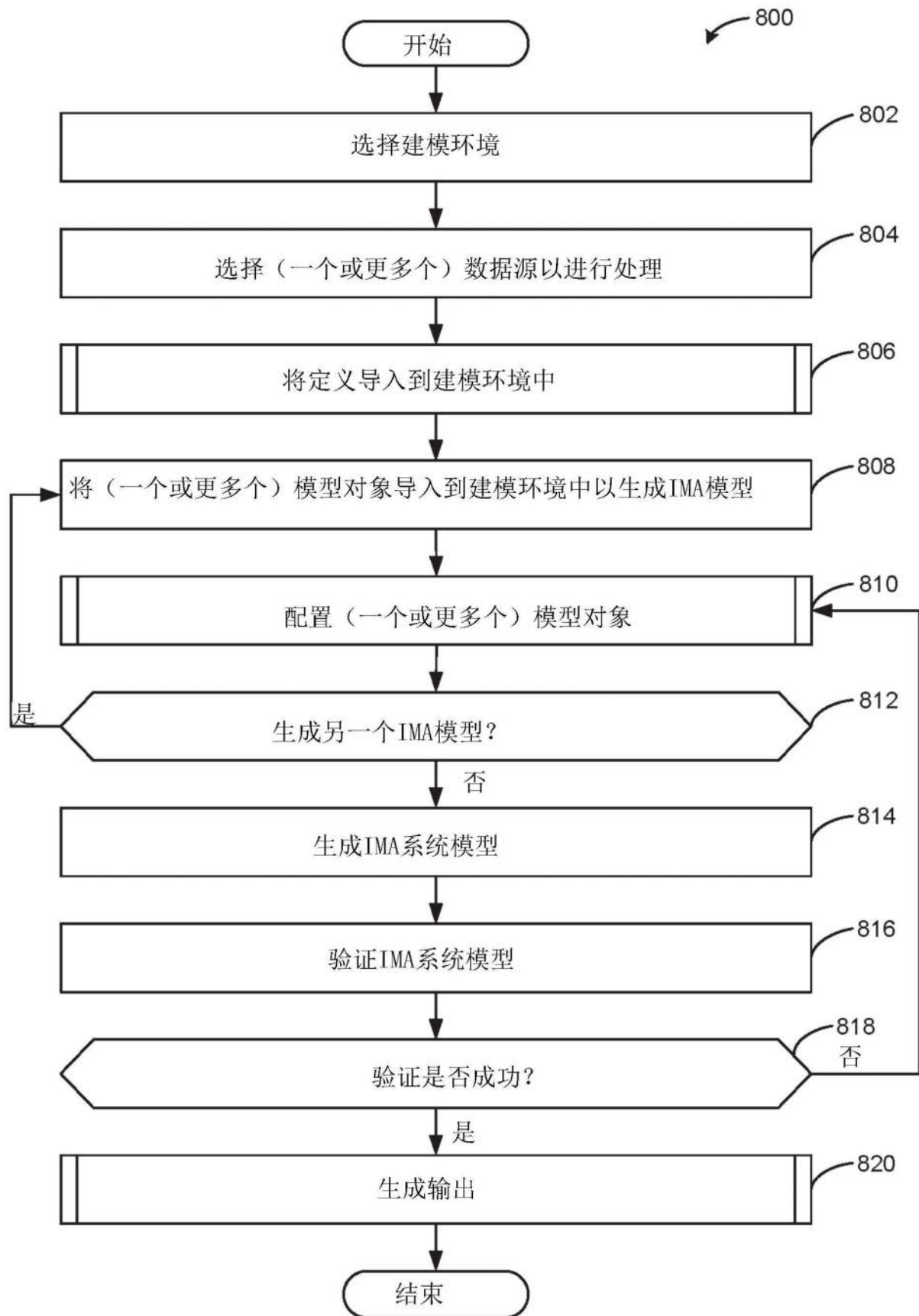


图8

