(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117440883 A
(43)申请公布日 2024.01.23

(21)申请号 202280038940.2
(22)申请日 2022.05.26
(30)优先权数据
17/341,810 2021.06.08 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.11.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2022/095162 2022.05.26
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/257772 EN 2022.12.15
(71)申请人 国际商业机器公司
地址 美国纽约阿芒克
(72)发明人 C·德克罗普 C·E·贝勒 Z·A·西尔弗斯坦 J·R·福克斯
(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
专利代理师 陈金林
(51)Int.Cl.
B29C 64/386(2017.01)
B33Y 50/00(2015.01)
G06F 30/17(2020.01)
G06N 3/047(2023.01)
G06N 3/0475(2023.01)
G06N 3/049(2023.01)

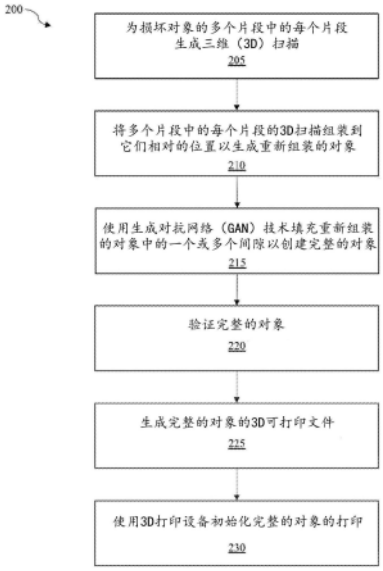
权利要求书2页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

使用生成对抗网络技术的三维打印

(57)摘要

提供了一种系统、方法和计算机程序产品，用于通过使用生成对抗网络技术重新组装损坏的对象的片段来生成完整对象的三维(3D)可打印文件。处理器可产生损坏对象的多个片段中的每一片段的3D扫描。处理器可组装多个片段中的每一片段的3D扫描以生成经重新组装的对象，其中该经重新组装的对象包括一个或多个间隙。处理器可填充重新组装的对象中的一个或多个间隙以创建完整的对象。处理器可以生成完整对象的3D可打印文件。



CN 117440883 A

1.一种方法,包括:

为损坏对象的多个片段中的每个片段生成三维(3D)扫描;

组装所述多个片段中的每个片段的3D扫描以生成重新组装的对象,其中所述重新组装的对象包括一个或多个间隙;

填充所述重新组装的对象中的所述一个或多个间隙以创建完整的对象;以及

生成完整的对象的3D可打印文件。

2.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

使用计算机辅助设计(CAD)测试软件来验证所述完整的对象。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,填充所述重新组装的对象中的一个或多个间隙是使用生成对抗网络(GAN)来执行的。

4.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

向3D打印设备发送命令以使用所述3D可打印文件开始所述完整的对象的打印。

5.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

检测损坏的对象与数据库中具有对应的3D可打印文件的第二对象处于预定相似度阈值内;以及

将对应的3D可打印文件与多个片段中的每个片段的3D扫描相关连,以在生成重新组装的对象并填充重新组装的对象中的一个或多个间隙时,帮助预测每个片段与多个片段中的其他片段的相对位置。

6.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

从一个或多个用户接收反馈,所述反馈指示应做出对所述完整的对象的修改以防止所述完整的对象像所述损坏对象一样损坏;

基于所述反馈确定所述完整的对象的待修改的区域;以及

响应于确定,通过对所述完整的对象的区域的修改来更新所述3D可打印文件。

7.根据权利要求6所述的方法,其中,所述待修改的区域至少部分地包括被填充在所述重新组装的对象中的所述一个或多个间隙,并且其中,所述修改包括增加所述区域的厚度。

8.根据权利要求6所述的方法,其中,所述待修改的区域至少部分地包括被填充在所述重新组装的对象中的所述一个或多个间隙,并且其中,所述修改包括在打印所述完整的对象时实现使用的材料的改变。

9.一种系统,包括:

处理器;以及

计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质通信地耦接至所述处理器并且存储程序指令,所述程序指令在由所述处理器执行时使所述处理器执行一种方法,所述方法包括:

为损坏对象的多个片段中的每个片段生成三维(3D)扫描;

组装所述多个片段中的每个片段的3D扫描以生成重新组装的对象,其中所述重新组装的对象包括一个或多个间隙;

填充所述重新组装的对象中的一个或多个间隙以创建完整的对象;以及

生成完整的对象的3D可打印文件。

10.根据权利要求9所述的系统,其中,由所述处理器执行的所述方法进一步包括使用计算机辅助设计(CAD)测试软件来验证所述完整的对象。

11.根据权利要求9所述的系统,其中,填充所述重新组装的对象中的一个或多个间隙是使用生成对抗网络(GAN)来执行的。

12.根据权利要求9所述的系统,其中由所述处理器执行的所述方法进一步包括向3D打印设备发送命令以使用所述3D可打印文件开始所述完整的对象的打印。

13.根据权利要求9所述的系统,其中,由所述处理器执行的所述方法进一步包括:

检测损坏的对象与数据库中具有对应的3D可打印文件的第二对象处于预定相似度阈值内;以及

将对应的3D可打印文件与多个片段中的每个片段的3D扫描相关连,以在生成重新组装的对象并填充重新组装的对象中的一个或多个间隙时,帮助预测每个片段与多个片段中的其他片段的相对位置。

14.根据权利要求9所述的系统,其中,由所述处理器执行的所述方法进一步包括:

从一个或多个用户接收反馈,所述反馈指示应做出对所述完整的对象的修改以防止所述完整的对象像所述损坏对象一样损坏;

基于所述反馈确定所述完整对象的待修改的区域;以及

响应于确定,通过对所述完整的对象的区域的所述修改来更新所述3D可打印文件。

15.根据权利要求14所述的系统,其中,所述待修改的区域至少部分地包括被填充在所述重新组装的对象中的所述一个或多个间隙,并且其中,所述修改包括增加所述区域的厚度。

16.根据权利要求14所述的系统,其中,所述待修改的区域至少部分地包括被填充在所述重新组装的对象中的所述一个或多个间隙,并且其中,所述修改包括在打印所述完整的对象时实现使用的材料的改变。

17.一种计算机程序产品,包括具有包含在其中的程序指令的计算机可读存储介质,所述程序指令可由处理器执行以使所述处理器执行一种方法,所述方法包括:

为损坏对象的多个片段中的每个片段生成三维(3D)扫描;

组装所述多个片段中的每个片段的3D扫描以生成重新组装的对象,其中所述重新组装的对象包括一个或多个间隙;

填充所述重新组装的对象中的所述一个或多个间隙以创建完整的对象;以及

生成完整的对象的3D可打印文件。

18.根据权利要求17所述的计算机程序产品,其中,由所述处理器执行的所述方法进一步包括使用计算机辅助设计(CAD)测试软件来验证所述完整的对象。

19.根据权利要求17所述的计算机程序产品,其中,填充所述重新组装的对象中的一个或多个间隙是使用生成对抗网络(GAN)来执行的。

20.根据权利要求17所述的计算机程序产品,其中,由所述处理器执行的所述方法进一步包括:

从一个或多个用户接收反馈,所述反馈指示应做出对所述完整的对象的修改以防止所述完整的对象像所述损坏对象一样损坏;

基于所述反馈确定所述完整的对象的待修改的区域;以及

响应于确定,通过对所述完整的对象的区域的修改来更新所述3D可打印文件。

使用生成对抗网络技术的三维打印

背景技术

[0001] 本公开一般涉及三维(3D)打印领域,并且更具体地涉及通过使用生成对抗网络技术重新组装损坏对象的片段来生成完整对象的3D可打印文件。

[0002] 3D打印或增材制造是用于通过使用3D打印设备铺设许多连续的材料薄层来从3D数字模型(例如,CAD绘图或表示)制造物理对象的过程。

发明内容

[0003] 本公开的实施例包括用于通过使用生成对抗网络技术重新组装损坏对象的片段来生成完整对象的三维(3D)可打印文件的方法、系统和计算机程序产品。处理器可生成损坏对象的多个片中的每一片的3D扫描。处理器可组装多个片中的每一片的3D扫描以生成经重新组装的对象,其中该经重新组装的对象包括一个或多个间隙。处理器可填充重新组装的对象中的一个或多个间隙以创建完整的对象。处理器可以生成完整对象的3D可打印文件。

[0004] 以上概述并不旨在描述本公开的每个所示实施例或每个实现方式。

附图说明

[0005] 包括在本公开中的附图被结合到说明书中并且形成说明书的一部分。它们示出了本公开的实施方式,并且与描述一起用于解释本公开的原理。附图仅是对典型实施例的说明,而并不限制本公开。

[0006] 图1示出根据本公开的实施例的示例三维打印系统的框图。

[0007] 图2示出了根据本公开的实施例的用于生成完整对象的三维可打印文件的示例过程的流程图。

[0008] 图3A示出了根据本公开的实施方式的示例对象。

[0009] 图3B示出了根据本公开的实施方式的示例损坏对象。

[0010] 图3C示出了根据本公开的实施方式的示例性重新组装的对象的三维视图。

[0011] 图3D示出了根据本公开的实施方式的示例性完整对象的三维视图。

[0012] 图4示出了根据本公开的实施方式的可用于实现本文所描述的方法、工具和模块和任何相关功能中的一个或多个的示例性计算机系统的高级框图。

[0013] 图5描绘了根据本公开的实施方式的云计算环境。

[0014] 图6描绘了根据本公开的实施方式的抽象模型层。

[0015] 虽然在此描述的实施例服从不同修改和替代形式,但是其细节已经通过举例在附图中示出并且将被详细描述。然而,应当理解,所描述的特定实施例不应被视为限制性的。相反,意图是覆盖落入本公开的范围内的所有修改、等同物和替换。

