



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106981094 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 29

(21) 申请号 201610899270.X

(22) 申请日 2016.10.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106981094 A

(43) 申请公布日 2017.07.25

(30) 优先权数据
15306659.2 2015.10.16 EP

(73) 专利权人 达索系统公司
地址 法国韦利济-维拉库布莱

(72) 发明人 D·L·邦纳
A·奥图萨尔德尔卡斯蒂略
D·努艾斯

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002
代理人 刘瑜 王英

(51) Int.Cl.
G06T 17/20 (2006.01)
G06T 17/30 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 104933757 A, 2015.09.23
YUWEI MENG等.Computer aided clothing pattern design with 3D editing and pattern alteration.《COMPUTER AIDED DESIGN》.2012,第44卷(第8期),第721-734页.
LIU Y J等.A survey on CAD methods in 3D garment design.《COMPUTERS IN INDUSTRY》.2010,第61卷(第6期),第576-593页.
ALLa Sheffer等.ABF++:Fast and Robust angle based flattening.《ACM Transactions on Graphics》.2005,第24卷(第2期),ABF++:
Fast and Robust angle based flattening.

审查员 高航

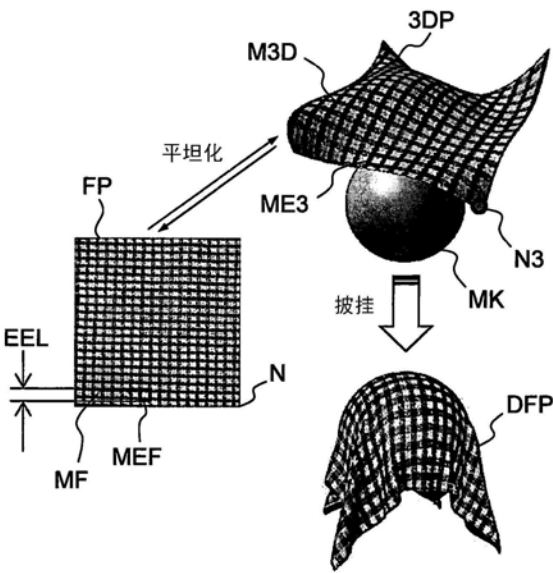
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

用于设计可制造服装的计算机实现的方法

(57) 摘要

一种用于设计可制造服装的计算机实现的方法,包括:a) 提供表示服装的三维形状,其被分割成一组三维面板(3DP);b) 对于每个所述三维面板,计算对应的平坦化图案(FP);c) 在所述三维面板和平坦化图案中的每个上定义网格(MF、M3D);以及d) 通过渐进地施加所述三维面板的每个网格元素(ME3)在与人体模型形状相符合的同时采用对应的平坦化图案的对应的网格元素(MEF)的维度(EEL)的约束,在三维人体模型(MK)上仿真对分割的三维形状的披挂。计算机程序产品、非易失性的计算机可读数据存储介质以及用于实施该方法的计算机辅助设计系统。该方法在真实服装制造上的应用。



1. 一种用于设计能够制造的服装的计算机实现的方法,包括如下步骤:
 - a) 提供表示服装的数字建模的三维形状 (FSG), 其被分割成一组三维面板 (3DP、3DP1、3DP2、3DP3、3DP4), 所述三维面板中的每个三维面板与平面形状同胚;
 - b) 针对所述三维面板中的每个三维面板, 计算对应的二维平坦化图案 (FP2、FP3), 并且定义在每个三维面板的点与所述对应的二维平坦化图案的点之间的双射;
 - c) 在所述三维面板和二维平坦化图案的每个上定义网格 (MF、M3D), 每个三维面板上的网格和所述对应的二维平坦化图案上的网格通过所述双射相关; 以及
 - d) 通过渐进地施加如下约束: 所述三维面板的每个网格元素 (ME3) 在与人体模型形状相符合的同时采用所述对应的二维平坦化图案的对应的网格元素 (MEF) 的维度 (EEL), 从而仿真在数字建模的三维人体模型 (MK) 上对所述数字建模的和分割的三维形状的披挂。
2. 如权利要求1所述的方法, 其中, 步骤a) 包括:
 - a1) 提供表示所述服装的数字建模的三维形状的子步骤;
 - a2) 将所述数字建模的三维形状分割成所述一组三维面板的子步骤。
3. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中, 步骤b) 是通过计算机利用从基于角的平坦化和最小二乘保角映射中选出的方法来自动实施的。
4. 如权利要求1或2中任一项所述的方法, 其中, 步骤b) 包括, 在所述二维平坦化图案的计算之后, 通过将共同长度或预定长度比施加到对应于两个相邻三维面板的接触侧边的、表示所述服装的接缝的二维平坦化图案的侧边 (S2、S3) 而使得它们变形的后处理子步骤。
5. 如权利要求4所述的方法, 其中, 所述后处理子步骤是通过在利用多点约束将长度值施加到所述图案中的每个图案的至少一个侧边的同时对所述二维平坦化图案中的至少一些二维平坦化图案的弹性变形进行仿真来执行的。
6. 如权利要求1或2中任一项所述的方法, 其中, 步骤c) 包括在所述三维面板中的每个三维面板上和二维平坦化图案中的每个二维平坦化图案上定义四边形网格 (MF、M3D)。
7. 如权利要求1或2中任一项所述的方法, 其中, 步骤c) 包括在所述二维平坦化图案中的每个二维平坦化图案上定义网格 (MF), 随后利用所述双射来在对应的三维面板上定义对应的网格 (M3D)。
8. 如权利要求1或2中任一项所述的方法, 其中, 步骤d) 是通过计算机利用对所述三维面板 (3DP) 的网格元素 (ME3) 的边缘的长度施加约束的基于约束的迭代求解器来自动实施的。
9. 如权利要求8所述的方法, 其中, 步骤d) 包括通过将每个所述三维面板 (3DP) 定位在表示所述服装的所述数字建模的三维形状 (FSG) 中的其原始位置来初始化所述基于约束的迭代求解器。
10. 如权利要求8所述的方法, 其中, 对所述三维面板 (3DP) 的网格元素 (ME3) 的边缘长度的所述约束是通过具有界限的长度间隔来表达的, 所述具有界限的长度间隔在接连的迭代上以渐进地迫使所述元素的边缘中的每个边缘采用所述对应的二维平坦化图案的对应边缘的长度 (EEL) 而被修正。
11. 一种用于设计能够制造的服装的装置, 包括用于实施根据权利要求1至10中任一项所述的方法的单元。
12. 一种包含使得计算机系统实施根据权利要求1至10中任一项所述的方法的计算机

