(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108027809 B
(45)授权公告日 2021.07.16

(21)申请号 201680049922.9
(22)申请日 2016.07.29
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108027809 A
(43)申请公布日 2018.05.11
(30)优先权数据
62/199,949 2015.07.31 US
15/158,501 2016.05.18 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.02.27
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/044822 2016.07.29
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/023790 EN 2017.02.09
(73)专利权人 欧特克公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 F·约里奥
(74)专利代理机构 北京市磐华律师事务所 11336
代理人 高伟 娄晓丹
(51)Int.Cl.
G06F 30/27(2020.01)
G06N 3/08(2006.01)
G06N 3/04(2006.01)
G06N 5/02(2006.01)

(56)对比文件
EP 1995673 A1,2008.11.26
CN 101447094 A,2009.06.03
CN 102609991 A,2012.07.25
Dong Xu et.al.3D Shape Retrieval Integrated with Classification Information.《https://ieeexplore.ieee.org/document/4297185》.2007,
WANG Zhansong et.al.Annotation and Retrieval System of CAD Models Based on Functional Semantics.《https://link.springer.com/article/10.3901/CJME.2014.0815.134》.2014,

审查员 陈银兰

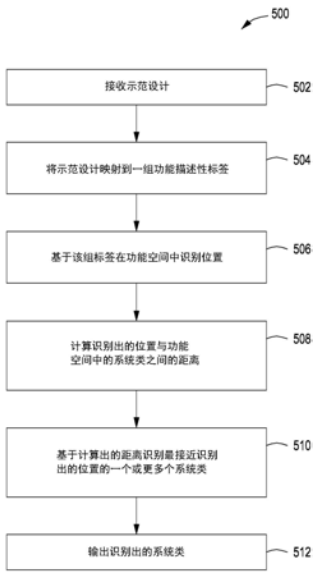
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

基于深度学习的体设计的功能相关

(57)摘要

设计应用程序从终端用户接收示范设计,所述示范设计具有关于解决设计问题的一个或更多个功能属性。该示范设计应用程序接着生成描述所述示范设计的功能属性的一组标签。基于该组标签,该设计应用程序探索功能空间,以检索具有功能描述性标签的一个或更多个系统分类,所述功能描述性标签类似于针对所述示范设计而生成的该组标签。所述一个或更多个系统分类包括解决所述设计问题的不同方法,并且代表具有与该示范设计共同的至少部分功能属性的系统。



CN 108027809 B

1.一种计算机实现的方法,用于生成一个或更多个设计方法,所述一个或更多个设计方法包括一个或更多个期望的功能属性,所述方法包括:

基于示范设计,生成描述所述示范设计的多个第一功能属性的第一组标签;

基于所述第一组标签,确定描述第一类系统的多个第二功能属性的第二组标签;以及

基于所述第二组标签,从包括多个系统类的功能空间中提取所述第一类系统,

其中所述第一类系统中的每个系统具有针对解决设计问题的至少一个功能属性。

2.根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中所述多个第二功能属性包括在所述多个第一功能属性中包括的至少一个功能属性。

3.根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中确定所述第二组标签包括:

确定所述功能空间内所述第一组标签的第一位置,其中所述功能空间包括多维数据结构;以及

确定相对于驻留于所述功能空间内的一个或更多个其他组标签来说,所述第二组标签在所述功能空间内驻留于最接近所述第一组标签处。

4.根据权利要求3所述的计算机实现的方法,其中所述功能空间包括本体空间,所述本体空间包含对应于多组功能描述性标签的多个位置。

5.根据权利要求3所述的计算机实现的方法,其中所述功能空间包括系统空间,所述系统空间包含对应于所述多个系统类的多个位置。

6.根据权利要求5所述的计算机实现的方法,其中与所述系统空间相关联的每个系统类通过与本体空间相关联的不同组功能描述性标签进行描述。

7.根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中所述示范设计包括图像或计算机辅助设计文件。

8.根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中所述示范设计具有针对解决所述设计问题的一个或更多个功能属性。

9.根据权利要求1所述的计算机实现的方法,其中人工神经网络生成所述第一组标签,并且所述第一组标签包括从自然语言导出的单词序列。

10.根据权利要求9所述的计算机实现的方法,其中通过调整一组权重以使得所述人工神经网络正确地生成与样本设计相关联的一组功能描述性标签来训练所述人工神经网络。

11.一种非暂时性计算机可读介质,存储程序指令,当所述程序指令在被处理器执行时,使得所述处理器通过执行下述步骤生成包括一个或更多个期望的功能属性的一个或更多个设计方法:

基于示范设计,生成描述所述示范设计的多个第一功能属性的第一组标签;

基于所述第一组标签,确定描述第一类系统的多个第二功能属性的第二组标签;以及

基于所述第二组标签,从包括多个系统类的功能空间中提取所述第一类系统,

其中所述第一类系统中的每个系统具有针对解决设计问题的至少一个功能属性。

12.根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读介质,其中所述多个第二功能属性包括在所述多个第一功能属性中包括的至少一个功能属性。

13.根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读介质,其中确定所述第二组标签包括:

确定所述功能空间内所述第一组标签的第一位置,其中所述功能空间包括多维数据结构;以及

确定相对于驻留于所述功能空间内的一个或更多个其他组标签来说，所述第二组标签在所述功能空间内驻留于最接近所述第一组标签处。

14.根据权利要求13所述的非暂时性计算机可读介质，其中所述功能空间包括本体空间，所述本体空间包含对应于多组功能描述性标签的多个位置。

15.根据权利要求13所述的非暂时性计算机可读介质，其中所述功能空间包括系统空间，所述系统空间包含对应于所述多个系统类的多个位置。

16.根据权利要求15所述的非暂时性计算机可读介质，其中与所述系统空间相关联的每个系统类通过与本体空间相关联的不同组功能描述性标签进行描述。

17.根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读介质，其中所述示范设计包括图像或计算机辅助设计文件。