具体实施方式

[0016] 本公开的方面涉及3D打印领域,并且更具体地涉及使用生成对抗网络技术来生成

重新组装的损坏对象的3D可打印文件。虽然本公开不必限于这样的应用,但是可以通过使用该上下文对不同示例的讨论来理解本公开的各个方面。

[0017] 3D打印或增材制造是用于通过使用3D打印设备铺设的许多材料连续薄层来从3D数字模型(例如,CAD图或表示)制造物理对象的过程。在许多情况下,基于3D打印的生产过程避免了传统制造的许多挑战和限制,尤其是导致生产和设计之间和/或生产和运输之间需要权衡的那些。虽然3D打印机不能制造每个可以想象到的产品,但使用3D打印可以生产的产品库存却无处不在。3D打印产品包括由塑料、金属和人体组织等多种材料制成的产品,以及由替换关节、消费者服装和发动机零件等复杂材料制成的产品。随着3D打印技术的发展,产品的数量和复杂性继续迅速增长。

[0018] 现在许多行业使用3D打印作为保持各种生产线运行的手段。例如,当关键部件发生意外故障时,3D打印可用于快速、轻松地为复杂机械创建必要的部件。在这种情形下,用户可以使用3D打印来检索关键部件的模型ID或数字模型,以便使用3D打印生成与损坏部件相同的匹配件。然而,在许多实例中,故障件的数字模型可能无法获得。因此,可能需要用户直接订购该部件并等待更换部件被交付。这可能会导致给定生产线大量停机。

[0019] 本公开的实施例包括用于通过使用生成对抗网络技术重新组装断裂的对象的片段来生成完整对象的3D可打印文件的方法、系统和计算机程序产品。在实施例中,对象可以被分成多个片段。例如,该对象可以是制造设施中的传送系统的关键部件,该传送系统已经被损坏成多个片段。用户可以收集对象的所有可用片段并且使用3D扫描设备扫描每个片段以生成损坏的对象的片段中的每个片段的3D扫描。每个3D扫描包括在基于3D物理学的空间内的每个给定片段的数字渲染。在一些实施例中,用户可以获得并扫描损坏对象的所有碎片。然而,在一些实施例中,仅扫描多个片,因为一些片可能由于各种限制而无法用于扫描(例如,由于大小、片已经分解等,用户无法找到一个或多个片)。

[0020] 在实施例中,系统将相对于多个片段中的其他片段在相对位置中组装多个片段中的每个片段的3D扫描,以生成重新组装的对象。当生成经重新组装的对象时,该系统可使用对象定向引擎来组装各片段的3D扫描。例如,对象定向引擎可利用准确预测扫描的定向的不同计算机视觉技术(例如,移位、放置、分割等)来将经重新组装的对象拼合在一起。在一些实施例中,对象定向引擎可利用与对象相关的不同成像数据来帮助重新组装对象的碎片。例如,对象定向引擎可利用与对象和/或对象的单独片段相关联的一个或多个相关的CAD图、参考图像(例如,照片)、和/或蓝图以帮助生成经重新组装的对象。

[0021] 在实施例中,重新组装的对象可包括由于破裂对象的一个或多个片段不可用于扫描而产生的一个或多个间隙。例如,用户可能仅能够收集和扫描损坏对象的五个片段中的三个,因为所述片段中的两个在所述对象的故障期间丢失。因此,对象定向引擎可仅使用三个可用块的3D扫描来重构重新组装的对象,而不可用的第四块和第五块将位于的重新组装的对象中保留一个或多个间隙。在实施例中,当不是所有片段都可用时,对象定向引擎可利用相关图像来作出关于如何将碎片的3D扫描相对于彼此定向的确定。以此方式,定向可准确地预测和生成经重新组装的对象,而不需要扫描损坏对象的所有片段。

[0022] 在实施例中,系统可以填充重新组装的对象中的一个或多个间隙以创建完整的对象。在实施例中,系统使用生成对抗网络(GAN)技术来填充重新组装的对象中的一个或多个间隙。例如,系统可以利用GAN引擎,所述GAN引擎通过创建间隙所在的对象的可作为真实3D

片段传递的人造片段(或填充物)来填充间隙或空的空间。以此方式,GAN引擎可以标识经重新组装的对象中的断裂点并迭代地创建完整对象的断裂前3D渲染。在一些实施例中,GAN引擎可以使用对象的相关图像数据(例如,CAD绘图、蓝图、参考图像等)来预测如何填充任何间隙和/或生成可能尚未包括在碎片的3D扫描中的对象的一个或多个组件。例如,GAN引擎可被配置为生成在对象的参考图像中可见的人工突起,但不会出现在损坏对象/重新组装对象的碎片的3D扫描中。以此方式,GAN引擎可以通过将损坏对象的各片段的3D扫描与对象的相关图像相关联来预测破损坏对象的各个方面或组件以准确地生成完整的对象。

[0023] 在一些实施例中,系统可以使用计算机辅助设计(CAD)测试软件来验证完整的对象。在实施例中,3D打印系统可以使用CAD引擎,该CAD引擎利用不同物理学算法来作出关于完整对象相对于损坏对象的精度的确定。例如,CAD引擎可确定被生成以填充重新组装的对象的一个或多个间隙的人造片的精度。如果CAD引擎确定完整对象不满足精度阈值,则CAD引擎可能不验证完整对象,从而导致GAN引擎执行附加的生成迭代来填充重新组装对象的一个或多个间隙。可以基于原始对象或者一个或多个类似对象的相关图像数据(例如,CAD图、参考图像等)来生成精度阈值。在一些实施例中,该系统可以请求并接收来自用户的手动验证输入,该手动验证输入表明该完整对象与破裂的损坏前对象充分匹配。这样,用户可以手动验证完整的对象。响应于验证完整对象,系统可以生成完整对象的3D可打印文件或标准三角语言(STL)文件。

[0024] 使用完整对象的3D可打印文件,系统可以使用通信耦合的3D打印设备启动给定对象的打印。返回上面的例子,使用这种技术打印完整的对象允许用户快速打印和更换制造设施中传送系统的关键组件,,从而减少关键停机时间。以此方式,当零件的数字模型不可用时,该系统允许用户轻松地生产替换零件。

[0025] 在一些实施例中,系统可以利用众包来提高替换零件或对象的质量。例如,系统可以被配置为接收来自用户的反馈,该反馈指示各个部件或对象随着时间的推移在相似的断裂点处已经失效或继续失效。使用反馈和机器学习,系统可以确定完整对象中的可以被更改的区域,以防止在复制部件时的进一步故障。例如,系统可以增加完整对象的3D渲染上的断裂点(例如,间隙)区域中的材料厚度(例如,从10cm变为20cm)。在另一示例中,基于反馈,系统可以推荐在打印完整对象时使用的一种或多种不同的打印材料(例如,基于一组打印材料的拉伸强度确定)。可在完整对象的厚度可能由于不同拟合约束而不改变的情况下作出此确定。

[0026] 在实施例中,系统可以将对象的碎片、重新组装的对象、以及完整对象的3D可打印文件的个体3D扫描存储在数据库内。当系统检测到被扫描的类似对象或片段时,可以使用和/或利用这些历史图像数据文件。以此方式,该系统可以利用历史数据来帮助对碎片的定向和/或在填充类似的重新组装的对象中的一个或多个间隙时进行预测。

[0027] 在一些实施例中,用户必须选择加入系统以便系统收集、生成和/或使用他们的信息(例如,生成3D扫描、接收CAD图、分析知识产权等)。用户可以确定哪些其他用户(例如,第三方用户、第二用户、众包用户等)可以访问所收集的数据。例如,在初始化过程期间,系统可以通知用户它将收集的数据类型(例如,图像数据、3D扫描、用户反馈等)以及收集数据的原因。在这些实施例中,系统将仅在用户明确准许收集时开始收集用户信息。此外,系统可仅收集生成完整对象的3D可打印文件所必需的数据。数据可以在使用时被匿名化和/或加

密,并且数据可以仅根据提供必要动作的需要而被维护。如果用户选择退出系统,先前收集的任何用户信息可以被永久地删除。

[0028] 前述优点为示例优点,并未讨论所有优点。此外,可以存在包含所有、一些或者没有上述优点同时保持在本公开的范围内的本公开的实施方式。

[0029] 现在参见图1,所示出的是根据本公开的实施例的示例3D打印系统100的框图。在所示实施例中,3D打印系统100包括经由网络150通信地耦合到3D扫描设备120、3D打印设备130和用户设备140的3D打印助理102。3D打印助理102和用户设备140可以被配置为任何类型的计算机系统并且可以基本上类似于图4的计算机系统1101。在一些实施例中,3D打印助理102、3D扫描设备120和3D打印设备130可以被配置为单独的独立系统或被配置为一个集成系统。

[0030] 网络150可以是任何类型的通信网络,诸如无线网络或云计算网络。网络150可以基本上类似于图5中描述的云计算环境50,或者与其相同。在一些实施例中,网络150可以在云计算环境内实现,或使用一个或多个云计算服务来实现。根据不同实施例,云计算环境可包括提供一个或多个云计算服务的基于网络的分布式数据处理系统。进一步,云计算环境可包括被布置在一个或多个数据中心内并且被配置成通过网络150共享资源的许多计算机(例如,成百上千的计算机或更多)。

[0031] 在一些实施例中,可以使用任何数量的任何合适的通信介质来实现网络150。例如,网络可以是广域网(WAN)、局域网(LAN)、个域网(PAN)、互联网或内联网。在某些实施例中,不同系统可以是彼此本地的,并且经由任何适当的本地通信介质进行通信。例如,3D打印助理102可使用WAN、一个或多个硬线连接(例如,以太网电缆)和/或无线通信网络与3D扫描设备120、3D打印设备130和用户设备140通信。在一些实施例中,不同系统可以使用一个或多个网络和/或一个或多个本地连接的组合来通信地耦合。例如,在一些实施例中,3D打印助理102可使用硬连线连接与3D扫描设备120和3D打印设备130通信,而用户设备140和3D打印助理102之间的通信可通过无线通信网络。

