



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104793560 B

(45)授权公告日 2017. 09. 22

(21)申请号 201510029476.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.01.21

G05B 19/18(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104793560 A

(56)对比文件

CN 102473008 A, 2012.05.23,

CN 100412737 C, 2008.08.20,

CN 103226341 A, 2013.07.31,

US 2005190185 A1, 2005.09.01,

US 20050190185 A1, 2005.09.01,

US 2010060642 A1, 2010.03.11,

(43)申请公布日 2015.07.22

(30)优先权数据

14/160,053 2014.01.21 US

(73)专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

审查员 田萌

(72)发明人 M·布兰德

阿米特·K·阿格拉瓦尔

H·埃尔迪姆

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 吕俊刚 刘久亮

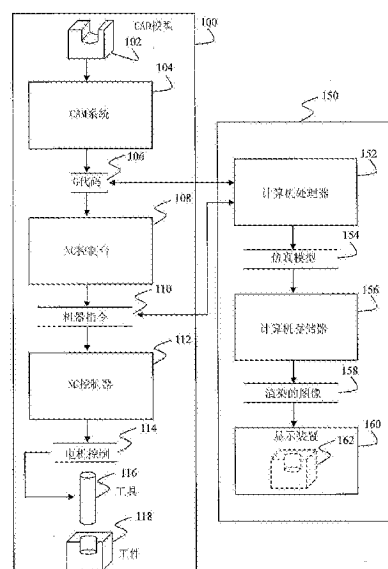
权利要求书2页 说明书7页 附图11页

(54)发明名称

用于生成轨迹的方法和系统

(57)摘要

用于生成轨迹的方法和系统。一种针对数字控制NC处理基于由表示空间坐标的点形成的输入轨迹生成轨迹的方法确定点的多个序列,并且针对各序列,确定所述输入轨迹中各点的本地成本。各序列通过从输入轨迹中去除独特点组合来形成,并且序列的点的本地成本基于所述点相对于所述序列中的至少一些点的空间布置确定。针对各序列,确定所述输入轨迹中各点的对应本地成本的总和,并且基于具有本地成本总和的最佳值的最佳序列来确定所述轨迹。



1. 一种针对数字控制NC处理基于由表示空间坐标的点形成的输入轨迹生成轨迹的方法,该方法包括以下步骤:

确定点的多个序列,其中,通过从所述输入轨迹中去除独特点组合来形成各序列;

针对各序列,确定所述输入轨迹中各点的本地成本,其中,序列的点的本地成本基于所述点相对于所述序列中的至少一些点的空间布置;

针对各序列,确定所述输入轨迹中各点的对应本地成本的总和;以及

基于具有本地成本总和的最佳值的最佳序列,确定所述轨迹,其中,所述最佳值是所述本地成本总和的最小值或最大值,其中,所述方法的步骤由处理器执行。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,从所述序列中去除的点的本地成本包括距离成本,所述距离成本与从去除的点到连接所述序列中该点周围的两个点的弦的距离成比例,所述序列中保留的点的本地成本包括角度成本,所述角度成本与保留的点和序列中该点周围的两个点所形成的角度成比例。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述点的本地成本包括距离成本、角度成本和拐角成本中的一个或组合。

4. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括以下步骤:

确定最佳序列中的拐角点、中间点和笔直段的点;

在所述拐角点和所述笔直段的点之间,拟合跟踪所述中间点的样条曲线;以及

对所述样条曲线重采样以产生输出点,使得所述拐角点、所述笔直段的点和所述输出点定义所述轨迹。

5. 根据权利要求2所述的方法,所述方法还包括以下步骤:

如果所述角度低于阈值,则确定所述最佳序列中的保留的点是拐角点;以及

在跟踪所述最佳序列中的至少一些点的所述拐角点之间,拟合样条曲线。

6. 根据权利要求5所述的方法,所述方法还包括以下步骤:

对所述样条曲线采样以产生输出点,使得所述拐角点和所述输出点定义所述轨迹。

7. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括以下步骤:

使用动态规划DP针对所述点的各序列确定本地成本的总和。

8. 根据权利要求7所述的方法,所述方法还包括以下步骤:

合并低于阈值的距离内的点;

构造DP格架曲线,其中,所述曲线上的各顶点是与直至所述顶点的累计成本关联的点,其中,一对顶点与表示在所述序列中具有所述一对顶点的成本的边连接;以及

确定与具有最小成本的曲线中的路径对应的最佳序列。

9. 根据权利要求1所述的方法,所述方法还包括以下步骤:

将序列中的点标记为保留的点、拐角点、噪声点或冗余点中的一个或组合;以及

使用所述标记将样条曲线拟合到所述序列中的点。

10. 一种针对数字控制NC处理基于由表示空间坐标的点形成的输入轨迹生成轨迹的系统,所述系统包括处理器,所述处理器被构造为用于:

确定所述点的多个序列,其中,通过从所述输入轨迹中去除独特点组合来形成各序列,其中,所述去除包括将所述独特点组合标记为去除点并且将所述序列中的保留的点标记为保留的点、拐角点、噪声点或冗余点中的一个或组合;

针对各序列,确定所述输入轨迹中各点的本地成本,其中,序列的点的本地成本基于所述点相对于所述序列中的至少一些点的空间布置;

针对各序列,确定所述输入轨迹中各点的对应本地成本的总和;

基于具有本地成本总和的最佳值的最佳序列,确定所述轨迹;以及

使用所述标记,将样条曲线拟合到所述序列的保留的点。

用于生成轨迹的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及数字控制处理,更特别地,涉及针对数字控制处理确定空间坐标的轨迹。

背景技术

[0002] 数字控制 (NC) 涉及由在存储介质上编码的抽象编程命令操作的机器工具的自动化或通过凸轮实现机械自动化的机器工具的自动化。当前大多数 NC 是计算机数字控制 (CNC), 在 CNC 中, 计算机负责控制的整体部分。

[0003] 在现代 CNC 系统中, 使用计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 程序使端到端的组件设计高度自动化。程序生成文件, 该文件通过后置处理器被解释以提取操作特定机器所需的命令, 然后将文件加载到 CNC 机器中用于生产。通常, 数字控制机器被提供参考轨迹, 参考轨迹是表示致动器位置或待移动块体的空间坐标的一序列点的形式。CNC 控制块体的移动以跟随轨迹以及 (有可能) 机器的给定物理限制。

[0004] 操作加工机器的运动控制器是 CNC 的一个示例。机床、研磨机和坐标测量机器 (CMM) 是利用 CNC 进行运动控制的制造设备的其它示例。三轴 CNC 加工机器具有其中安装有工具的头部和能相对于工具在 X、Y 平面内移动的工作台。根据正交的 X、Y 和 Z 笛卡尔坐标系, 电机控制工作台在 X 和 Y 方向上的运动和工具在 Z 方向上的运动。位置传感器 (通常, 编码器或定标器 (scaler)) 提供反馈, 所述反馈指示工具相对于加工机器的坐标系的位置。

[0005] CNC 部分地读取指明工具在指定速率或进料速率下将跟随的工具路径轨迹。通常, 使用数字控制编程语言实现工具运动, 该语言也被称为预备代码或 G 代码, 参见 (例如) RS274D 和 DIN 66025/ISO 6983 标准。控制器连续地比较当前工具位置和指定工具路径。利用这个反馈, 控制器生成信号, 以在工具以所需速率沿着工具路径移动的同时使工具的实际轨迹尽可能接近地匹配输入轨迹这样的方式控制电机。控制器可与计算机辅助加工 (CAM) 系统结合起来使用。