18.根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读介质，其中所述示范设计具有针对解决所述设计问题的一个或更多个功能属性。

19.根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读介质，其中人工神经网络生成所述第一组标签，并且所述第一组标签包括从自然语言导出的单词序列。

20.根据权利要求19所述的非暂时性计算机可读介质，其中通过调整一组权重以引起所述人工神经网络正确地生成与样本设计相关联的一组功能描述性标签来训练所述人工神经网络。

21.一种用于生成一个或更多个设计方法的系统，所述一个或更多个设计方法包括一个或更多个期望的功能属性，所述系统包括：

存储设计应用程序的存储器，以及

处理器，当其执行所述设计应用程序时，被配置为：

基于示范设计，生成描述所述示范设计的多个第一功能属性的第一组标签；

基于所述第一组标签，确定描述第一类系统的多个第二功能属性的第二组标签；以及

基于所述第二组标签，从包括多个系统类的功能空间中提取所述第一类系统，

其中所述第一类系统中的每个系统具有针对解决设计问题的至少一个功能属性。

基于深度学习的体设计的功能相关

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年7月31日提交的、题为“基于深度学习的体设计的功能相关(Deep Learning Based Functional Correlation of Volumetric Designs)”的且具有序列号62/199,949的美国临时专利申请的权益,以及要求于2016年5月18日提交的、题为“基于深度学习的体设计的功能相关(Deep Learning Based Functional Correlation of Volumetric Designs)”的且具有序列号15/158,501的美国专利申请的权益。在此这些相关申请的主题通过引用并入本文。

[0003] 发明的背景

技术领域

[0004] 本发明的实施例总地涉及计算机辅助设计,更具体地,涉及基于深度学习的体设计的功能相关。

背景技术

[0005] 在常规的工程工作流中,工程师使用计算机辅助设计(CAD)工具来设计满足某些设计标准的物理部件。例如,工程师可以设计能够在建筑结构中支撑特定负载的悬臂。然而,该过程可能是低效的,因为工程师每次只能探索一个设计选项。

[0006] 为了解决这个问题,高级CAD工具实现了一种被称为“生成式设计(generative design)”的技术。在操作过程中,生成式设计CAD工具从工程师处接收规范,其指示与成功设计相关联的所需的功能属性。然后,生成式设计工具创建具有所需功能属性的一系列设计。

[0007] 生成式设计工具的一个问题是,需要至少一个功能属性作为起点来生成一系列设计。然而,工程师可能很难指定成功设计的相关功能属性,这使得生成式设计CAD工具低效。例如,工程师可能会直觉地理解特定的负载必须以某种方式得到支持,但是很难将这个要求清晰地表达为一个或更多个功能属性。没有至少一个功能属性作为起点,生成式设计CAD工具不能生成一系列设计。

[0008] 正如前文所述,本领域所需要的是一种用于为生成式CAD工具指定潜在的成功设计的功能属性的更有效的方法。

发明内容

[0009] 本发明的多个实施例阐述了一种用于生成一个或更多个设计方法的计算机实现的方法,所述一个或更多个设计方法包括一个或更多个期望的功能属性,所述计算机实现的方法包括:基于示范设计生成描述示范设计的多个第一功能属性的第一组标签;基于该第一组标签,确定描述第一类系统的多个第二功能属性的第二组标签;以及基于该第二组标签,从包括多个系统类的功能空间中提取第一类系统,其中第一类系统中的每个系统具有针对解决设计问题的至少一个功能属性。

[0010] 本文讨论的方法的至少一个优点为,终端用户不需要为了识别可行的设计选项而手动探索庞大而复杂的设计空间。相反,终端用户只需要提供具有与解决设计问题相关的功能属性的至少一个设计例子。然后,设计应用程序识别一个或更多个系统类,这些系统类也具有与解决设计问题相关的功能属性。

附图说明

[0011] 为了本发明的上述特征可以被详细地理解,本发明的更具体的描述、上面的简要概述都可以通过参考实施例进行,其部分例示于附图中。然而,值得注意的是,附图仅仅说明了本发明的典型实施例,并且因此不应被认为是其范围的限制,因为本发明可以承认其他等效的实施例。

[0012] 图1例示了配置为实现本发明一个或更多个方面的系统;

[0013] 图2是根据本发明的多个实施例的、图1的设计应用程序的更具体的说明;

[0014] 图3是根据本发明的多个实施例的、图2的功能空间的示例性说明;

[0015] 图4例示了根据本发明的多个实施例的、图2的示范设计如何映射到图3的功能空间的例子;以及

[0016] 图5是根据本发明的多个实施例的、用于基于示范设计的功能属性生成一组潜在设计方法的方法步骤的流程图。

[0017] 详细描述

[0018] 在下面的描述中,很多具体的细节为了提供对本发明更彻底的理解而阐述。然而,对本领域技术人员来说显而易见的是,本发明可以在没有这些具体的细节中的一个或更多个的情况下被实践。

[0019] 系统概述

[0020] 在下面的描述中,很多具体的细节为了提供对本发明更彻底的理解而阐述。然而,对本领域技术人员来说显而易见的是,本发明可以在没有这些具体的细节中的一个或更多个的情况下被实践。

[0021] 图1例示了被配置为实现本发明的一个或更多个方面的系统100。如图所示,系统100包括经由网络130耦连到服务器150的客户端110。客户端110可以是任何技术上可行种类的客户端计算设备,包括桌上型计算机、膝上型计算机、移动设备等等。网络150可以是任何技术上可行组的互连通信链路,包括局域网(LAN)、广域网(WAN)、万维网或因特网等。服务器150可以是任何技术上可行类型的服务器计算设备,包括计算设备的远程虚拟化实例、一个或更多个基于物理云的计算设备、两者的组合、数据中心的一部分等等。