[0032] 在实施例中,3D扫描设备120可以是被配置为生成一个或多个对象的3D扫描的任何类型的扫描设备(例如,3D扫描仪)。在实施例中,3D打印设备130可以是被配置为打印和/或生成物理3D对象的任何类型的打印设备(例如,3D打印机)。在一些实施例中,3D扫描设备120和3D打印设备130可以包括与3D打印助理102相同或相似的组件(例如,处理器、存储器、机器学习引擎等),但是为了简洁起见,未示出这些组件。

[0033] 在所示实施例中,3D打印助理102包括网络接口(I/F)104、处理器106、存储器108、对象定向引擎110、生成对抗网络(GAN)引擎112、计算机辅助设计(CAD)引擎114、机器学习引擎116和对象数据库118。

[0034] 在实施例中,对象定向引擎110被配置为使用不同对象定向算法来将损坏的对象的片段的3D扫描(使用3D扫描设备120生成的)组装到重新组装的对象中。片段的3D扫描可以利用基于3D物理的间隔进行数字渲染。对象定向引擎110可使用已知计算机视觉技术(例如,移位、放置、分割、OpenCV等)分析各个片的3D扫描以将碎片组装成经重新组装的对象。在一些实施例中,假设将不会找到和/或扫描断裂对象的所有片段,因此在对象的重新组装版本中留下一个或多个间隙。在一些实施例中,对象定向引擎110可利用对象或类似对象的CAD绘图/参考图像(在损坏之前)来帮助预测将碎片重组成期望的对象。例如,在重新组装

的对象中可以留有大的间隙,其中,对象定向引擎110可以利用相关联的图像(例如,在损坏之前的对象的图片、CAD绘图等)来帮助将平面与单次访问对齐。在实施例中,CAD绘图/参考图像可以被接收、检索、和/或存储在对象数据库118上/从对象数据库118存储。

[0035] 在实施例中,GAN引擎112被配置成使用GAN算法来填充重新组装的对象中的一个或多个间隙,以便生成完整对象的3D可打印文件(对象的断裂前渲染)。GAN引擎112被配置为通过创建间隙所在的对象的人造片(或填充物)来填充间隙或空白空间,该人造片(或填充物)可以作为真实的3D片传递。例如,这可通过在断裂对象的各个片的3D扫描上识别不同断层线和/或断裂点并从断层线重新创建平坦平面直到可产生满足预定精度阈值的对象的人工实例或片段来执行。可以通过使断裂前对象和/或类似对象的参考图像或CAD图相关联来确定该预定精度阈值。例如,精度阈值可以要求填充的间隙具有原始对象的相同区域的95%精度。在一些实施例中,GAN引擎112可以检索用于填充由于材料损失而导致的间隙的一组规则。例如,基于每个片段的3D扫描的对准,规则可能需要一定量的填充(例如,2%填充、98%填充、最小填充等)。

[0036] 在实施例中,CAD引擎114被配置为验证完整的对象。CAD引擎114可以使用不同CAD和/或物理算法来作出关于完整对象相对于破裂对象的精度的确定。例如,CAD引擎114可以通过比较从对象的相关CAD图或参考图像中提取的不同特征来确定完整对象相对于断裂前对象的准确度。如果CAD引擎114确定完整对象不满足精度阈值,则CAD引擎114可能不验证完整对象,从而导致GAN引擎112执行用于填充重新组装对象的一个或多个间隙的附加生成迭代。

[0037] 在实施例中,机器学习引擎116可以收集、监视和/或分析与3D打印系统100有关的不同数据(3D扫描、片段的人工重建、CAD图纸等)。使用不同数据,机器学习引擎116可以自动地实现和/或调整用于验证完整对象的不同阈值。例如,机器学习引擎116可以从所收集的数据和/或来自(经由用户设备140接收的)用户的反馈中标识3D打印的完整对象并不精确地匹配在某个百分比阈值内破裂的原始对象。机器学习引擎116可以取得该数据并且调整精度阈值,以使得直到满足新阈值才发生对完整对象的验证。

[0038] 在一些实施例中,机器学习引擎116可以利用机器学习和/或深度学习,其中可以通过对与生成完整对象有关的历史数据执行监督的、非监督的或半监督的训练(例如,分析片段的个体3D扫描、重新组装的对象、人工片段等)来生成算法或模型,并关联使用3D可打印文件重新创建准确的断裂前对象的历史成功率。随着时间的推移,机器学习引擎116可以改进关于如何与GAN引擎112协作生成准确的人工块的预测,这导致改进的3D打印的完整对象/替换对象。

[0039] 机器学习算法可以包括但不限于决策树学习、关联规则学习、人工神经网络、深度学习、感应逻辑编程、支持向量机、聚类、贝叶斯网络、增强学习、表示学习、相似性/度量训练、稀疏字典学习、基因算法、基于规则的学习和/或其他机器学习技术。

[0040] 例如,机器学习算法可以利用以下示例技术中的一个或多个:K最近邻(KNN)、学习向量量化(LVQ)、自组织映射(SOM)、逻辑回归,普通最小二乘回归(OLSR)、线性回归、逐步回归、多元自适应回归样条(MARS)、脊回归、最小绝对收缩和选择算子(LASSO)、弹性网、最小角度回归(LARS)、概率分类器,朴素贝叶斯分类器、二进制分类器、线性分类器、分层分类器、标准相关分析(CCA)、因子分析、独立分量分析(ICA)、线性判别分析(LDA)、多维缩放

(MDS)、非负度量因子分解(NMF),偏最小二乘回归(PLSR)、主成分分析(PCA)、主成分回归(PCR)、Sammon映射、t分布式随机相邻嵌入(t-SNE)、引导聚合、整体平均、梯度增强决策树(GBDT),梯度增强机(GBM)、感应偏置算法、Q学习、状态动作奖励-状态动作(SARSA)、时间差(TD)学习、先验算法、等价类变换(ECLAT)算法、高斯过程回归、基因表达编程,数据处理分组方法(GMDH)、感应逻辑编程、基于实例的学习、逻辑模型树、信息模糊网络(IFN)、隐马尔可夫模型、高斯朴素贝叶斯、多项式朴素贝叶斯,平均单相关性估计器(AODE)、贝叶斯网络(BN)、分类和回归树(CART)、卡方自动交互检测(CHAID)、期望最大化算法、前馈神经网络、逻辑学习机、自组织图,单链接聚类、模糊聚类、层级聚类、玻尔兹曼机器、卷积神经网络、递归神经网络、层级时间记忆(HTM)和/或其他机器学习技术。

[0041] 图1旨在描绘3D打印系统100的代表性主要组件。然而,在一些实施例中,各个组件可以具有比图1中所表示的更大或更小的复杂度,可以存在不同于或除了图1中所示的那些之外的组件,并且此类组件的数量、类型和配置可以变化。同样地,可以不存在利用3D打印系统100示出的一个或多个部件,并且部件的布置可以变化。

[0042] 例如,尽管图1示出了具有经由单个网络150通信地耦合的单个3D打印助理102、单个3D扫描设备120、单个3D打印设备130和单个用户设备140的示例3D打印系统100,但是用于实现本公开的实施例的合适的网络架构可以包括任何数量的3D打印助理、3D扫描设备、3D打印设备、用户设备和网络。如果有的话,图1中所示的各种模型、模块、系统和组件可以跨多个3D打印助手、3D扫描设备、3D打印设备、用户设备和网络存在。

[0043] 现在参见图2,所示出的是根据本公开的实施例的用于生成完整对象的三维可打印文件的示例过程200的流程图。过程200可以由包括硬件(例如,电路、专用逻辑、可编程逻辑、微代码等)、软件(例如,在处理器上运行的指令)、固件或其组合的处理逻辑来执行。在一些实施例中,过程200是计算机实现的过程。在实施例中,过程200可以由图1中例示的3D打印助理102的处理器106执行。

[0044] 过程200通过生成损坏对象的多片中的每一片的三维扫描而开始。这在步骤205处示出。参考图3A和图3B,分别示出根据本公开的实施例的示例对象300A和示例损坏对象300B。在实施例中,对象300A可以是用户想要使用3D打印设备重新创建的任何类型的对象。例如,对象300A可以是意外地损坏成多个块302A、302B、302C和302D(统称为块302)的高度复杂的机器的关键块(例如,自动组装线的机械臂的一部分)。为了使用过程200来重新创建对象300A,用户必须收集损坏对象300B的片302并且使用3D扫描仪来单独地扫描片302中的每一片以生成每片的3D扫描。在一些实施例中,用户可以收集和扫描组成完整对象的所有片段。在一些实施例中,用户可收集和扫描构成对象的重要部分的多个片段。例如,在一些实例中,用户可能由于各种限制而不能收集损坏对象的所有片段,并且将仅扫描某些片段(例如,较大片段302A和302B)。例如,如果片段302C和302D太小而不能定位,或者如果当对象300A损坏时它们丢失(例如,由于剪切力而分解、投影到未知位置,等等),则片段302C和302D可以不被收集和扫描。

[0045] 过程200通过在相对于多个片段中的其他片段的相对位置中组装多个片段中的每一片段的3D扫描以产生经重新组装的对象而继续。这在步骤210处示出。由系统在基于3D物理学的空间内扫描并且数字地渲染损坏的对象的多个片段中的每个片段。参照图3C,示出了根据本公开的实施方式的实例重新组装的对象300C的三维视图。在所示实施例中,片段

302A和302B的3D扫描由系统在彼此相对的位置组装,以生成重新组装的对象300C。该系统可使用对象定向引擎(例如,对象定向引擎110)来组装片段302A和302B的3D扫描以生成经重新组装的对象300C。对象定向引擎可利用不同计算机视觉技术(例如,移动、放置、分割等)来准确地预测3D扫描的定向以产生经重新组装的对象300C。