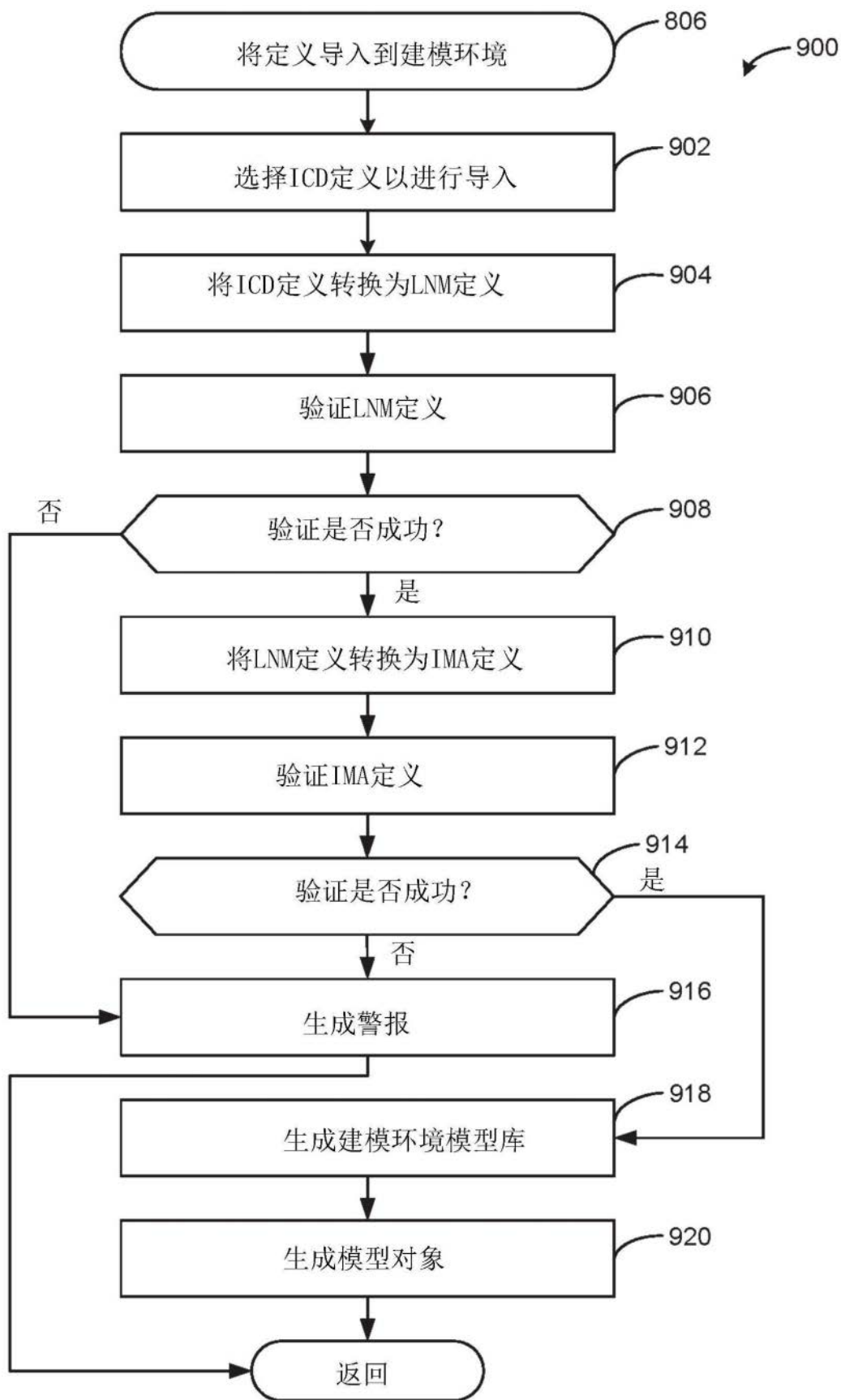


图9