[0022] 客户端110包括耦连在一起的处理器112、输入/输出(I/O)设备114和存储器116。处理器112可以是被配置为处理数据和执行程序代码的任何技术上可行形式的处理设备。处理器112可以是例如中央处理器(CPU)、图形处理单元(GPU)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)等等。I/O设备114可以包括被配置为接收输入的设备,包括例如键盘、鼠标等等。I/O设备114还可以包括被配置为提供输出的设备,包括例如显示设备、扬声器等等。I/O设备114可以进一步包括被配置为分别接收并提供输入和输出的设备,包括例如触摸屏、通用串行总线(USB)端口等等。

[0023] 存储器116可以是被配置为存储数据和软件应用程序的任何技术上可行的存储介

质。存储器116可以是例如硬盘、随机存取存储器(RAM)模块，只读存储器(ROM)等等。存储器116包括客户端侧设计应用程序120-0和客户端侧数据库122-0。客户端侧设计应用程序120-0是软件应用程序，当其被处理器112执行时，使得处理器112生成可用于解决设计问题的一类或更多类系统。这样，客户端侧设计应用程序120-0可以访问客户端侧数据库122-0。客户端侧设计应用程序122-0还可以与驻留于服务器150内的相应的设计应用程序互操作，并且访问也驻留于服务器150中的数据库，如下面更加详细描述的。

[0024] 服务器150包括耦连在一起的处理器152、I/O设备154和存储器156。处理器152可以是被配置为处理数据和执行程序代码的任何技术上可行形式的处理设备，包括CPU、GPU、ASIC、FPGA等等。I/O设备114可以包括配置为接收输入的设备、配置为提供输出的设备、以及分别配置为接收并提供输入和输出的设备。

[0025] 存储器156可以是被配置为存储数据和软件应用程序的任何技术上可行的存储介质，包括硬盘、RAM模块、ROM等等。存储器156包括服务器侧设计应用程序120-1和服务器侧数据库122-1。服务器侧设计应用程序120-1是软件应用程序，当其由处理器156执行时，使得处理器152生成可用来解决设计问题的一类或更多类系统。这样，服务器侧设计应用程序120-1可以访问服务器侧数据库122-1。服务器侧设计应用程序122-1还可以与客户端侧设计应用程序120-0互操作，并访问客户端侧数据库122-0。

[0026] 在操作中，客户端侧设计应用程序120-0和服务器侧设计应用程序120-1进行协作，以实现本文描述的任何以及所有的发明性功能。这样，客户端侧设计应用程序120-0和服务器侧设计应用程序120-1中的任一者或两者都可以访问客户端侧数据库122-0和服务器侧数据库122-1中的任一者或两者。一般来说，客户端侧设计应用程序120-0和服务器侧设计应用程序120-1代表了单个分布式软件实体的不同部分。因此，为了简单起见，客户端侧设计应用程序122-0和服务器侧设计应用程序122-1在本文中统称为设计应用程序120。类似地，客户端侧数据库122-0和服务器侧数据库122-1表示单个分布式存储实体的不同部分。因此，为了简单起见，客户端侧数据库122-0和服务器侧数据库122-1在本文中统称为数据库122。

[0027] 如下文结合图2更详细地描述的，设计应用程序120被配置为与终端用户交互，以接收可用于解决设计问题的示范设计(exemplary design)。然后，设计应用程序120生成一组描述该示范设计的功能属性的标签。基于这些标签，设计应用程序120识别具有类似功能属性的一类或多类系统。接着设计应用程序120向终端用户提供这些系统类。这种方法的一个优点是，设计应用程序120可以为终端用户提供多种不同类型的方法，以使用示范设计作为起点来解决设计问题。

[0028] 图2是根据本发明的多个实施例的、图1的设计应用程序的更详细的说明。如图所示，设计应用程序120包括映射引擎210、导航引擎220和显示引擎230。数据库122包括功能空间240。功能空间240包括系统空间242和本体空间(ontological space)244。

[0029] 在操作中，映射引擎210从终端用户接收示范设计200。示范设计200包括设计的图形描述。例如，示范设计200可以包括图像、CAD模型或任何其他技术上可行的设计表示。示范设计200通常具有一个或更多个与设计问题相关的功能属性。例如，如果设计问题涉及支持负载，那么示范设计200可以描绘被配置为支持负载的书架。示范设计200并不一定具有解决设计问题所需的特定结构，尽管示范设计200的结构可以反映解决设计问题的一种方

法。

[0030] 映射引擎210被配置为处理示范设计200，然后生成使用自然语言描述示范设计200的功能属性的一组标签212。例如，如果示范设计200描述轮子，那么映射引擎210就可以生成诸如“在表面上滚动”的标签212。每个标签212可以包括任意数目的离散单词、短语或句子，尽管在实践中，标签212是三个为一组的单词。

[0031] 映射引擎210可以实现多种不同的技术，包括机器学习、计算机视觉、人工神经网络等等，以基于示范设计200生成标签212。在实践中，映射引擎210包括被训练为基于训练集生成标签的人工神经网络。训练集包括示范设计的集合，并且每一个设计都有相应的一组标签。在训练期间，包括在映射引擎210的人工神经网络中的一组或更多组权重被调整，以使映射引擎210针对训练集中的每个设计正确地生成每组标签。在一个实施例中，映射引擎210包括经由反向传播训练的卷积神经网络。本领域技术人员将理解，许多技术用于训练人工神经网络而存在，以基于图形数据生成描述性标签，描述性标签中的任何一个都可被实现为生成映射引擎210。

[0032] 导航引擎220从映射引擎210接收标签212，然后探索功能空间240，以识别一个或更多个系统类222。功能空间240是多维数据结构(data construct)，其包括系统空间242和相应的本体空间244。系统空间242包括可以用于解决设计问题的不同类别的系统。例如，在机械设计的上下文中，一个系统类222可以是“桁架”。对于任何给定类别的系统来说，本体空间244包括一组描述该类别中的系统的功能属性的标签。例如，对于上面提到的桁架类别来说，本体空间244可以包括诸如“连接两个位置”、“支持重量”、“分配压力”等等的标签。