[0046] 在一些实施例中,对象定向引擎可利用与对象有关的不同图像数据来帮助重新组装对象的碎片。例如,对象定向引擎可利用与对象和/或对象的单独片段相关联的一个或多个相关的CAD图、参考图像和/或蓝图以帮助生成重新组装的对象300C。例如,重新组装的对象300C包括间隙304A和304B(统称为间隙304)。这些间隙304对应于由于各种限制而未被扫描的片段302C和302D(例如,这些片段在收集对象的碎片时不可用/丢失)。当不是所有片段都可用时,对象定向引擎可利用对象的相关图像来作出关于如何定向碎片的3D扫描的确定。以此方式,对象定向引擎可准确地预测和生成经重新组装的对象,而无需扫描损坏对象的所有片段。

[0047] 过程200通过填充重新组装的对象中的一个或多个间隙以创建完整的对象而继续。这在步骤215处示出。在实施例中,系统使用生成对抗网络(GAN)技术来填充重新组装的对象中的一个或多个间隙。在实施例中,系统可以利用GAN引擎(例如,GAN引擎112),GAN引擎通过创建间隙所在的对象的可以作为真实3D片传递的人造片(或填充物)来填充间隙或空白空间。参考图3D,所示出的是根据本公开的实施例的示例完整对象300D的三维视图。在所示实施例中,完整对象300D包括人工片306A和306B(统称为人工片306)的3D渲染,人工片306A和306B由GAN引擎生成以替换/填充重新组装的对象300C中的间隙304以创建完整对象300D。在一些实施例中,GAN引擎可以使用对象的相关图像数据(例如,CAD绘图、蓝图、参考图像等)来预测如何填充任何间隙或生成可能尚未包括在/存在于碎片的3D扫描中的对象的一个或多个组件/方面。例如,一个或多个突起可能已经显示在对象的相关图像中,但不包括在可用碎片的任何3D扫描中。使用对象的相关图像,GAN引擎可基于相关图像来预测并填充其中确定断裂前突起已经位于的3D人工突起的区域或间隙。以此方式,GAN引擎可以在基于相关一个或多个相关图像来生成完整对象时预测对象的附加组件或方面。

[0048] 在一些实施例中,过程200通过使用计算机辅助设计(CAD)测试软件验证完整对象来继续。这在步骤220示出。在实施例中,该系统可以使用CAD引擎(例如,CAD引擎114),该CAD引擎利用不同物理学算法来作出关于完整对象相对于损坏对象的精度的确定。例如,CAD引擎可确定被生成以填充重新组装的对象的一个或多个间隙的人工片的精度。如果CAD引擎确定完整对象不满足精度阈值,则CAD引擎可以不验证完整对象,并且该过程将返回到步骤215,导致GAN引擎执行用于填充重新组装对象的一个或多个间隙的附加生成迭代。在一些实施例中,用户可以手动地验证完整的对象。这可允许用户覆盖任何精度阈值。例如,用户可仅需要在80%阈值内匹配原始对象的完整对象,然而精度阈值可被设置为90%。在这种情况下,用户可以覆盖CAD引擎验证并且手动地验证完整的对象。

[0049] 响应于完整对象被验证,过程200通过生成完整对象的3D可打印文件来继续。这在步骤225示出。例如,完整对象的3D渲染可被变换成完整对象的3D可打印文件。在一些实施例中,系统可以生成完整对象的标准三角形语言(STL)文件。3D可打印文件和/或STL文件可以存储在数据库上,在该数据库中,用户可以访问该文件以打印对象。

[0050] 在一些实施例中,过程200通过使用3D打印设备开始完整物理的打印而继续。这在

步骤230处示出。例如,系统可以可通信地连接到3D打印机,使得一旦完整的3D可打印文件可用,系统就可以自动开始对象的打印。在一些实施例中,系统还可以输出或生成与破碎的对象的片段、重新组装的对象、和/或GAN引擎生成的人工创建的片段的单独3D扫描相对应的3D可打印文件。这些3D可打印文件可用于打印相应的对象或片段,以尝试确定断裂点为什么或在哪里发生。

[0051] 在一些实施例中,系统可以接收来自一个或多个用户(经由用户设备140)的反馈,该反馈指示应当对完整的对象进行修改以防止完整的对象与损坏的对象类似地损坏。例如,用户可以提供反馈,指示对象在同一点或断裂点不断断裂。响应于该反馈,系统可以使用机器学习来确定包括填充的一个或多个间隙的区域需要被修改。例如,该系统可以确定该区域需要被修改为具有50mm而不是25mm的厚度以防止将来损坏。使用机器学习,系统可用修改来自动更新完整对象的3D可打印文件。在另一示例中,由于不同拟合约束,完整对象的厚度可能不能够进行修改。因此,该系统可以通过分析对应于一组可用印刷材料的一组拉伸强度值来推荐将第一印刷材料改变为第二印刷材料。以此方式,系统可推荐在被打印对象重复地出故障时使用更强的打印材料。

[0052] 现在参考图4,示出了根据本公开的实施方式的可用于实现本文所描述的方法、工具和模块中的一个或多个和任何相关功能(例如,使用计算机的一个或多个处理器电路或计算机处理器)的示例性计算机系统1101的高级框图。在一些实施例中,计算机系统1101的主要部件可以包括一个或多个CPU1102、存储器子系统1104、终端接口1112、存储接口1116、I/O(输入/输出)设备接口1114、和网络接口1118,所有这些部件可以直接或间接地通信地耦合,以用于经由存储器总线1103、I/O总线1108、和I/O总线接口1110的部件间通信。

[0053] 计算机系统1101可包含一个或多个通用可编程中央处理单元(CPU)1102A、1102B、1102C和1102D,在此统称为CPU1102。在一些实施例中,计算机系统1101可以包含相对大的系统典型的多个处理器;然而,在其他实施例中,计算机系统1101可以替代地是单个CPU系统。每个CPU1102可以执行存储在存储器子系统1104中的指令并且可以包括一个或多个级别的板上高速缓存。在一些实施例中,处理器可以包括存储器控制器和/或存储控制器中的至少一个或多个。在一些实施方式中,CPU可以执行在本文中包括的处理(例如,在图2中描述的处理200)。在一些实施例中,计算机系统1101可以被配置为图1的3D打印系统100。

[0054] 系统存储器子系统1104可包括易失性存储器形式的计算机系统可读介质,例如随机存取存储器(RAM)1122或高速缓冲存储器1124。计算机系统1101可以进一步包括其他可移动/不可移动、易失性/非易失性计算机系统数据存储介质。仅作为示例,存储系统1126可被提供用于从不可移动、非易失性磁介质(诸如“硬盘驱动器”)读取和写入至不可移动、非易失性磁介质。尽管未示出,可以提供用于从可移动非易失性磁盘(例如,“软盘”)读取或向其写入的磁盘驱动器,或用于从可移动非易失性光盘(如CD-ROM、DVD-ROM或其他光学介质)读取或向其写入的光盘驱动器。此外,存储器子系统1104可以包括闪存,例如闪存棒驱动器或闪存驱动器。存储器设备可以通过一个或多个数据介质接口连接到存储器总线1103。存储器子系统1104可以包括具有一组(例如,至少一个)程序模块的至少一个程序产品,这些程序模块被配置为执行不同实施例的功能。

[0055] 尽管存储器总线1103在图4中示出为在CPU 1102、存储器子系统1104和I/O总线接口1110之间提供直接通信路径的单个总线结构,但是在一些实施例中,存储器总线1103可

以包括多个不同的总线或通信路径,其可以以各种形式中的任一种布置,诸如分级、星形或网络配置中的点对点链路、多个分级总线、并行和冗余路径、或任何其他适当类型的配置。此外,虽然I/O总线接口1110和I/O总线1108被示出为单个单元,但是在一些实施例中,计算机系统1101可以包含多个I/O总线接口1110、多个I/O总线1108或两者。进一步,虽然示出了将I/O总线1108与运行到各个I/O设备的各个通信路径分开的多个I/O接口单元,但是在其他实施例中,一些或全部I/O设备可以直接连接到一个或多个系统I/O总线。

[0056] 在一些实施例中,计算机系统1101可以是多用户大型计算机系统、单用户系统、或者服务器计算机或具有很少或没有直接用户接口但从其他计算机系统(客户端)接收请求的类似设备。进一步,在一些实施例中,计算机系统1101可以被实现为台式计算机、便携式计算机、膝上型或笔记本计算机、平板计算机、袖珍计算机、电话、智能电话、网络交换机或路由器、或任何其他适当类型的电子设备。

[0057] 要注意的是,图4旨在描述示例性计算机系统1101的代表性主要部件。然而,在一些实施例中,各个组件可以具有比图4中所表示的更大或更小的复杂度,可以存在不同于图4中所示的那些组件或除图4中所示的那些组件之外的组件,并且此类组件的数量、类型和配置可以变化。

[0058] 各自具有至少一组程序模块1130的一个或多个程序/实用程序1128可被存储在存储器子系统1104中。程序/实用程序1128可包括管理程序(也称为虚拟机监视器)、一个或多个操作系统、一个或多个应用程序、其他程序模块和程序数据。操作系统、一个或多个应用程序、其他程序模块和程序数据中的每一个或它们的一些组合可以包括网络环境的实现方式。程序/实用程序1128和/或程序模块1130通常执行不同实施例的功能或方法。

[0059] 提前理解的是,虽然本公开包括关于云计算的详细描述,但是本文所引用的教导的实现不限于云计算环境。相反,本公开的实施例能够结合现在已知的或以后开发的任何其他类型的计算环境来实现。