可执行指令的非易失性的计算机可读数据存储介质 (M1-M4)。

13. 一种计算机辅助设计系统, 包括处理器和图形用户接口 (IF), 所述处理器与存储器耦合, 所述存储器存储使得所述计算机辅助设计系统实施根据权利要求1至10中任一项所述的方法的计算机可执行指令。

14. 一种制造服装的方法, 包括:

- 利用根据权利要求1至10中任一项所述的方法来设计所述服装的步骤; 以及
- 物理地制造所述服装的步骤, 包括切割和组装对应于平坦化的二维图案 (FP) 的平面图案。

15. 一种通过权利要求14所述的制造的方法获得的服装。

用于设计可制造服装的计算机实现的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及计算机辅助设计领域。更确切地,本发明涉及一种用于定义可制造服装的计算机实现的方法,可制造服装即能够通过将通常由织物或另一种适合的柔性材料例如皮革制成的有限数量的可展开的(可平坦化的)面板借助它们的边缘接缝在一起而获得的服装。本发明还关于计算机辅助设计(CAD)系统,计算机程序产品以及包含使得计算机系统实施该方法的计算机可执行指令的非易失性的计算机可读数据存储介质,以及制造服装的方法。

背景技术

[0002] 本发明适用于在真实世界制造的服装的设计以及用于集成到虚拟世界的例如在视频游戏或动画电影中的逼真的“虚拟”服装的设计。

[0003] 根据设计服装的常规方法,设计者从模型或人体模型所穿戴的服装的脑力表示或图形表示开始;然后他或她必须算出且设计一组平面图案,当所述一组平面图案被组装时,将产生期望的可视结果。然后制造原型,以及如果有必要,迭代地校正图案设计。该方法是劳动密集的、冗长的且要求来自设计者的重要的技能和经验。

[0004] 下文中,词语“图案”将指代一片织物、皮革或其它适合于用于制造服装的柔性材料。服装最经常是通过将多个图案按它们的边缘组装在一起来制造的。图案通常被视为二维的,因为它们是可展开的(它们能够平铺到平面上)并且相对于它们的其它维度它们的厚度是可忽略的(小至少两个数量级)。

[0005] 已知的计算机辅助设计技术对于服装设计者提供了一些帮助。

[0006] 例如,诸如MarvelousDesigner(www.marvelousdesigner.com)的软件工具要求用户设计一组平坦图案,将它们绕着人体模型或化身(即,人体的虚拟表示)进行布置且手动定义它们之间的接缝。然后,软件组装图案并且将它们披挂到人体模型上,提供了原型的三维数字模型。用户必须仍在衣服设计领域具有相当的经验从而能够构思出适合形成具有所要求的三维形状的服装的一组平坦图案;甚至在该情况下,他或她的创造力会在很大程度上被约束于能够容易设计的适合的图案的服装形状。而且,围绕人体模型手动布置图案以及定义接缝是费力且耗时的操作,并且在服装实际上处于借助物理力(重力、风力)披挂到人体模型上的位置之前,它们要求通过CAD系统来执行“接缝闭合”阶段。接缝闭合阶段会有问题且成本高,因为其涉及到很大的力将接缝合拢。此外,在仿真算法中,这涉及到从纯粹是人工(重力通常被关断)的“接缝闭合”阶段到物理上现实的“披挂”阶段的过渡。

[0007] Optitex有限公司的“3D平坦器”软件工具允许用户围绕人体模型绘制三维面板,然后将三维面板转换成平坦图案。这仅适合于诸如内衣或泳衣的紧身服装的设计。

[0008] 多篇学术文章披露了描绘服装的三维数字模型的略图的方法,但没有强制施加可制造性约束。换言之,不能确保通过应用这些方法所获得的虚拟服装能够分解成可展开面板。因此,它们在设计现实世界中要制造的服装方面用途不大,在虚拟现实应用中,它们会导致设计出不真实的虚拟服装。参见例如:

[0009] -Zahraa Yasseen,Ahmad Nasri,Pascal Volino,Nadia Magnenat-Thalmann,Wajih Boukaram,“Towards Sketched-Based Garment Design and Animation(基于描绘略图的服装设计和动画)”,Computer Graphics International,Conference,2010年6月,新加坡。

[0010] -Emmanuel Turquin,Marie-Paule,Cani,John Hughes,“Sketching garments for virtual characters(描绘用于虚拟人物的服装略图)”,John F.Hughes和Joaquim A.Jorge,Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling,2003年12月,法国,格勒诺布尔。

[0011] -Emmanuel Turquin,Jamie Wither,Laurence Boissieux,Marie-Paule Cani,John F.Hughes.“A sketch-based interface for clothing virtual characters”.IEEE Computer Graphics and Applications,电气电子工程师协会(IEEE),2007,27(1),pp.72-81。

[0012] -Yu-lei Geng,Jin Wang,Guo-dong Lu,Zheng Liu,Gang Chen,“Sketch based garment modeling on an arbitrary view of a 3D virtual human model”,浙江大学学报SCIENCE C,2011年3月,第12卷,第3期,pp 195-203。

发明内容

[0013] 本发明旨在克服上述现有技术的局限性。更确切地,本发明旨在提供一种CAD工具,其允许对服装的完整设计,以使得能够对服装在虚拟世界进行仿真,也能在真实世界进行制造,允许设计者能够在虚拟世界上进行多次披挂迭代,并且仅当他或她对于设计是好的设计有足够信心时才投入真实原型或系列运行。因为不能猜测虚拟世界服装的哪次迭代将被认为足以用于真实世界制作,所以每次迭代应当产生一组有效可制造二维(2D)图案。

[0014] 下文中,“三维”对象将是一种对象或者其数字模型,其允许进行三维表示,允许从所有角度观看零件。

[0015] 本发明通过允许设计者提供对服装建模的自由形态三维(3D)形状来解决该问题,利用或者不利用分解成衣物面板的指示,通过自动生成一组可制造(以及因此2D)衣物图案以及通过对诸如人体模型的支撑物执行披挂仿真,直接参考3D建模的服装,而无需借助于平坦图案围绕支撑物的定位来初始化披挂过程。

[0016] 从创造性的设计视角,本发明的方法从服装设计的先前知识中解放;设计者能够在纯粹审美原则上追踪3D表面,并且通过反复试验来发现其是否转换成令人满意的缝制服装。例如,如果设计者以在一个给定面板内存在强的双曲率(即,面板既不可展开,又不“几乎可展开”,即,以小的变形可平坦)的方式来追踪形状,则系统将产生其中有许多折皱的披挂形状,这些折皱由于不可能在没有强的变形的情况下将双曲率平坦化而自然地干涉;效果可能被判定为令人不悦,或者相反,可能极其令人愉悦。该系统不限制设计者,但是相反允许他或她设计任何事物,并且从功能和审美的角度查看其是否有意义。而且,在披挂之前对面板的费力的定位被消除,并且通过使得接缝闭合阶段不必要而提高了计算效率,这是因为衣物面板在闭合接缝布局中进行初始化。