[0033] 导航引擎220通过在本体空间244中识别类似于标签212的不同组标签来对功能空间240进行探索。本领域技术人员将理解，存在许多不同的方法用于确定不同组单词之间的相似之处。例如，Word2Vec可以用来为每个单词分配向量，然后可以应用距离函数来确定任意两个向量之间的距离。可以扩展这种方法来确定两个标签之间的相似性，其中每个标签都包括多个单词。在一个或更多个类似的标签被在本体空间244中定位之后，然后导航引擎220就会从与这些标签相对应的系统空间242中检索系统类，示出为系统类222。

[0034] 每个系统类222代表用于解决与示范设计200相关联的设计问题的方法。例如，如果设计问题涉及到流体流的调制，那么一个系统类222可以包括不同类型的喷嘴。一般来说，每个系统类222代表了一种具有与示范设计200类似的功能属性的系统。

[0035] 因为导航引擎220基于标签212探索了功能空间240，经由该探索识别的系统类222在功能上类似于示范设计200，但在结构上不一定相似。例如，假设示范设计200代表了润滑剂。标签212可以表明润滑剂“减少摩擦”。基于这个特定的标签，导航引擎220可以从功能空间240中检索“滚珠轴承”类的系统。润滑剂和滚珠轴承在结构上并不相似，尽管两者都“减少摩擦”。系统类222可以包括几个结构上相似或不相似的类别，尽管每个系统类222至少在某种程度上在功能上类似于示范设计200。

[0036] 导航引擎220向显示引擎230提供系统类222。显示引擎230接着使得显示设备250输出每个不同的系统类222给终端用户。功能空间240将在下文结合图3-4以示例的方式进行描述。

[0037] 将示范设计映射到功能空间

[0038] 图3是根据本发明的多个实施例的、图2的功能空间的示例性说明。如图所示，功能

空间240包括系统空间242和本体空间244，还如图3所示。系统空间242包括系统类300(0)、300(1)、300(2)和300(3)。本体空间包括标签组310(0)、310(1)、310(2)和310(3)。标签的每个组310对应于不同的系统类300，并且使用自然语言描述该系统类300的功能属性。标签组310(0)描述系统类300(0)的功能属性，标签组310(1)描述系统类300(1)的功能属性，标签组310(2)描述系统300(2)的功能属性，以及标签组310(3)描述系统300(3)的功能属性。

[0039] 功能空间240作为一个整体可以经由多种不同的方法生成。例如，人工神经网络(诸如在映射引擎210中包括的)可以通过分析与特定系统类相关联的不同设计并且然后为每个这种类别分配标签组310来生成功能空间240。另外，人类专家团队可以通过分析一系列系统类并且然后手动生成标签组310来生成功能空间240。还可以实现这两种方法的组合。

[0040] 虽然功能空间240被示出分为系统空间242和本体空间244，但因为这两个空间直接彼此相互对应，因此功能空间240也可以被视为由系统空间242和本体空间244的综合体所生成的一个统一的空间，如图4所示。

[0041] 图4例示了根据本发明的多个实施例的、图2的示范设计如何被映射到图3的功能空间的例子。在图4中，功能空间240被示出为系统空间242和本体空间244的合成。在本描述中，每个系统类300和对应的标签组310在功能空间240中占据不同的位置。为简单起见，功能空间240显示为二维(2D)平面，但是功能空间240可能有任何维度。此外，为了可视化目的，功能空间240可以从较高的维度投射到较低的维度。

[0042] 当导航引擎220使用标签212来探索功能空间240时，导航引擎220首先识别出功能空间240内对应于这些标签的位置。这样，导航引擎220可以将标签212中的每个标签视为不同的坐标，然后基于这些不同的坐标，确定功能空间240内标签212的位置。在某些情况下，所确定的位置可以对应于系统类300。在这种情况下，导航引擎220检索相应的系统类300，并将该类别输出给终端用户进行检查。系统类300应该具有与示范设计200非常类似的功能属性。

[0043] 然而，在其他情况下，导航引擎220可以确定落在不同系统类300之间的标签212的位置。例如，假设导航引擎220基于标签212识别位置412。位置412不直接对应于任何特定的系统类300。当出现这种情况时，导航引擎220计算位置412与每个不同系统类300的位置之间的距离。如图所示，导航引擎计算位置412与系统类300(0)、300(1)、300(2)和300(3)的位置之间的距离d0、d1、d2和d3。

[0044] 导航引擎220可以实现任何技术上可行的距离函数，以生成距离d0到d3。例如，导航引擎220可以实现欧几里得距离函数。然后，导航引擎220比较不同的计算距离，并且确定一个或更多个驻留于最接近位置412处的系统类300。然后，导航引擎220将这些最接近的系统类输出给终端用户。一般来说，这些“接近的”系统类应该至少具有一些与示范设计200共同的功能属性，因为这些类别与位置412之间的接近性。

[0045] 上面描述的方法有利地辅助终端用户确定一类或多类可以应用于解决由示范设计200例示的设计问题的系统。使用这种方法，终端用户无需手动探索庞大复杂的设计空间，只需提供具有与解决设计问题相关的功能属性的设计的至少一个例子。

[0046] 本领域技术人员将认识到上述技术可以以多种不同的方式扩展。例如，设计应用程序120可以接收一个以上的示范设计200。每个示范设计可以包括不同功能属性的示例，

这些功能属性组合在一起，可以代表设计问题的解决方案。本领域技术人员也会认识到，本文所描述的技术可以适用于任何工程的分支，包括机械设计、流体计算、电路布局等。在一个实施例中，设计应用程序120可以访问一系列不同的功能空间，每个功能空间对应于不同的工程规程。上面描述的具体技术也将在下文结合图5以逐步的方式描述。