[0060] 云计算是服务交付的模型,用于使得能够方便地、按需地网络访问可配置计算资源(例如,网络、网络带宽、服务器、处理、存储器、存储、应用、虚拟机和服务)的共享池,所述可配置计算资源可以以最小的管理努力或与所述服务的提供者的交互来快速供应和释放。该云模型可以包括至少五个特性、至少三个服务模型和至少四个部署模型。

[0061] 特性如下:

[0062] 按需自助服务:云消费者可以单方面地根据需要自动地提供计算能力,诸如服务器时间和网络存储,而不需要与服务的提供者的人工交互。

[0063] 广泛的网络接入:能力可通过网络获得并且通过标准机制接入,该标准机制促进异构瘦客户机平台或厚客户机平台(例如,移动电话、膝上型计算机和PDA)的使用。

[0064] 资源池化:提供者的计算资源被池化以使用多租户模型来服务于多个消费者,其中不同的物理和虚拟资源根据需要动态地指派和重新指派。存在位置独立性的感觉,因为消费者通常不具有对所提供的资源的确切位置的控制或了解,但可能能够以较高抽象级别(例如,国家、州或数据中心)指定位置。

[0065] 快速弹性:能够快速和弹性地提供能力,在一些情况下自动地快速缩小和快速释放以快速放大。对于消费者而言,可用于供应的能力通常显得不受限制并且可以在任何时间以任何数量购买。

[0066] 可测量的服务:云系统通过在适合于服务类型(例如,存储、处理、带宽和活动用户账户)的某个抽象级别处利用计量能力来自动控制和优化资源使用。可以监视、控制和报告资源使用,为所利用的服务的提供者和消费者提供透明度。

[0067] 服务模型如下:

[0068] 软件即服务(SaaS):提供给消费者的能力是使用在云基础设施上运行的提供者的应用。可通过诸如web浏览器(例如,基于web的电子邮件)之类的瘦客户端接口从不同3D打印助理访问应用。消费者不管理或控制包括网络、服务器、操作系统、存储或甚至单独的应用能力的底层云基础设施,可能的例外是有限的用户特定应用配置设置。

[0069] 平台即服务(PaaS):提供给消费者的能力是将消费者创建的或获取的使用由提供商支持的编程语言和工具创建的应用部署到云基础设施上。消费者不管理或控制包括网络、服务器、操作系统或存储的底层云基础设施,但是对所部署的应用和可能的应用托管环境配置具有控制。

[0070] 基础设施即服务(IaaS):提供给消费者的能力是提供处理、存储、网络和消费者能够部署和运行任意软件的其他基本计算资源,所述软件可以包括操作系统和应用。消费者不管理或控制底层云基础设施,而是具有对操作系统、存储、所部署的应用的控制以及对所选联网组件(例如,主机防火墙)的可能受限的控制。

[0071] 部署模型如下:

[0072] 私有云:云基础架构仅为组织运作。它可以由组织或第三方管理,并且可以存在于场所内或场所外。

[0073] 社区云:云基础架构被若干组织共享并支持共享了关注(例如,任务、安全要求、策略、和合规性考虑)的特定社区。它可以由组织或第三方管理,并且可以存在于场所内或场所外。

[0074] 公共云:使云基础架构对公众或大型行业组可用,并且由出售云服务的组织拥有。

[0075] 混合云:云基础架构是两个或更多个云(私有、社区或公共)的组合,这些云保持唯一实体但通过使数据和应用能够移植的标准化或专有技术(例如,云突发以用于云之间的负载平衡)绑定在一起。

[0076] 云计算环境是面向服务的,集中于无状态、低耦合、模块化和语义互操作性。云计算的核心是包括互连节点网络的基础设施。

[0077] 现在参考图5,描述了说明性云计算环境50。如图所示,云计算环境50包括云消费者使用的本地计算设备可以与其通信的一个或多个云计算节点10,本地计算设备诸如例如个人数字助理(PDA)或蜂窝电话54A、台式计算机54B、膝上型计算机54C和/或汽车计算机系统54N。节点10可彼此通信。它们可以物理地或虚拟地分组(未示出)在一个或多个网络中,诸如如上所述的私有云、社区云、公共云或混合云、或其组合。这允许云计算环境50提供基础设施、平台和/或软件作为云消费者不需要为其维护本地计算设备上的资源的服务。应当理解,图5中所示的计算装置54A-N的类型仅旨在是说明性的,并且计算节点10和云计算环境50可通过任何类型的网络和/或网络可寻址连接(例如,使用网络浏览器)与任何类型的计算机化装置通信。

[0078] 现在参见图6,示出了由云计算环境50(图5)提供的一组功能抽象层。应提前理解,图6中所示的组件、层和功能仅旨在是说明性的,并且本发明的实施例不限于此。如所描述,

提供以下层和对应功能：

[0079] 硬件和软件层60包括硬件和软件组件。硬件组件的示例包括：大型机61；基于RISC(精简指令集计算机)架构的服务器62；服务器63；刀片服务器64；存储设备65；以及网络和联网组件66。在一些实施例中，软件部件包括与图1的3D打印系统100有关的网络应用服务器软件67和3D打印助理68。

[0080] 虚拟化层70提供抽象层，从该抽象层可以提供虚拟实体的以下示例：虚拟服务器71；虚拟存储器72；虚拟网络73，包括虚拟专用网络；虚拟应用和操作系统74；以及虚拟客户端75。

[0081] 在一个示例中，管理层80可以提供以下描述的功能。资源供应81提供用于在云计算环境内执行任务的计算资源和其他资源的动态采购。计量和定价82在云计算环境内利用资源时提供成本跟踪，并为这些资源的消费开账单或发票。在一个示例中，这些资源可以包括应用软件许可证。安全性为云消费者和任务提供身份验证，以及为数据和其他资源提供保护。用户门户83为消费者和系统管理员提供对云计算环境的访问。服务水平管理84提供云计算资源分配和管理，使得满足所需的服务水平。服务水平协议(SLA)规划和履行85提供根据SLA预期未来需求的云计算资源的预安排和采购。

[0082] 工作负载层90提供可以利用云计算环境的功能的示例。可以从该层提供的工作负荷和功能的示例包括：地图和导航91；软件开发和生命周期管理92；虚拟课堂教育交付93；数据分析处理94；交易处理95；以及3D对象重建和打印96。例如，图1的3D打印系统100可以被配置为使用工作负荷层90来执行完整对象的3D可打印文件的生成。

[0083] 如在此更详细地讨论的，预期在此描述的方法的一些实施例的一些或全部操作可以按替代顺序执行或可以根本不执行；此外，多个操作可同时发生或作为较大过程的内部部分发生。

[0084] 本发明可以是任何可能的技术细节集成度的系统、方法和/或计算机程序产品。计算机程序产品可包括其上具有用于使处理器执行本发明的各方面的计算机可读程序指令的计算机可读存储介质(或多个介质)。

[0085] 计算机可读存储介质可为可保留和存储供指令执行装置使用的指令的有形装置。计算机可读存储介质可以是，例如但不限于，电子存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备、或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储媒质的更具体示例的非穷尽列表包括以下各项：便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、数字通用盘(DVD)、记忆棒、软盘、诸如穿孔卡之类的机械编码设备或具有记录在其上的指令的槽中的凸出结构、以及上述各项的任何合适的组合。如本文所使用的计算机可读存储介质不应被解释为暂时性信号本身，例如无线电波或其他自由传播的电磁波、通过波导或其他传输介质传播的电磁波(例如，穿过光纤电缆的光脉冲)或通过电线发射的电信号。

[0086] 本文中所描述的计算机可读程序指令可以经由网络(例如，互联网、局域网、广域网和/或无线网络)从计算机可读存储介质下载到相应的计算/处理设备，或者下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光传输纤维、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配器卡或网络接

口接收来自网络的计算机可读程序指令,并转发计算机可读程序指令以存储在相应计算/处理设备内的计算机可读存储媒质中。

[0087] 用于执行本发明的操作的计算机可读程序指令可以是汇编指令、指令集架构(ISA)指令、机器指令、机器相关指令、微代码、固件指令、状态设置数据、集成电路的配置数据、或以一种或多种程序设计语言的任何组合编写的源代码或目标代码,这些程序设计语言包括面向对象的程序设计语言(诸如Smalltalk、C++等)和过程程序设计语言(诸如“C”程序设计语言或类似程序设计语言)。计算机可读程序指令可以完全地在用户计算机上执行、部分在用户计算机上执行、作为独立软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行或者完全在远程计算机或服务器上执行。在后一种情况下,远程计算机可通过任何类型的网络(包括局域网(LAN)或广域网(WAN))连接至用户计算机,或者可连接至外部计算机(例如,使用互联网服务提供商通过互联网)。在一些实施例中,包括例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列(FPGA)或可编程逻辑阵列(PLA)的电子电路可以通过利用计算机可读程序指令的状态信息来使电子电路个性化来执行计算机可读程序指令,以便执行本发明的各方面。

[0088] 下面将参照根据本发明实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和/或框图描述本发明。应当理解,流程图和/或框图的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合,都可以由计算机可读程序指令实现。

[0089] 这些计算机可读程序指令可被提供给计算机或其他可编程数据处理装置的处理器以产生机器,使得经由计算机或其他可编程数据处理装置的处理器执行的指令创建用于实现在流程图和/或框图的或多个框中指定的功能/动作的装置。也可以把这些计算机可读程序指令存储在计算机可读存储介质中,这些指令使得计算机、可编程数据处理装置、和/或其他设备以特定方式工作,从而,其中存储有指令的计算机可读存储介质包括包含实现流程图和/或框图中的或多个方框中规定的功能/动作的方面的指令的制造品。

[0090] 也可以把计算机可读程序指令加载到计算机、其他可编程数据处理装置、或其他设备上,使得在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行一系列操作步骤,以产生计算机实现的处理,使得在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行的指令实现流程图和/或框图中的或多个方框中规定的功能/动作。