[0017] Melina Skouras,Bernhard Thomaszewski,Peter Kaufmann,Akash Garg,Bernd Bickel,Eitan Grinspun,Markus,Gross的文章“Designing Inflatable Structures”,ACM

Conference on Computer Graphics&Interactive Techniques (SIGGRAPH) 2014—8月10-14日,2014,其中公开了一种自动设计一组平坦图案的方法,该组平坦图案形成可充气结构,其形状一旦充气就尽可能接近目标。然而,该问题显著不同于服装设计。作用于服装上的主要力是重力,重力没有足够强来引入显著的变形,因此形成服装的织物图案仍是准可展开的;然而,在可充气结构中,压力高,产生了大面积的双曲率(即,非可展开)。而且,褶皱(即,折叠行为)对于服装是重要的,但是限于可充气结构中的小区域。而且,设计可充气结构旨在尽可能精确地复制目标三维形状,而服装设计考虑到两种不同的参考形状:设计者所想象的自由形状以及服装将要披挂到上面的人体模型。

[0018] 本发明的目的,允许实现该目标的是用于设计可制造服装的计算机实现的方法,包括如下步骤:

[0019] a) 提供表示服装的数字建模的三维形状,分割成一组三维面板,所述三维面板中的每个与平面形状同胚(homeomorphic);

[0020] b) 对于所述三维面板中的每个,计算对应的二维平坦化图案,并且在每个三维面板的点与对应的二维平坦化图案的点之间定义双射;

[0021] c) 在所述三维面板中的每个和二维平坦化图案上定义网格,每个三维面板上的网格和对应的二维平坦化图案上的网格通过所述双射相关;以及

[0022] d) 通过渐进地施加这样的约束:所述三维面板的每个网格元素在与人体模型形状相符合的同时采用对应的二维平坦化图案的对应的网格元素的维度,在数字建模的三维人体模型上仿真所述数字建模的和分割的三维形状的披挂。

[0023] 根据该方法的特定的实施例:

[0024] -步骤a) 可以包括:

[0025] a1) 提供表示所述服装的数字建模的三维形状的子步骤;

[0026] a2) 将所述数字建模的三维形状分割成所述一组三维面板的子步骤。

[0027] -步骤b) 可以通过计算机利用从基于角的平坦化和最小二乘保角映射中选出的方法来自动实施。

[0028] -步骤b) 可以包括,在计算所述二维平坦化图案之后,通过将共同长度或预定长度比施加到对应于两个相邻三维面板的接触侧边的、表示所述服装的接缝的二维平坦化图案的侧边而使得它们变形的后处理子步骤。

[0029] -所述后处理子步骤可以是在利用多点约束将长度值施加到所述二维平坦化图案中的每个的至少一个侧边的同时通过仿真所述二维平坦化图案中的至少一些的弹性变形来执行的。

[0030] -步骤c) 可以包括在所述三维面板和二维平坦化图案中的每个上定义四边形网格。

[0031] -步骤c) 可以包括在所述二维平坦化图案中的每个上定义网格,随后利用所述双射在对应的三维面板上定义对应的网格。

[0032] -步骤d) 可以通过计算机利用基于约束的迭代求解器对所述三维面板的网格元素的边缘的长度施加约束来自动实施。

[0033] -步骤d) 可以包括通过将每个所述三维面板定位在表示服装的数字建模的三维形状中的其原始位置来初始化所述基于约束的迭代求解器。

[0034] -对所述三维面板的网格元素的边缘长度的所述约束可以是通过在接连的迭代上以渐进地迫使所述元素的边缘中的每个采用对应的二维平坦化图案的对应边缘的长度而修正的具有界限的长度间隔来表达的。

[0035] 本发明的另一目的是一种存储在非易失性计算机可读数据存储介质上的计算机程序产品,包括使得计算机系统实施该方法的计算机可执行指令。

[0036] 本发明的另一目的是一种包含使得计算机系统实施该方法的计算机可执行指令的非易失性的计算机可读数据存储介质。

[0037] 本发明的另一目的是一种计算机辅助设计系统,包括处理器和图形用户接口,所述处理器与存储器耦合,所述存储器存储使得计算机辅助设计系统实施该方法的计算机可执行指令。

[0038] 本发明的另一目的是一种制造服装的方法,包括:

[0039] -利用根据如上的方法来设计所述服装的步骤;以及

[0040] -物理地制造所述服装的步骤,包括切割和组装对应于平坦化的二维图案的平面图案。

[0041] 本发明的另一目的是一种通过所述制造方法获得的服装。

附图说明

[0042] 本发明的附加的特征和优点将根据后续的说明结合附图而变得显而易见,在附图中:

[0043] -图1a至1e图示出根据本发明的实施例的方法的不同步骤;

[0044] -图2是该方法的流程图;以及

[0045] -图3和图4是根据本发明的实施例的适合于实施方法的相应的计算机系统的框图。

具体实施方式

[0046] 如图1a、图1b和图2所示,本发明的方法通过向CAD系统提供表示服装的数字建模的3D形状FSG而开始(在图2的流程图上步骤a、子步骤a1)。形状是“自由的”,即,其无需受到任何特定的可制造性要求的约束。使用例如在上面参考的Zahraa Yasseen等人、Emmanuel Turquin等人、Yu-lei Geng等人的文章描述的技术中的一个,所述形状可由用户在适当的化身上、或者在数字建模的3D人体模型MK上描绘略图。可替代地,所述形状还可以连同“穿戴”它的人体模型一起从数据库或任何其它源导入。

[0047] 自由3D形状FSG可以是已经分割的,或者不是已经分割的。在后者的情况下,存在两种可能:用户可被提示以手动执行分割,通过使用适当的交互式图形工具(本身已知);或者CAD系统可以自动地执行分割(子步骤a2),优选地为用户提供修正自动产生的分割的可能性。现有技术中已知多种自动分割技术,参见例如:

[0048] -David Bommes等人,“Integer-Grid Maps for Reliable Quad Meshing”, Computer Graphics Forum (Proc. Eurographics 2005), 24 (3): 581-590, 其生成4边面板; 以及