[0047] 用于生成潜在设计解决方案的过程

[0048] 图5是根据本发明的多个实施例的、用于基于示范设计的功能属性生成一组潜在设计方法的方法步骤的流程图。尽管方法步骤是结合图1-4的系统描述的，但是本领域技术人员将会理解，被配置为以任何顺序执行该方法步骤的任何系统都在本发明的范围之内。

[0049] 如图所示，方法500开始于步骤502，其中设计应用程序120内的映射引擎210接收示范设计200。示范设计200包括设计的图形描述。例如，示范设计200可以包括图像、CAD模型或任何其他技术上可行的设计表示。示范设计200通常有一个或更多个与设计问题相关的功能属性。示范设计200并不一定具有解决设计问题所需的特定结构，但是示范设计200的结构可以反映解决设计问题的一种方法。

[0050] 在步骤504，映射引擎210将示范设计210映射到一组功能描述性标签212。该组标签212使用自然语言描述示范设计200的功能属性。例如，如果示范设计200描述简谐振子，那么映射引擎210可以生成诸如“周期性地振荡”的标签212。

[0051] 在步骤506，设计应用程序120内的导航引擎220基于标签212识别功能空间240中的位置。通过这样做，导航引擎220可以将标签212内的每个标签视为不同的坐标，并且然后基于这些不同的坐标确定功能空间240内标签212的位置。

[0052] 在步骤508，导航引擎220计算被识别的位置与功能空间240中的其他系统类的位置之间的距离。导航引擎220可以实现任何技术上可行的距离函数来计算这些距离。例如，导航引擎220可以实现欧几里得距离函数。

[0053] 在步骤510，导航引擎220基于计算出的距离识别驻留于最接近所识别出的位置的系统类222。一般来说，这些最接近的系统类应该至少具有一些与示范设计200共同的功能属性，因为这些类别最接近于在步骤506所标识的位置。

[0054] 在步骤512，显示引擎230将在步骤510所识别出的系统类222经由显示设备250输出到终端用户。

[0055] 总而言之，设计应用程序从具有一个或更多个与解决设计问题相关的功能属性的终端用户接收示范设计。然后，设计应用程序生成描述示范设计的功能属性的一组标签。基于该组标签，设计应用程序探索功能空间以检索一个或更多个系统类，该一个或更多个系统类具有与针对该示范设计而生成的该组标签相似的功能描述性标签。该一个或更多个系统类包括解决设计问题的不同方法，并且表示至少具有与示范设计共同的一些功能属性的系统。

[0056] 本文讨论的方法的至少一个优点是，终端用户无需手动探索庞大复杂的设计空间以识别可行的设计选项。相反，终端用户只需提供具有与解决设计问题相关的功能属性的设计的至少一个示例。然后，设计应用程序标识一个或更多个同样具有与解决设计问题相关的功能属性的系统类。

[0057] 对多个实施例的描述已为了说明的目的而提出，但并不意图穷举或限于所披露的实施例。对于本领域普通技术人员来说，许多修改和变化将会是显而易见的，而不脱离所述

实施例的范围和精神。

[0058] 本实施例的方面可以作为系统、方法或计算机程序产品来体现。因此，本公开的方面可以采取完全硬件实施例、完全软件实施例(包括固件、常驻软件、微代码等)或结合了软件和硬件方面的实施例的形式，它们通常可以全部统称为“电路”、“模块”或“系统”。此外，本公开的方面可以采取包含在一个或更多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式，该计算机可读介质具有在其上具体化的计算机可读程序代码。

[0059] 一个或更多个计算机可读介质的任何组合都可被利用。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。计算机可读存储介质可以是，例如，但不限于电子、磁、光、电磁、红外线或半导体系统、装置或器件，或上述的任何适当的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷尽列举)包括以下的：具有一条或多条电线的电气连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪存)、光纤、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、光学存储设备、磁存储设备或上述的任何合适的组合。在本文档的上下文中，计算机可读存储介质可以是任何有形的介质，其可包括或存储用于由指令执行系统、装置或设备使用或与其结合使用的程序。

[0060] 根据本公开的实施例，本公开的方面在上文参考流程图说明和/或方法、装置(系统)和计算机程序产品的框图而进行了描述。可以理解，流程图说明和/或框图的每个块，以及流程图说明和/或框图中的块的组合可以由计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可以被提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器以生产机器，使得该指令经由计算机的处理器或其他可编程数据处理装置执行时，使能流程图和/或框图的一个或更多个块中指定的功能/动作的实现。这种处理器可以是但不限于通用处理器、专用处理器、特定于应用程序的处理器或现场可编程处理器或门阵列。

[0061] 根据本公开的多个实施例，图中的流程图和框图例示了系统、方法和计算机程序产品的可能的实现方式的体系架构、功能和操作。在这方面，流程图或框图中的每个块可以代表模块、段或部分代码，其包含用于实现一个或更多个指定逻辑函数的一个或更多个可执行指令。还应该注意的是，在某些可选的实现方式中，在块中指出的函数可以不以图中表示的顺序发生。例如，顺序显示的两个块实际上可以基本同时执行，或者有时块可以按相反的顺序执行，这取决于所涉及的功能。还应注意，框图和/或流程图说明的每个块，以及框图和/或流程图说明中的块的组合，都可以由执行指定功能或动作的基于专用硬件的系统或专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0062] 虽然前述是针对本公开的实施例，但可以设计本公开的其他和进一步实施例，而不脱离其基本范围，并且其范围由权利要求来确定。