[0091] 附图中的流程图和框图示出了根据本发明的不同实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现方式的架构、功能和操作。对此,流程图或框图中的每个框可表示指令的模块、段或部分,其包括用于实现指定的逻辑功能的一个或多个可执行指令。在一些备选实现中,框中标注的功能可以不按照图中标注的顺序发生。例如,连续示出的两个方框实际上可以作为一个步骤完成,同时、基本上同时、以部分或完全时间上重叠的方式执行,或者方框有时可以以相反的顺序执行,这取决于所涉及的功能。也要注意的是,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作或执行专用硬件与计算机指令的组合的专用的基于硬件的系统来实现。

[0092] 本文中使用的术语仅用于描述具体实施方式的目的,而并非旨在限制各种实施方式。如本文所使用的,除非上下文另有明确指示,否则单数形式“一个”、“一种”和“该”旨在也包括复数形式。还应当理解,当在本说明书中使用术语“包括”和/或“包含”时,其指定所述特征、整体、步骤、操作、元件和/或部件的存在,但不排除一个或多个其他特征、整体、步

骤、操作、元件、部件和/或其组合的存在或添加。在各个实施例的举例实施例的先前详细描述中,参考了附图(其中相同的数字表示相同的元件),附图形成描述的一部分,并且其中通过示例的方式示出了其中可以实践不同实施例的具体示例实施例。这些实施例被足够详细地描述以使得本领域技术人员能够实践这些实施例,但是在不脱离不同实施例的范围的情况下,可以使用其他实施例并且可以进行逻辑、机械、电气和其他改变。在先前的描述中,阐述了许多具体细节以提供对不同实施例的透彻理解。但是,不同实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在其他实例中,为了不使实施例模糊,未详细示出众所周知的电路、结构和技术。

[0093] 如本文所使用的,当参考项目使用“多个”时,是指一个或多个项目。例如,“多个不同类型的网络”是一个或多个不同类型的网络。

[0094] 当不同的参考数字包括后面跟着不同的字母(例如,100a、100b、100c)的公共数字或者后面跟着不同的数字(例如,100-1、100-2、或100.1、100.2)的标点时,仅使用没有字母或后面的数字(例如,100)的参考字符可以指代作为整体的元件组、该组的任何子集、或该组的示例样本。

[0095] 此外,当与一系列项目一起使用时,短语“至少一个”表示可以使用一个或多个所列项目的不同组合,并且可以仅需要列表中每个项目中的一个。换言之,“至少一个”意味着可以使用列表中的项目和多个项目的任何组合,但是不需要列表中的所有项目。项目可以是特定对象、事物或类别。

[0096] 例如,但不限于,“项目A、项目B或项目C中的至少一个”可包括项目A、项目A和项目B或项目B。该示例还可以包括项目A、项目B和项目C或者项目B和项目C。当然,可以存在这些物品的任何组合。在一些说明性实例中,“至少一个”可以是,例如但不限于,两个项目A;一个项目B;和十个项目C;四个项目B和七个项目C;或其他合适的组合。

[0097] 在本说明书中使用的词语“实施方式”的不同实例不一定指相同的实施方式,但是它们可以指相同的实施方式。在此示出或描述的任何数据和数据结构仅是示例,并且在其他实施例中,可以使用不同量的数据、数据类型、字段、字段的数量和类型、字段名称、行、记录、条目或数据组织的数量和类型。此外,任何数据可与逻辑组合,使得可能不需要单独的数据结构。因此,前面的详细描述不应被视为具有限制性意义。

[0098] 已经出于说明的目的呈现了本公开的不同实施例的描述,但并不旨在是详尽的或限于所披露的实施例。在不脱离所描述的实施例的范围的情况下,许多修改和变化对于本领域普通技术人员来说是显而易见的。这里使用的术语被选择来最好地解释实施例的原理、实际应用或对在市场中找到的技术的技术改进,或者使得本领域普通技术人员能够理解这里公开的实施例。

[0099] 虽然已经根据具体实施例描述了本发明,但是预期其变化和修改对于本领域技术人员将变得显而易见。因此,以下权利要求旨在被解释为覆盖落入本发明的范围内的所有此类改变和修改。

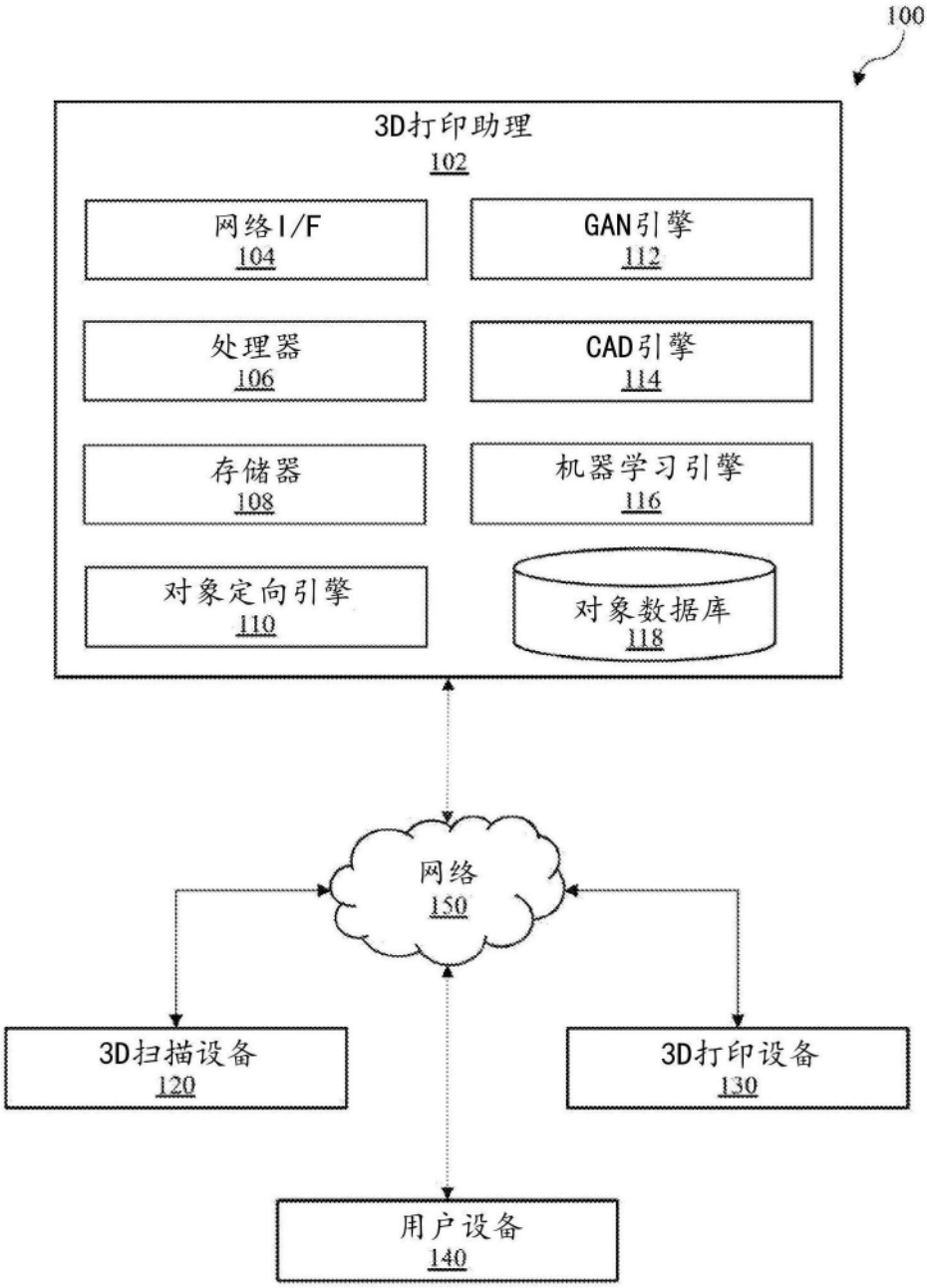

100
3D打印助理
102
网络I/F
104
GAN引擎
112
处理器
106
CAD引擎
114
存储器
108
机器学习引擎
116
对象定向引擎
110
对象数据库
118
网络
150
3D扫描设备
120
3D打印设备
130
用户设备
140