[0049] -Dan Julius等人“D-Charts: Quasi-Developable Mesh Segmentation”,

Eurographics 2005 Volume 24 (2005), Number 3, 其以规则的方式将3D表面瓦片化(tile)。

[0050] “分割”意指将3D形状分解成一组区域或面板,它们与平面或者更一般地与可能包含孔的平面图同胚。所得到的面板不一定是可展开的,即,它们可能不能在没有扭曲的情况下在平面上平坦化;因此,它们本质上是三维对象。相邻的3D面板具有接触的侧边,接触的侧边代表了所制造的服装的接缝。图1b表示出分割的图1a的自由3D形状FSG;面板中的一些由附图标记3DP1、3DP2、3DP3、3DP4来标识。其它构成的面板在图中不可见。

[0051] 通过CAD系统执行的通常称为“参数化求解器”的软件模块所实现的后续步骤(步骤b、子步骤b1)构成了将3D面板平坦化,以获得对应的可制造衣物图案;它们可以视为二维(2D),即使它们沉浸在3D虚拟空间中,因为它们是平面的。更确切地,该步骤包括,对于所述三维面板中的每个,计算对应的二维平坦化图案,以及定义每个3D面板的点与对应的二维平坦化图案的点之间的双射。平坦化的图案不能取代对应的3D面板并且它们无需具有任何定义的彼此之间的或者与人体模型之间的空间关系。图1c示出了对应于3D面板3DP2的平坦化图案FP2’。

[0052] 多种平坦化算法是本领域已知的并且可应用于本发明;它们通常基于通过将变形尽可能均匀地分布来使得3D面板变形的原理。可以举出,例如ABF++算法(旧版ABF方法,即基于角的平坦方法的改进版本),描述于Alla Sheffer, Bruno Lévy, Maxim Mogilnitsky和Alexander Bogomyakov的文章“ABF++:Fast and Robust Angle Based Flattening”, ACM Transactions on Graphics (TOG), 第24卷第2期, 2005年4月, 第311-330页。另一适合的方法是LSCM(最小二乘保角映射(Least Square Conformal Maps)),其允许来自用户的手动干预;参见Bruno Lévy, Sylvain Petitjean, Nicolas Roy和**Jérôme** Maillot, 的文章“Least Squares Conformal Maps for Automatic Texture Atlas Generation”, ACM Transactions on Graphics (TOG) -Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, 第21卷第3期, 2002年7月。

[0053] 这些方法要求在面板上定义网格,其通常是三角形的。

[0054] 如上所述,相邻的3D面板具有接触的侧边,接触的侧边代表了制造服装的接缝(面板不一定具有多边形边界,因此“侧边”广义地定义为面板边界的与相同的不同面板相邻的部分,或者其是服装的边界的部分)。这些接触的侧边必然具有相同的长度,或者至少它们的长度之间有固定的关系(例如,在泡泡袖的情况下);但是该关系通常在平坦化期间丢失。然后,要求后处理(图2的流程图上的子步骤b2)来强制执行该关系,并且因此来获得匹配的接缝。图1d示出了两个2D面板FP2’、FP3’,是通过分别将两个相邻的3D面板3DP2和3DP3平坦化而获得的。这些2D图案具有相应的侧边S2’和S3’,它们应当形成接缝,但是在平坦化步骤之后,不再兼容(即,具有不同的长度)。后处理步骤将两个2D图案变形而强制执行这些侧边的兼容性;附图标记FP2、FP3指代变形后的2D图案以及S2、S3指代使得兼容的侧边;更精确地,这些侧边具有长度为S2’、S3’长度的平均值。当然,存在其它可能性,例如,图案中的仅一个可以变形。应当理解,图1d示出了通过改变单个侧边的长度而使其兼容的两个图案,为说明的原因经过度简化。在多数情况下,多个平坦化的图案将不得不彼此兼容;因此,对于图案中的至少一些,需要同时修正多个侧边的长度。

[0055] 当按照被选定为强制执行兼容性条件的因素来伸展或收缩2D图案的侧边中的一个或多个时,后处理步骤可以通过仿真具有2D图案的初始形状的弹性膜的变形来执行。例

如,可以通过有限元方法来执行仿真,其要求在平坦化图案上定义网格;可能的是使用已经被定义为实施平坦化的相同的网格。然而,如果不得不同时伸展或收缩多个侧边,则它们的位置不能呈现为固定的。可能的是,通过应用所谓的“多点约束”(MPC)来解决该问题,其在网格的节点与自由度之间建立了关系。MPC方法描述于例如R.D.Cook,D.S.Malkus M.E.Plesha R.J.Witt Concepts and Applications of Finite Element Analysis,第4版,Wiley(2001年10月17日)。

[0056] 更确切地,可能的是如下进行:

[0057] -对于要伸展或收缩的每个侧边,选定“主”点。主点可以是尺寸的质心,其不一定属于侧边本身。

[0058] -侧边的长度是通过应用以主点作为的其中心同位变换(homothetic transformation)来改变的。

[0059] -伸展的或收缩的侧边的点随后被处理为在图案的平面内自由移动的刚性体,即,具有三个自由度,两个平移以及一个旋转。以及通过伸展或收缩来改变侧边的长度,该机制还允许对侧边施加某2D形状:例如,其可以要求2D形状是例如直线。

[0060] -一旦一个或多个侧边的形状已经被施加,则通过固定点PF的位置(其消除了两个平移自由度)以及轴线的定向(其消除了旋转自由度)来实现的图案的自由体运动的消除。轴线的定向通常是通过在图案中选择尽可能远离X轴线上的PF的节点来固定的,以及固定其Y坐标,或者相反地,选择Y上的远点以及固定其X坐标。通过固定远离另一坐标上的固定点的一点的一个坐标,限制了通过这两个点延伸的轴线。然后,计算图案的变形,例如通过最小化弹性变形能量,同时应用这些约束。

[0061] 可替代地,可能的是在平坦化操作本身期间对侧边长度施加约束。

[0062] 然后,(图2上的步骤c),在每个平坦图案上定义网格,并且通过在步骤b确定的双射关系,在每个对应的3D面板上定义网格(其也可以从其他方式反向进行)。优选地,该网格与已经用于平坦化面板和/或施加兼容性约束的网格不相同:虽然三角形网格经常对于实施步骤b或者至少子步骤b2是优选的,在步骤c定义的网格优选地为四边形。对于该特定的问题,在边缘长度约束用于对有限的边缘可扩展性进行建模的情况下,由于以下两个主要原因四边形网格相对于三角形网格是优选的:

[0063] -三角形网格导致过约束问题,而四边形网格平均每个顶点留有一个自由度,允许其横向运动;

[0064] -四边形网格更好地表示出布料的经纬,使得数学模型更接近物理现实。

[0065] 图1e图示出该步骤c以及后续的步骤d。为了简化的原因,仅考虑单一平坦化图案FP和对应的3D面板3DP的情况;而且,人体模型MK由简单圆形来表示。在该图上,附图标记MF和MEF指示平坦化图案的网格和网格元素,而M3D和ME3指代3D面板上的网格和对应的网格元素;DFP指代披挂的平坦化图案。