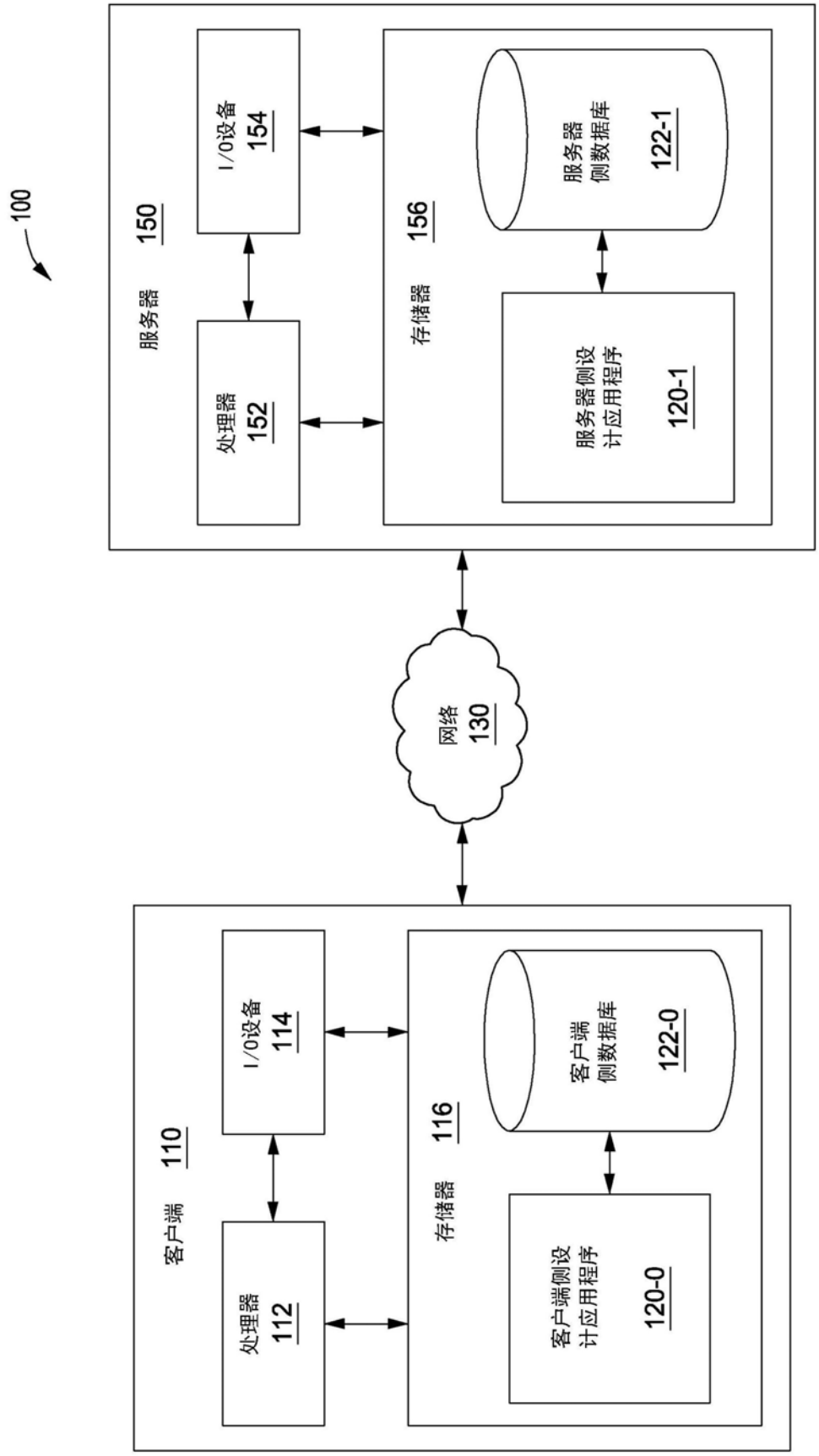

100
服务器 150
I/O设备 154
处理器 152
存储器 156
服务器侧数据库 122-1
服务器侧设计应用程序 120-1
网络 130
客户端 110
I/O设备 114
处理器 112
存储器 116
客户端侧数据库 122-0
客户端侧设计应用程序 120-0