图1

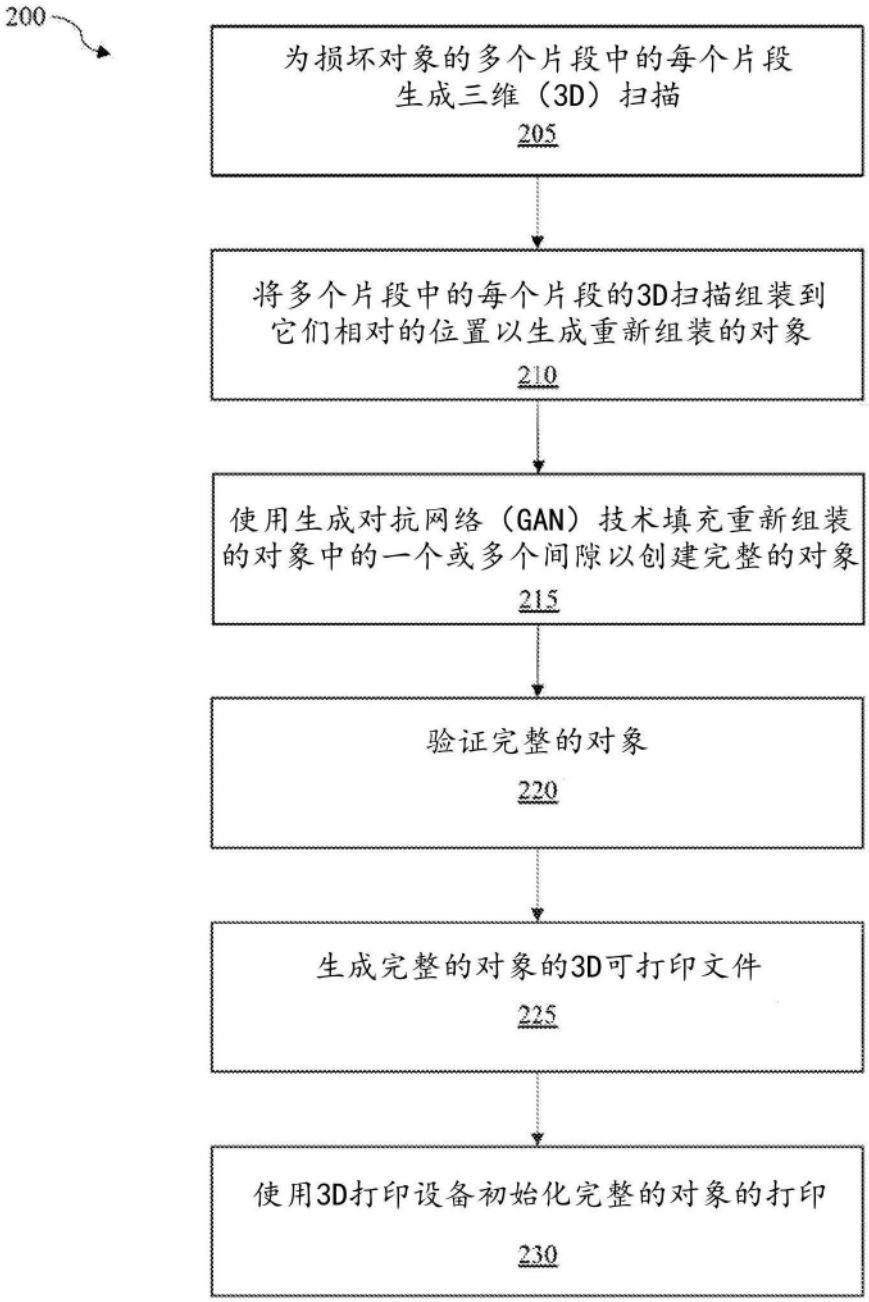

200
为损坏对象的多个片段中的每个片段生成三维（3D）扫描
205
将多个片段中的每个片段的3D扫描组装到它们相对的位置以生成重新组装的对象
210
使用生成对抗网络（GAN）技术填充重新组装的对象中的一个或多个间隙以创建完整的对象
215
验证完整的对象
220
生成完整的对象的3D可打印文件
225
使用3D打印设备初始化完整的对象的打印
230