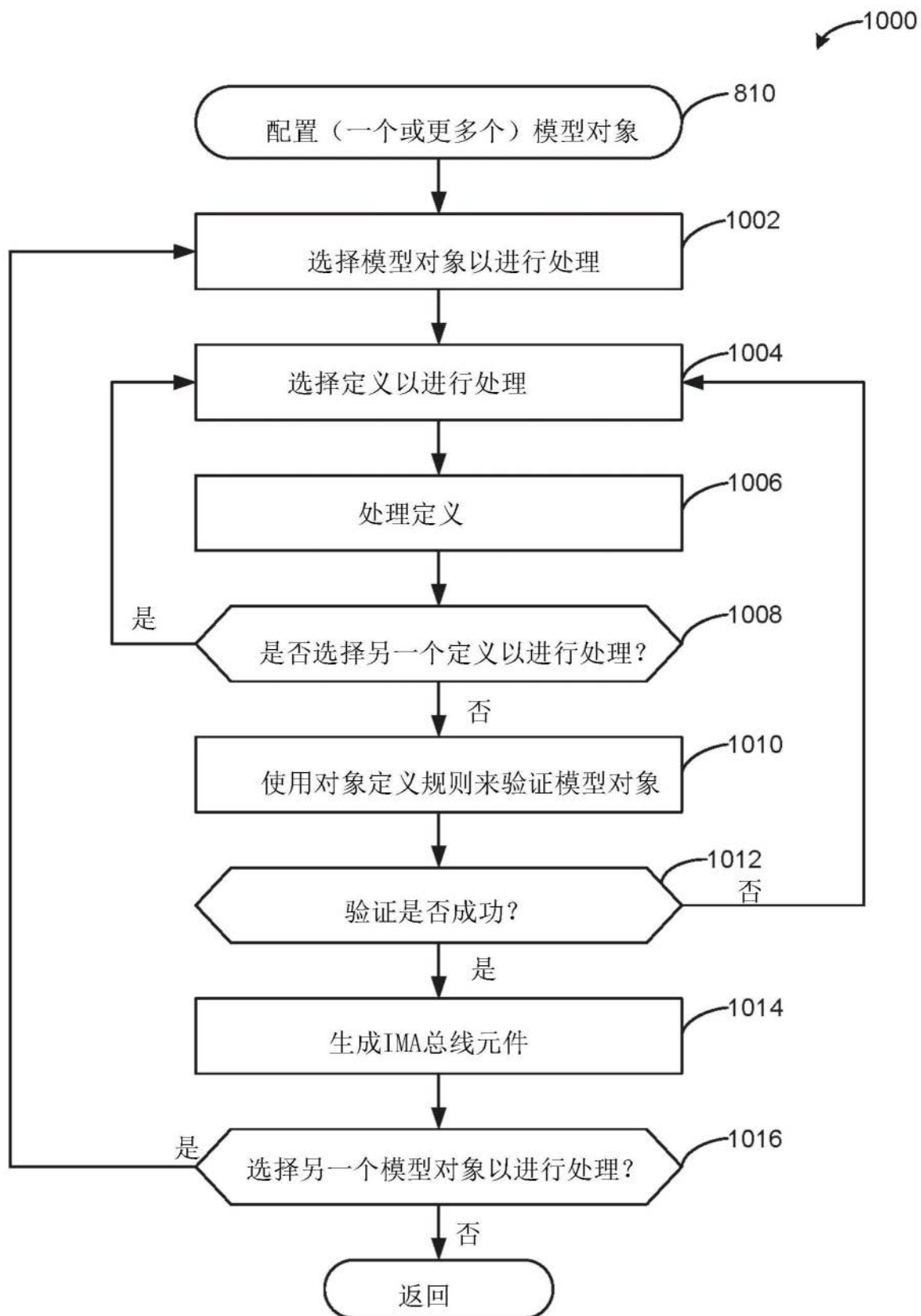


图10