图1

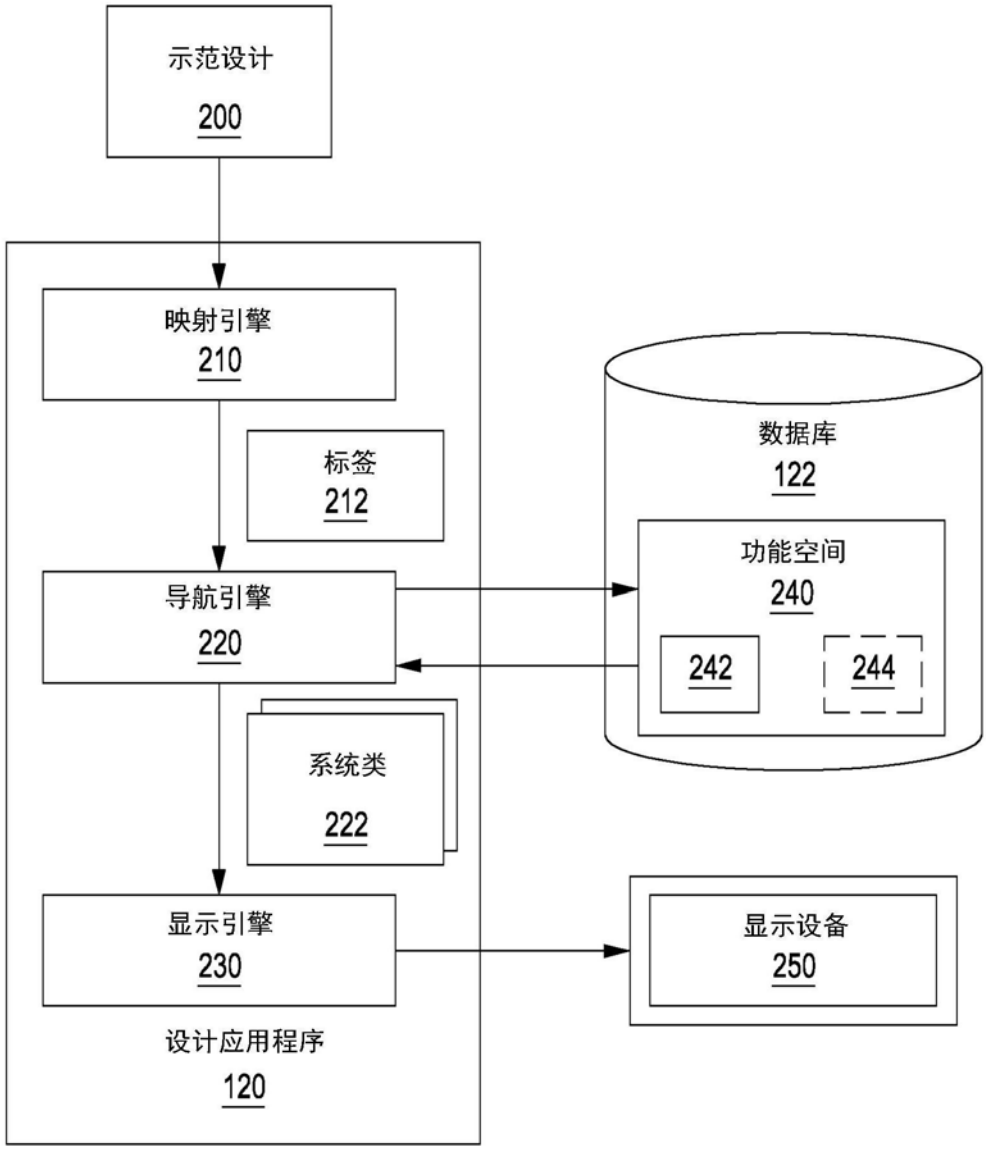

示范设计
200
映射引擎
210
标签
212
导航引擎
220
系统类
222
显示引擎
230
设计应用程序
120
数据库
122
功能空间
240
242
244
显示设备
250

图2

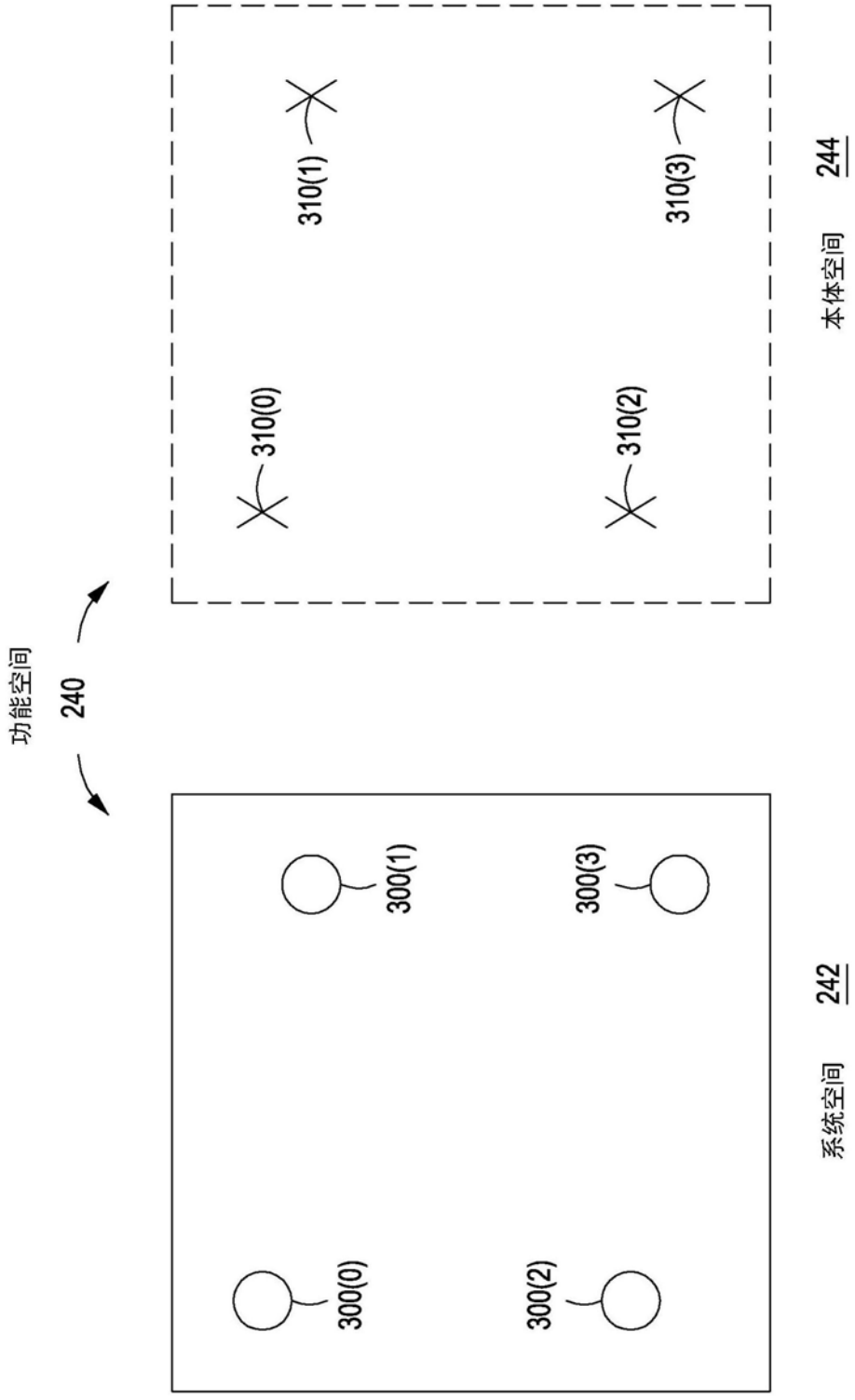

功能空间
240
310(0)
310(1)
310(2)
310(3)
本体空间
244
300(0)
300(1)
300(2)
300(3)
系统空间
242