[0066] 然后,使用在步骤c)定义的网格,对数字建模且分割的3D“自由”形状FSG披挂到人体模型MK上进行仿真。重要的是,在披挂过程中,强制三维面板的每个网格元素ME3在与人体模型形状相符合的同时采用对应的2D图案的对应的网格元素MEF的维度(例如,边缘长度EEL,在图1e上)。因此,在披挂步骤结束时,3D面板已经变得维度上等同于平坦化图案,且因此是可展开的。而且,它们已经被组装而形成可制造服装,其披挂经过真实地仿真。

[0067] 该步骤(在图2的流程图上标记为d)可以实现如下。

[0068] 对于四边形网格的每个节点N,在平坦化图案中标识出包容三角形T。然后,N在T中的重心坐标被计算出(这些是三角形内的标准坐标, $a+b+c=1$)且随后与网格元素ME3的对应的3D位置相乘以求得N3,其为N在非平坦化面板的3D空间内的图像。因此,3D图像节点N3位于(非可展开)形状FSG上。然后,利用已知的算法进行披挂,同时渐进地施加所述三维面板的每个网格元素ME3在仿真后的重力场的作用下与人体模型形状相符合的同时采用对应的2D图案的对应的网格元素MEF的维度(例如,网格元素EEL的边缘的长度)的约束。

[0069] 可利用CAD系统执行的基于约束的迭代求解器来实施披挂仿真,例如通过实现在Rony Goldenthal,David Harmon,Raanan Fattal,Michel Bercovier和Eitan Grinspun的文章“Efficient Simulation of Inextensible Cloth”,ACM Transactions on Graphics (TOG) -Proceedings of ACM SIGGRAPH 2007第26卷第3期,2007年7月中所描述的方法。该方法通过对布料模型的网格元素的边缘的长度施加维度约束来仿真不可延展的布料(而其他披挂算法要求一定量的弹性,即使其是非物理的)。有益地,步骤d使用该方法的修正版本,其中“严格的”维度约束由间隔来取代:在迭代仿真的每次迭代中,每个元素边缘的长度必须保持在预定间隔 $[L_{\min}, L_{\max}]$ 内;每当边缘长度离开该范围时,施加约束以使其到该间隔的较近的边缘,参见Adrian Rony Goldenthal的博士论文“Implicit Treatment of Constraints for Cloth Simulation”,耶路撒冷希伯来大学,2010年3月。

[0070] 在本发明的方法的步骤d中,间隔的宽度可以在仿真期间渐进地缩窄,从而使得每个边缘元素的长度朝向其目标值。

[0071] 在披挂结束时,获得了这样的服装:其尽可能地接近原始设计的服装(FSG),同时完全可制造且因此在布料的物理本质方面是现实的。有趣的是,本发明的方法同时提供了成品服装、对应的一组平坦图案以及定位和缝制信息的真实表示(即,有关图案应当如何围绕人体模型定位以及侧边应当如何缝制在一起的信息)。

[0072] 如果服装设计者满意披挂仿真的结果,则服装可直接生产(和/或其数字模型可以用于计算机图形或虚拟现实应用)。否则,他/她可以继续迭代,通过修正自由形状FSG以及再次执行整个方法。可替代地,他/她能够直接修改平坦化图案以及直接看到在最终服装上的效果,可能利用不同的、更常规的设计工具。

[0073] 本发明的方法能够通过适当编程的通用计算机或计算机系统来执行,可能包含计算机网络、将适合的程序以非易失性的形式存储在诸如硬盘、固态磁盘或CD-ROM的计算机可读介质上并且利用其微处理器和存储器来执行所述程序。

[0074] 参考图3来描述适合于实施根据本发明的示范性的实施例的方法的计算机,更确切地为计算机辅助设计台。在图3中,计算机包括中央处理单元(CPU)PR,其执行上述的过程。该过程可以作为可执行程序,即,一组计算机可读指令,存储在存储器中,诸如RAM M1或ROM M2,或者硬盘驱动器(HDD)M3,DVD/CD驱动器M4,或者可以远程地存储。人体模型或化身数据库,即采用适合于由根据本发明的方法的可执行程序来处理的形式的人体模型或化身的数字模型的集合,也可存储在存储器设备M1至M4中的一个或多个上,或者远程地存储。采用准备号由用户修改的自由3D形状的形式的数据模型的数据库,也可以存储在一个或多个所述存储器设备上。

[0075] 要求保护的发明不受限于其上存储有本发明的过程的计算机可读指令和/或数据

库的计算机可读介质的形式。例如,指令和数据库可以存储在CD、DVD、闪速存储器、RAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、硬盘或计算机辅助设计台能与其通信的任何其他信息处理设备,诸如服务器或计算机。程序和数据库能够存储在同一存储器设备上或不同的存储器设备上。

[0076] 此外,适合于实施本发明的方法的计算机程序能够被提供作为实用的应用、背景后台程序(background daemon)或操作系统的组件、或者它们的组合,它们与CPU PR和诸如Microsoft VISTA、Microsoft Windows 7、UNIX、Solaris、Linux、Apple MAC-OS和其它本领域技术人员已知的系统的操作系统相结合地执行。

[0077] CPU PR可以是来自美国英特尔的Xeon处理器或者来自美国AMD的Opteron处理器,或者可以是其它处理器类型,诸如来自美国Freescale公司的Freescale ColdFire、IMX、或ARM处理器。可替代地,CPU可以是诸如来自美国英特尔公司的Core2Duo的处理器,或者可以实现在FPGA、ASIC、PLD上或使用离散逻辑电路实现,这是本领域普通技术人员将理解的。此外,CPU可以实现为协同工作以执行上述本发明的过程的计算机可读指令的多个处理器。

[0078] 图3中的计算机辅助设计台还包括网络接口NI,诸如来在美国英特尔公司的英特尔的以太网PRO网络接口卡,用于与网络相接,网络诸如为局域网(LAN)、广域网(WAN)、因特网等。计算机辅助设计台还包括显示控制器DC,诸如来自美国的NVIDIA公司的NVIDIA GeForce GTX图形适配器,用于与显示器DY相接,诸如惠普的HPL2445w LCD监视器。通用I/O接口IF接口具有键盘KB和定点设备PD,诸如滚动球、鼠标、触摸板等。显示器、键盘和定点设备连同显示控制器和I/O接口一起形成了图形用户接口。