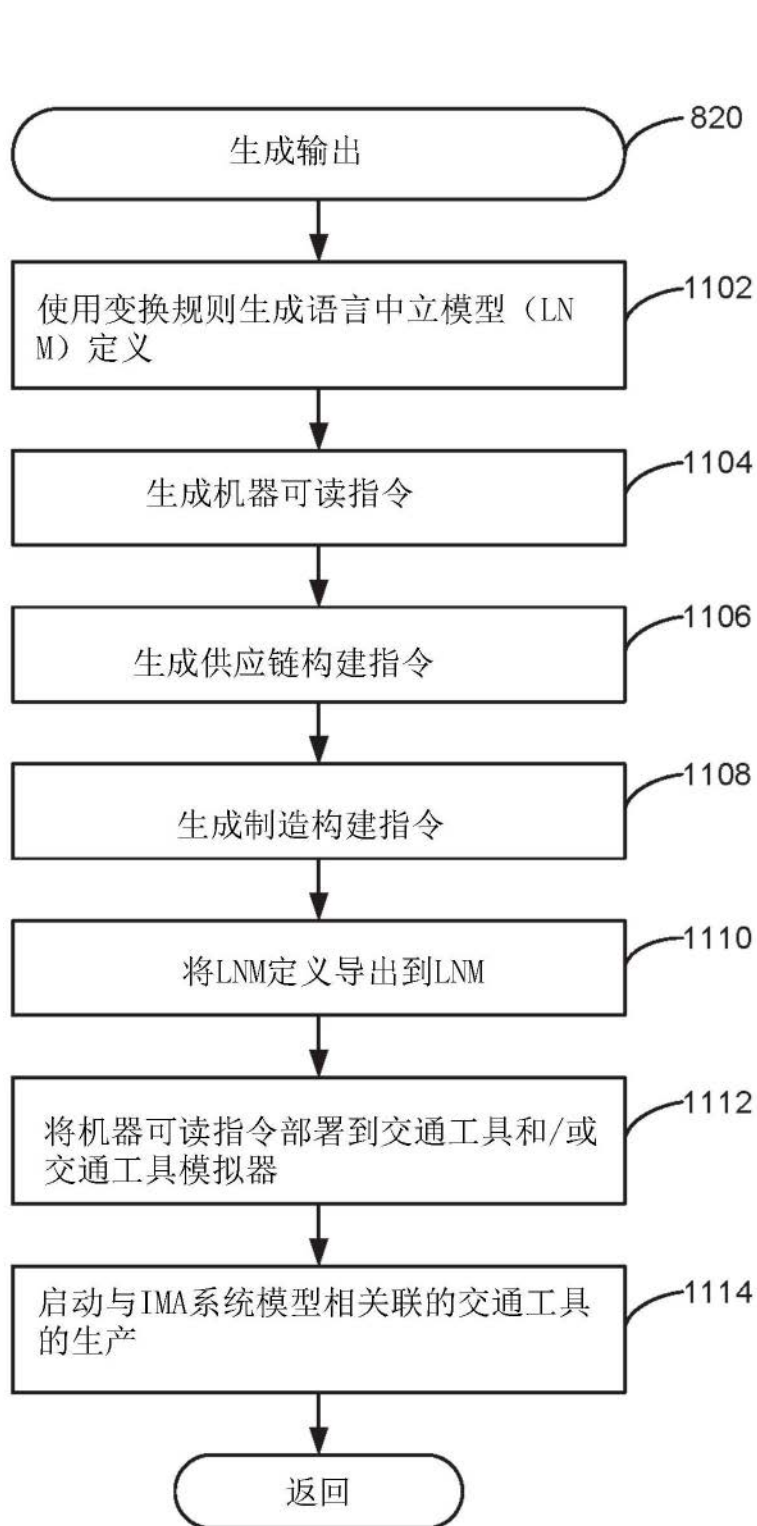


图11