图2

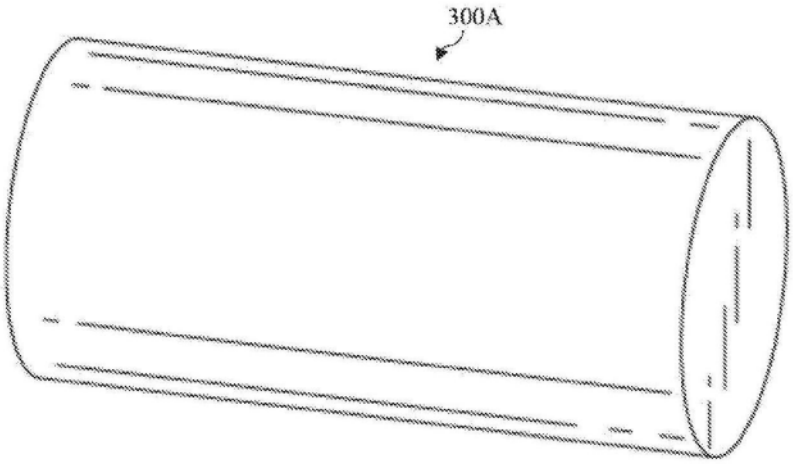


图3A

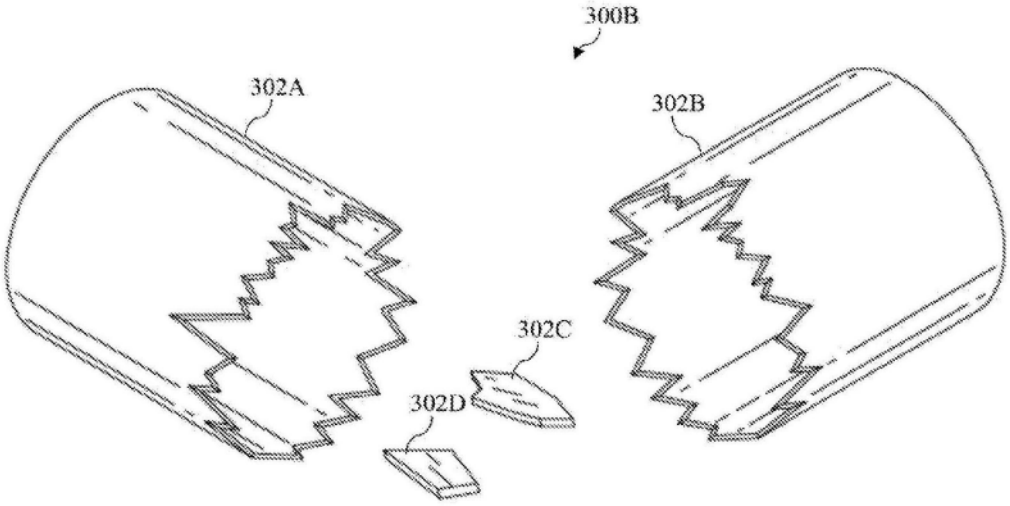


图3B

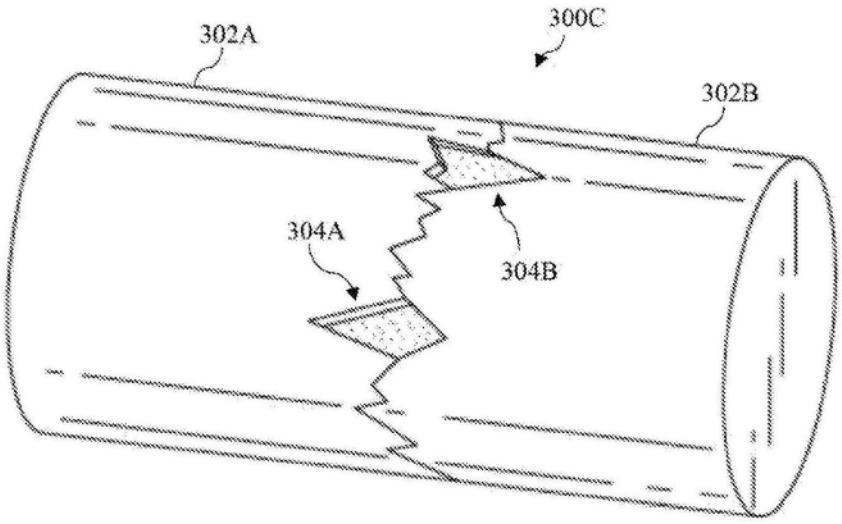


图3C

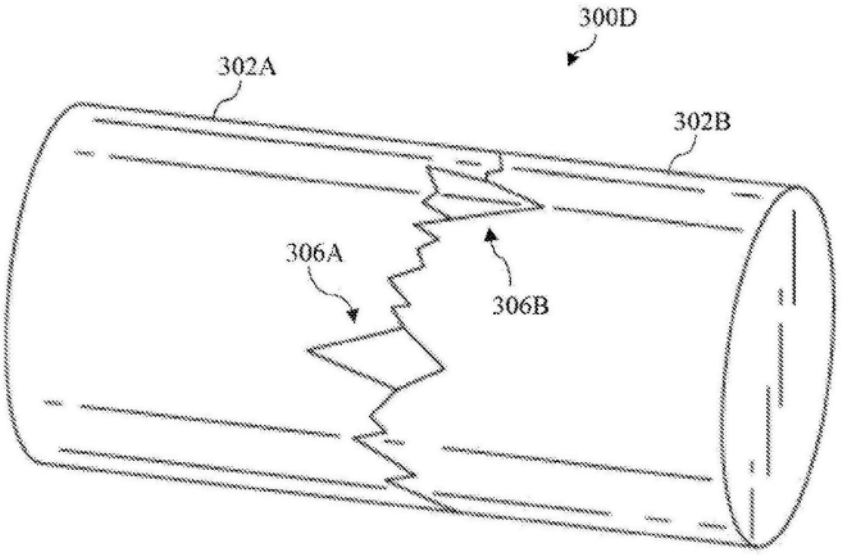


图3D

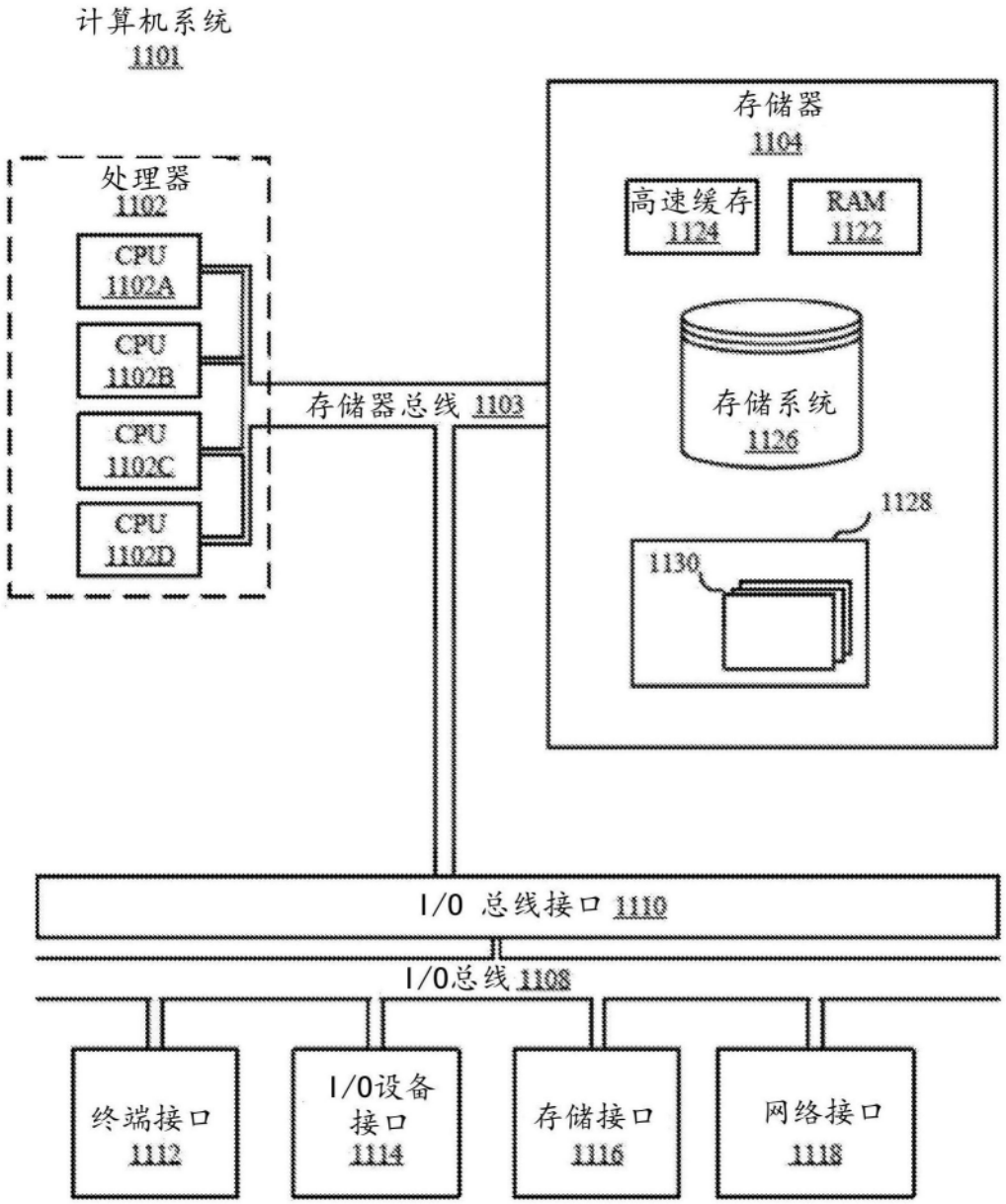

计算机系统
1101
处理器
1102
CPU
1102A
CPU
1102B
CPU
1102C
CPU
1102D
存储器总线 1103
存储器
1104
高速缓存
1124
RAM
1122
存储系统
1126
1128
1130
I/O 总线接口 1110
I/O总线 1108
终端接口
1112
I/O设备
接口
1114
存储接口
1116
网络接口
1118

图4

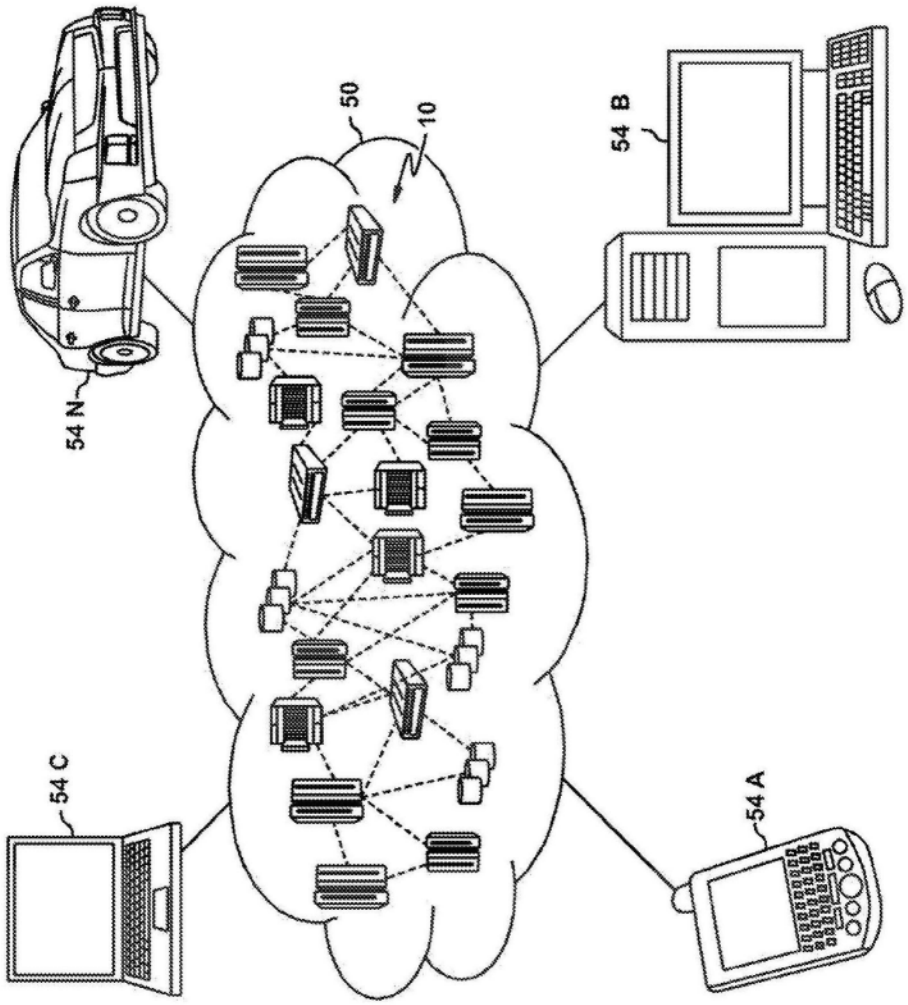


图5

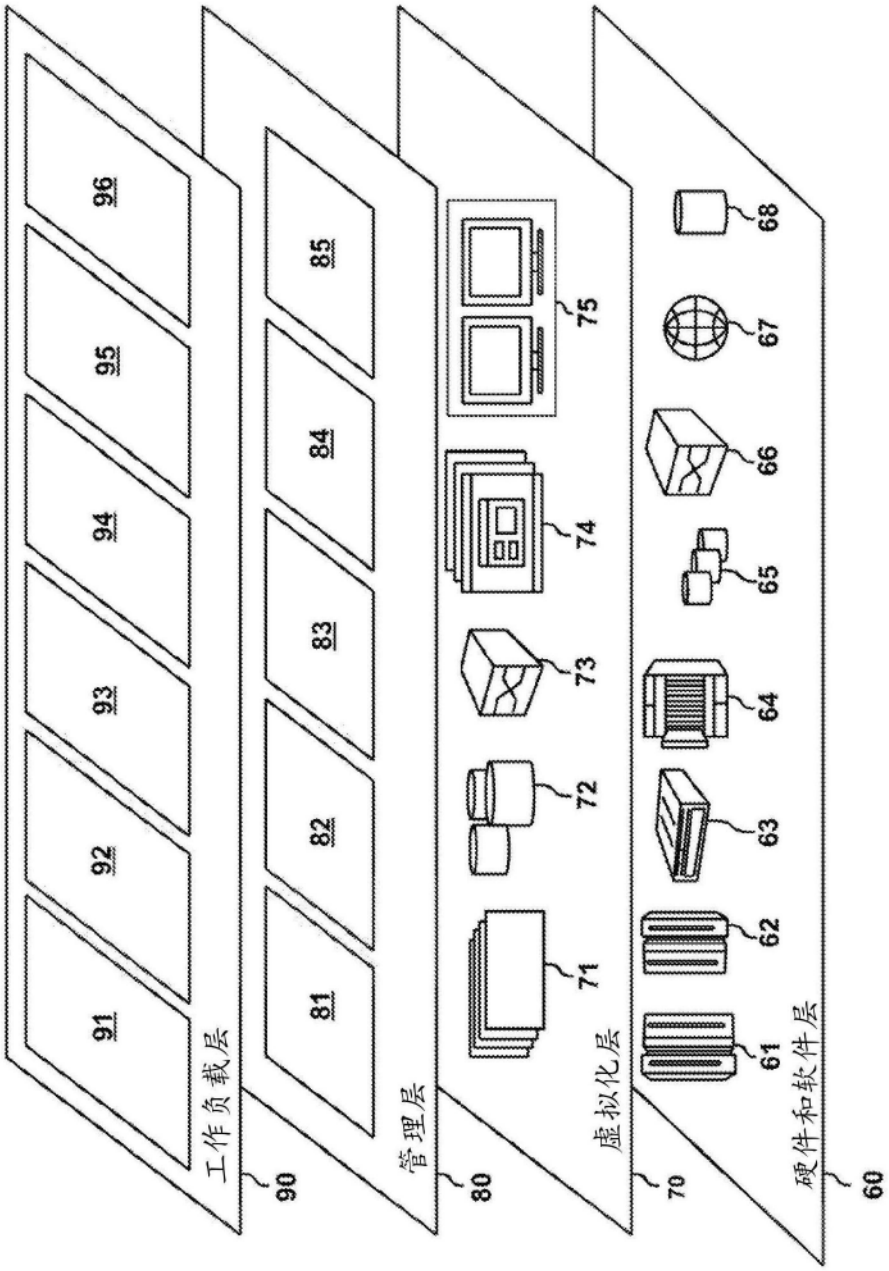

工作负载层
90
91
92
93
94
95
96
管理层
80
81
82
83
84
85
虚拟化层
70
71
72
73
74
75
硬件和软件层
60
61
62
63
64
65
66
67
68

图6