[0079] 磁盘控制器DKC将HDD M3和DVD/CD M4与通信总线CBS连接,通信总线可以是ISA、EISA、VESA、PCI、或类似物,用于将计算机辅助设计台的全部组件互连。

[0080] 在此,为了简要省略了对显示器、键盘、定点设备、以及显示控制器、磁盘控制器、网络接口和I/O接口的一般特征和功能的描述,因为这些特征是已知的。

[0081] 图4是适合于实施根据本发明的不同的示范性的实施例的方法的计算机系统的框图。

[0082] 在图4中,可执行程序EXP、化身或人体模型数据库ADB和服装数据库GDB存储在与服务器SC连接的存储器设备上。存储器设备和服务器的总的体系结构可与上文参考图3所述的相同,除了显示控制器、显示器、键盘和/或定点设备可以在服务器中省去之外。

[0083] 服务器SC则经由网络NW连接到管理者系统ADS和终端用户计算机EUC。

[0084] 管理者系统和终端用户计算机的总的体系结构可以与上文参考图3讨论的相同,除了管理者系统和终端用户计算机的存储器设备不存储可执行程序EXP、人体模型数据库ADB和服装数据库GDB之外。然而,终端用户计算机确实存储设计用于与服务器的可执行程序协作的客户端程序,如下文将论述的。

[0085] 能够理解的是,网络NW可以是公共网,诸如因特网,或者私有网,诸如LAN或WAN网络,或者其任意组合,并且还可以包括PSTN或ISDN子网。网络NW还能够是有线的,诸如以太网网络,或者可以是无线的,诸如蜂窝网络,包括EDGE、3G和4G无线蜂窝系统。无线网还可以是Wi-Fi、蓝牙或任何其它已知的无线形式的通信。因此,网络NW仅是示范性的,绝不限本发明的范围。

[0086] 存储在终端用户计算机的存储器设备中且由终端用户计算机的CPU执行的客户端程序经由网络NW来访问服务器上的人体模型和服装数据库。这允许终端用户从相应的数据库中选择人体模型,以及可能选择表示服装的自由3D形状,以及如果需要则修正它们。可替代地,用户可以仅选择人体模型并且在该人体模型上描绘自由3D形状的略图。服务器执行如上文参考图1a至1e和图2所描述的处理,然后再次利用网络NW将平坦化的图案和披挂的可制造服装模型传输到终端用户计算机。

[0087] 虽然仅示出了一个管理者系统ADS以及一个终端用户计算机EUC,但是系统可以支持任意数量的管理者系统和/或终端用户系统,而不受限制。类似地,多个服务器、化身数据库和服装图案数据库也可以实现在系统中,而不偏离本发明的范围。

[0088] 在本文所述的流程图中的任何过程、描述或框图应当理解为表示代码的模块、段或部分,其包括用于实现过程中的具体的逻辑功能或步骤的一个或多个可执行指令,并且可替代的实现方式包含在本发明的示范性的实施例的范围之内。