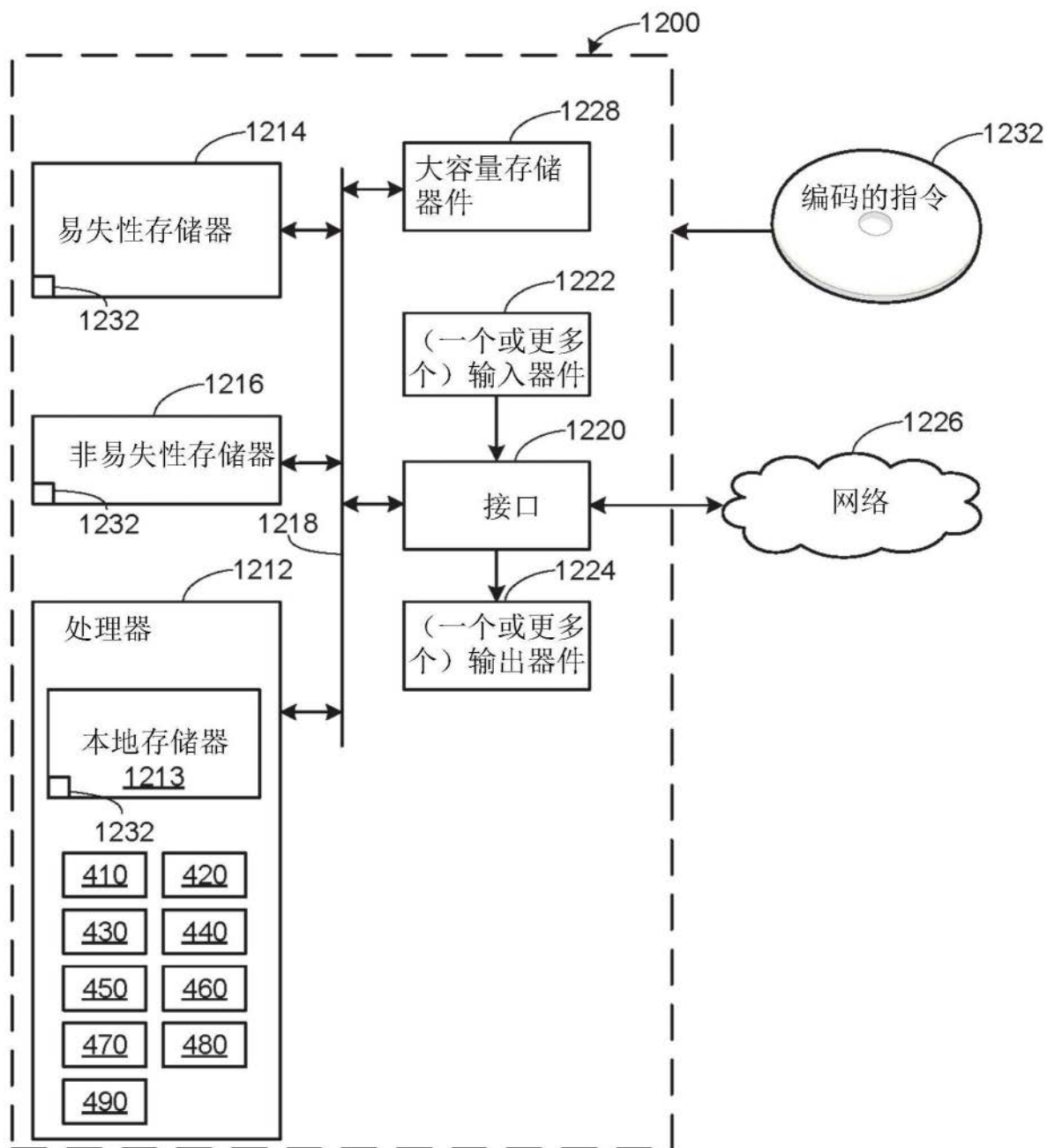


图12