图3

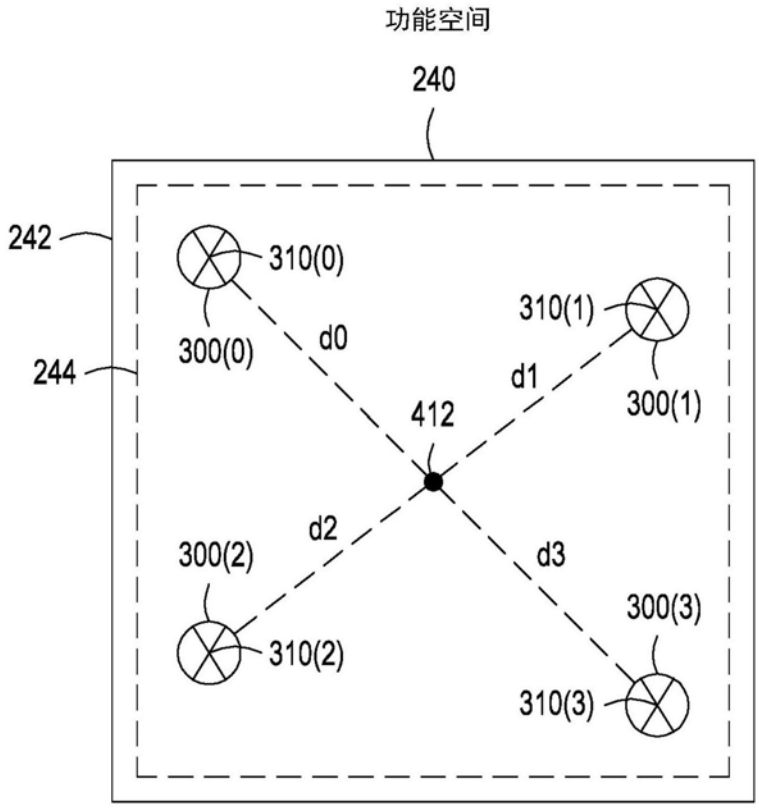

功能空间
240
242
244
310(0)
300(0)
d0
310(1)
d1
300(1)
412
d2
300(2)
310(2)
d3
300(3)
310(3)

图4

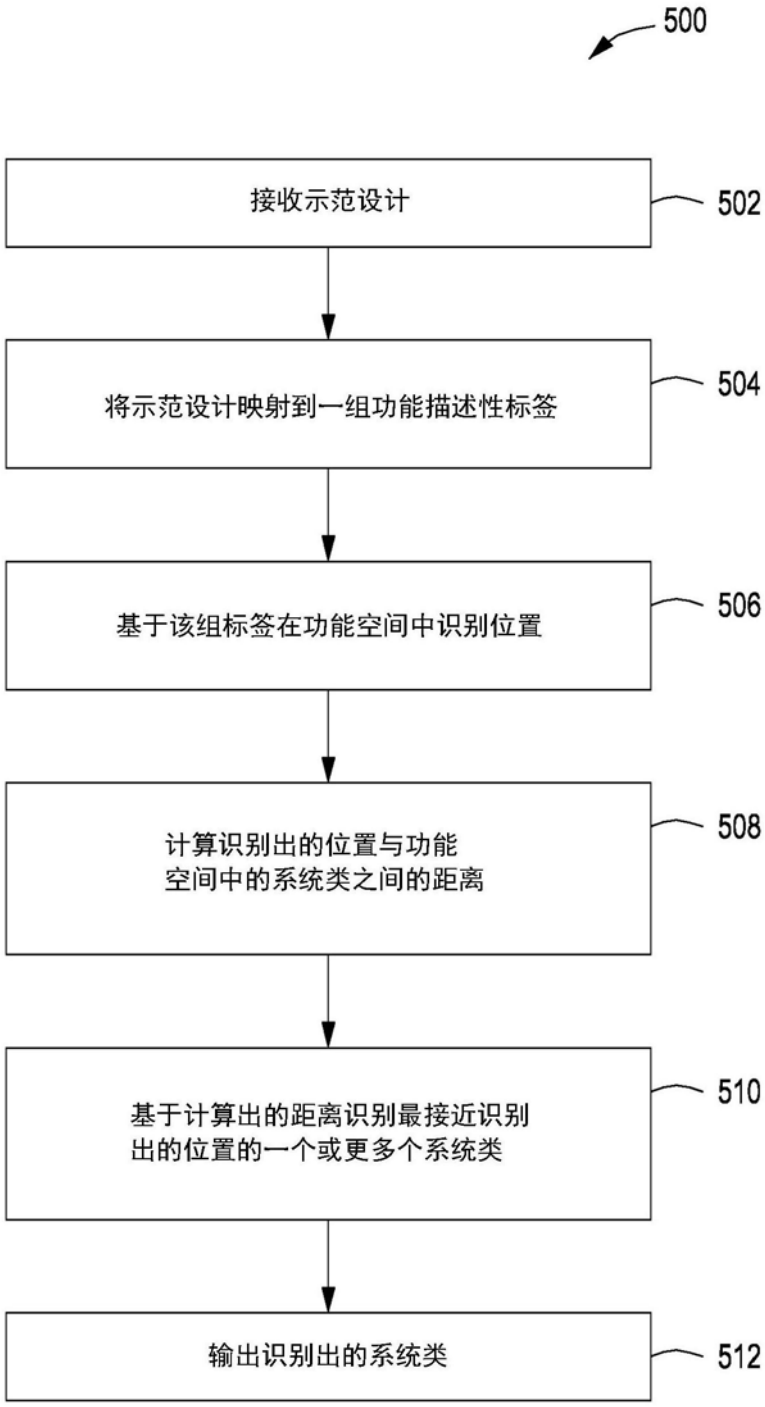

500
接收示范设计
502
将示范设计映射到一组功能描述性标签
504
基于该组标签在功能空间中识别位置
506
计算识别出的位置与功能
空间中的系统类之间的距离
508
基于计算出的距离识别最接近识别
出的位置的一个或更多个系统类
510
输出识别出的系统类
512

图5