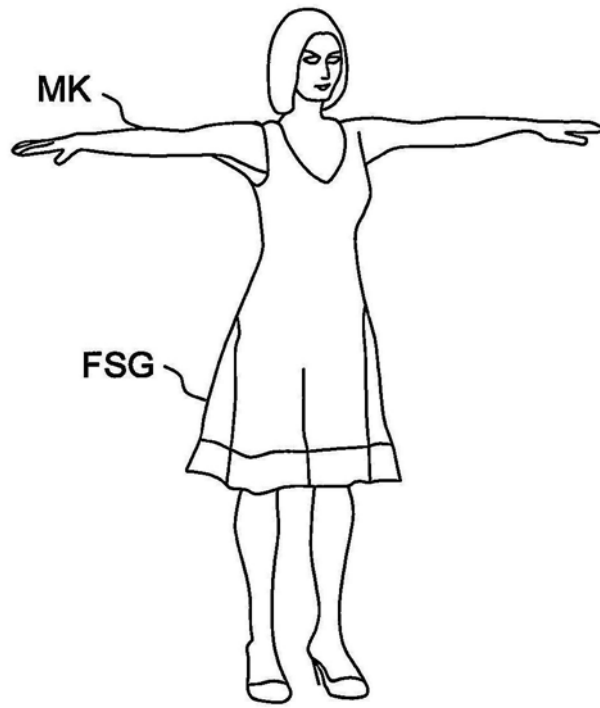


图1a

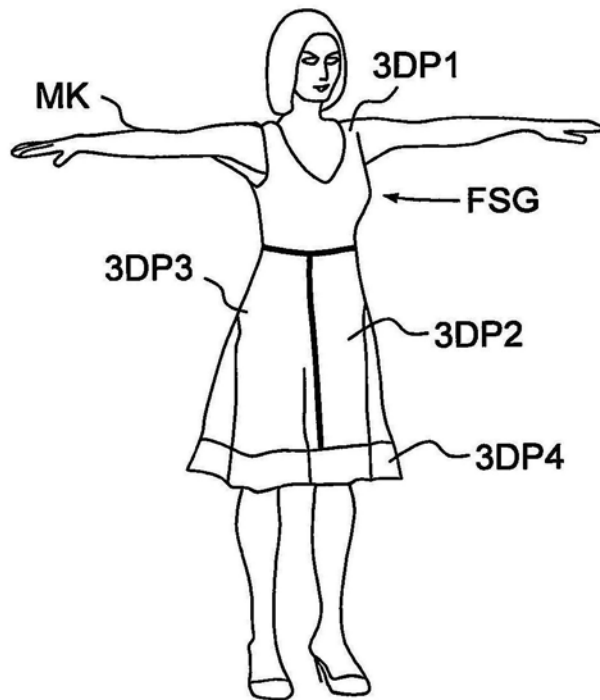


图1b

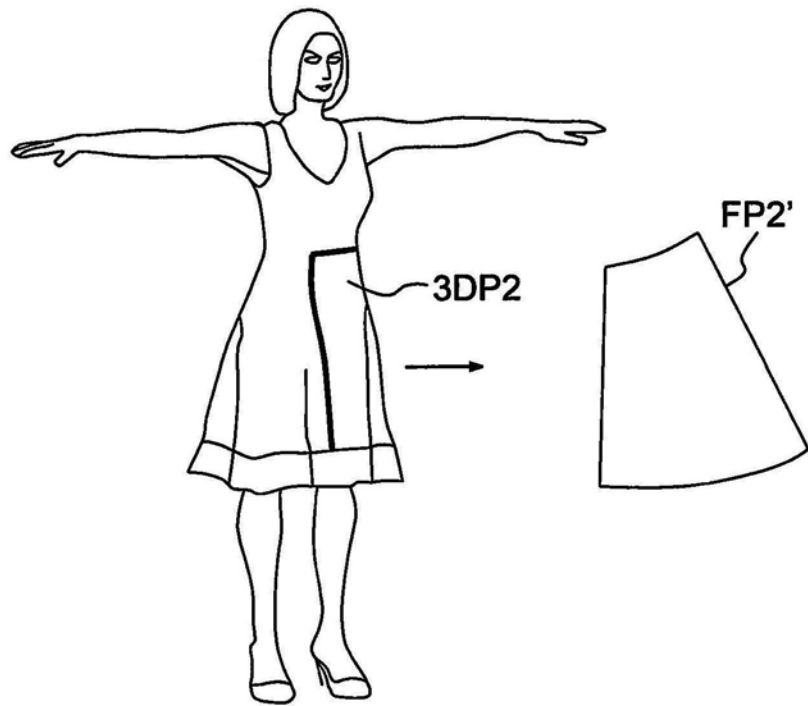


图1c

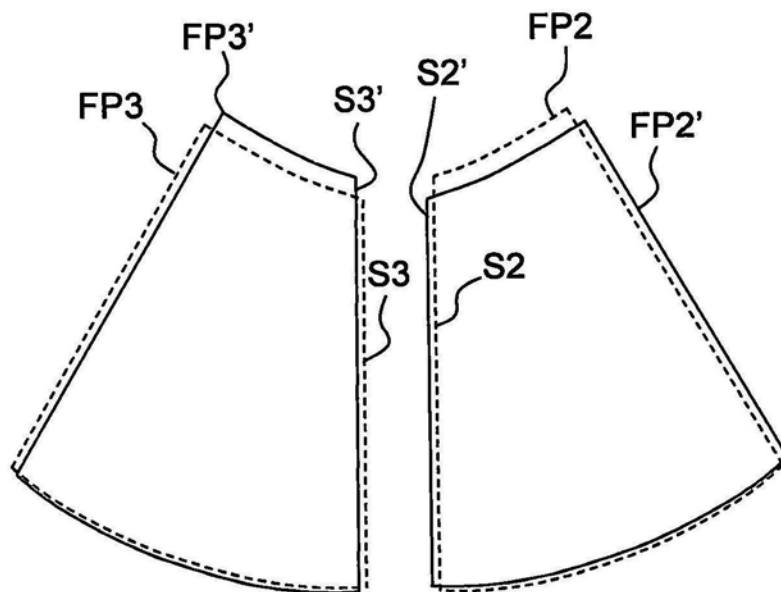


图1d

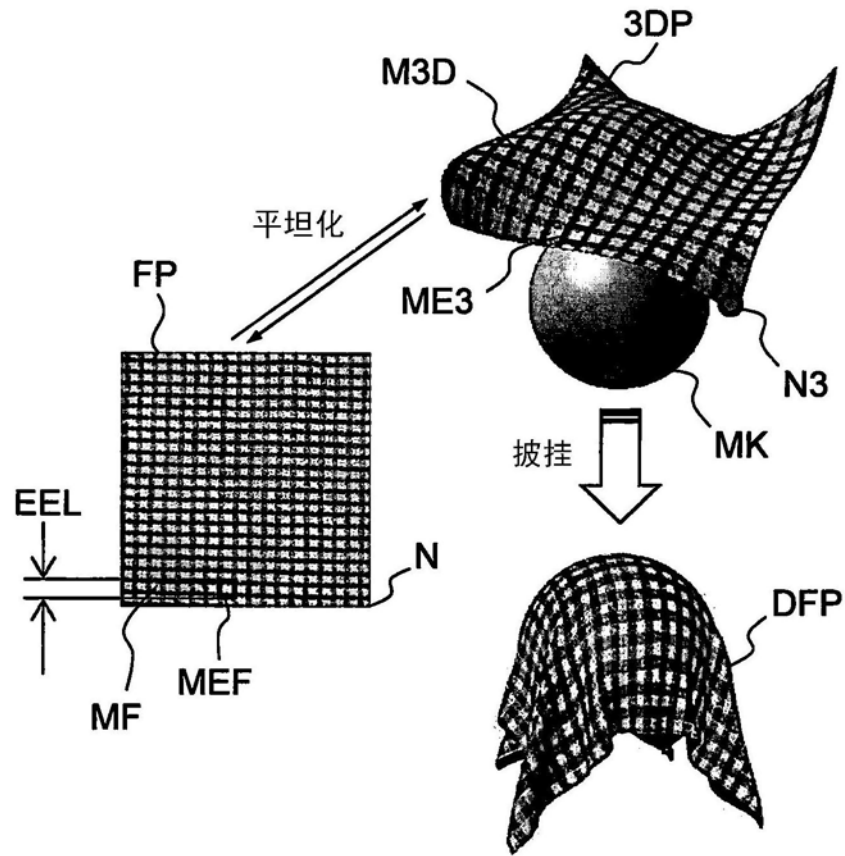


图1e

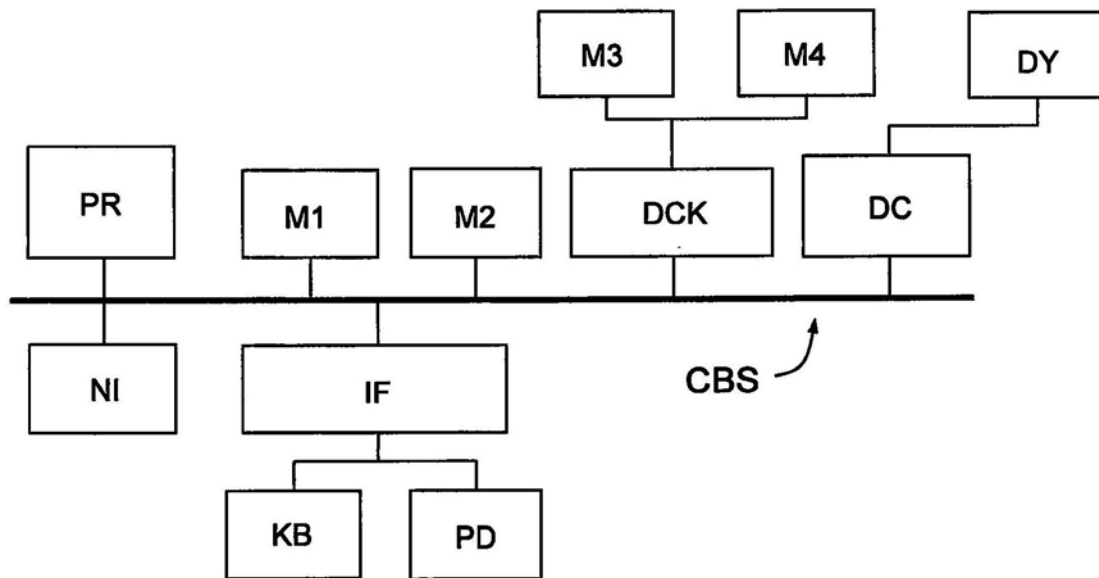


图3

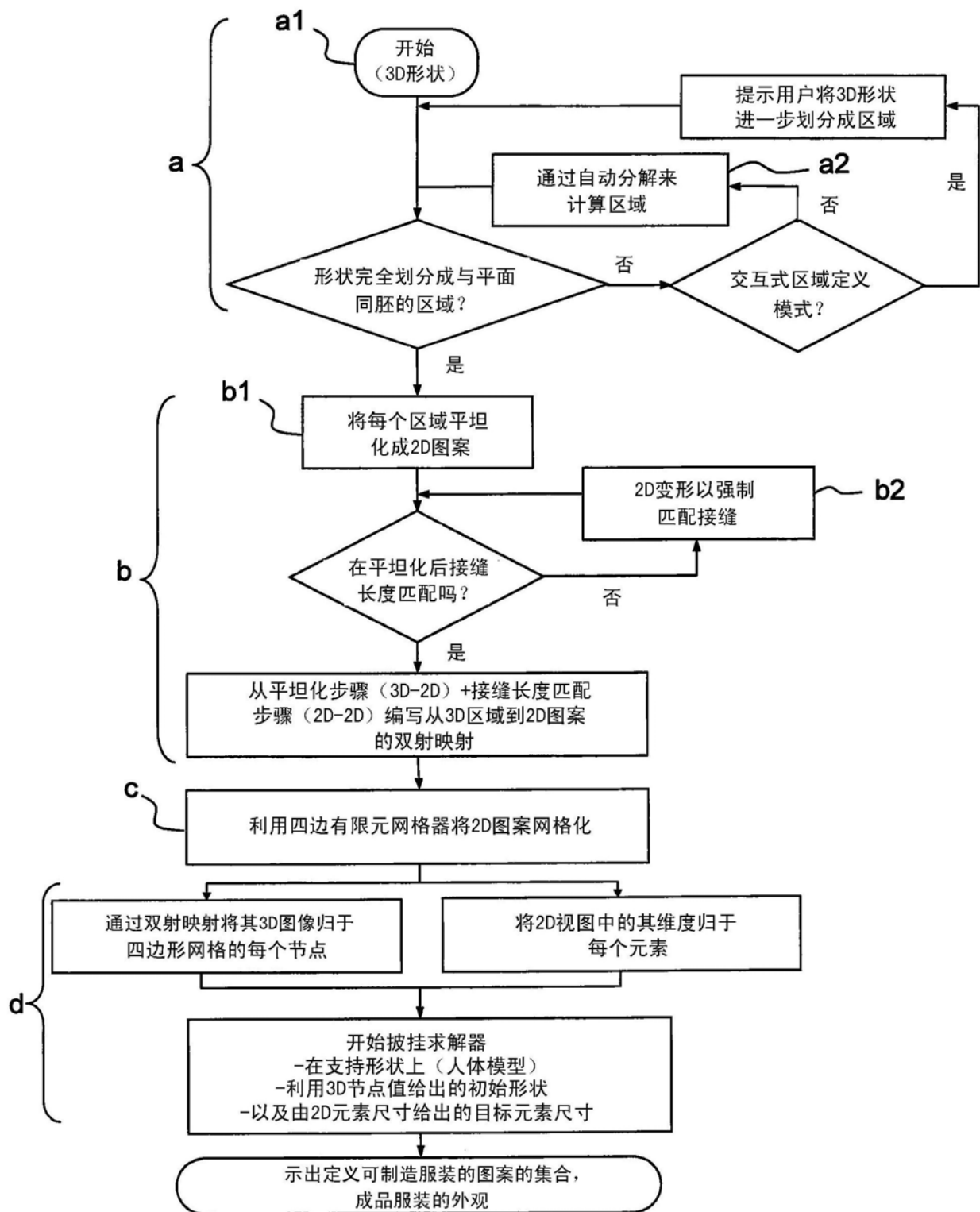


图2

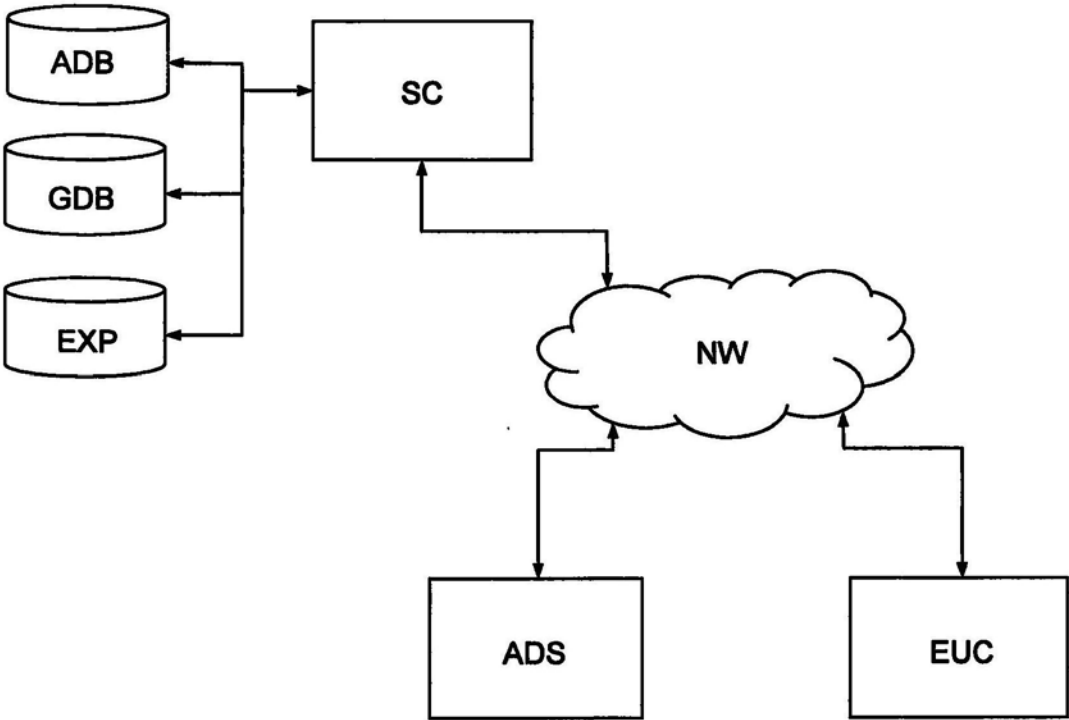


图4