[0006] 用所需加工结果的模型确定轨迹和对应的 G 代码。在确定了轨迹之后, CNC 不访问原始模型并且不能补偿控制中的任何错误。另外, 轨迹信息可能不是所需加工的准确表示, 例如, 轨迹可能因噪声、坐标的过度量化、模型几何形状的欠采样而被损坏。

[0007] 因此, 在轨迹数据被供应到控制器之前, 一般有必要对轨迹数据进行重新处理和重采样。通常, 这涉及对一序列点进行过滤和平滑。已经使用了多种传统方法以改善输入轨迹, 这些方法包括求平均、插值、拟合简单曲线、剔除异常的阈值, 参见例如美国专利 5815401、7444202 和 5723961。

[0008] 然而, 由于 CNC 的计算能力的限制, 导致传统方法局部地 (即, 在数据点的小窗口内) 处理输入轨迹。这导致明显欠佳的结果, 因为小窗口可能不包括足够的信息以确定特异点是否表示拐角、量化伪迹、过剩运动、采样伪迹、欠采样的曲率变化或一些其它伪迹。

发明内容

[0009] 本发明要解决的问题

[0010] 本发明的各种实施方式是基于以下认识：只基于本地可用信息的针对数字控制 (NC) 处理的输入轨迹的局部修改可能欠佳。这是因为，在不考虑轨迹的其它部分的结构和可能修改的情况下确定局部修改。

[0011] 为了应对这个缺陷，本发明的一些实施方式作为局部修改输入轨迹的替代方式，在计算全部因素时，使用这个局部修改作为一个因素，以考虑整体轨迹的全局修改。为此目的，一些实施方式基于各种各样可能的本地修改形式的组合，修改轨迹。

[0012] 例如，一个实施方式针对 NC 处理通过表示空间坐标的点形成的输入轨迹，以确定点的多个序列。各序列是通过从输入轨迹中去除独特点组合形成的并且可表示整个输入轨迹的全局修改。对于各序列，实施方式确定输入轨迹中各点的本地成本。例如，序列的点的本地成本基于该点相对于该序列中至少一些点的空间布置。

[0013] 在一些实施方式中，确定针对序列的点的本地成本，即使从该序列去除该点。以此方式，实施方式可考虑更多可能的本地修改因素。实施方式通过针对各序列确定输入轨迹的点的对应本地成本的总和来比较各种序列，并且选择具有本地成本总和的最佳值的最佳序列。例如，最佳值是本地成本总和的最小值或最大值。通过确定本地成本的总和，实施方式将点的本地成本视为全部因素中的一个因素，这些因素允许对基于最佳序列生成轨迹进行全局决策。

[0014] 因此，一个实施方式公开了一种针对数字控制 (NC) 处理基于由表示空间坐标的点形成的输入轨迹生成轨迹的方法。该方法包括：确定点的多个序列，其中，通过从所述输入轨迹中去除独特点组合来形成各序列；针对各序列，确定所述输入轨迹中各点的本地成本，其中，序列的点的本地成本基于所述点相对于所述序列中的至少一些点的空间布置；针对各序列，确定所述输入轨迹中各点的对应本地成本的总和；基于具有本地成本总和的最佳值的最佳序列，确定所述轨迹，其中，所述最佳值是所述本地成本总和的最小值或最大值。所述方法的步骤由处理器执行。

[0015] 另一个实施方式公开了一种针对数字控制 NC 处理基于由表示空间坐标的点形成的输入轨迹生成轨迹的系统。所述系统包括处理器，所述处理器被构造为用于：确定点的多个序列，其中，通过从所述输入轨迹中去除独特点组合来形成各序列，其中，所述去除包括将所述独特点组合标记为去除点并且将所述序列中的保留的点标记为保留的点、拐角点、噪声点或冗余点中的一个或组合；针对各序列，确定所述输入轨迹中各点的本地成本，其中，针对序列的点的本地成本是基于所述点相对于所述序列中的至少一些点的空间布置；针对各序列，确定所述输入轨迹中各点的对应本地成本的总和；基于具有本地成本总和的最佳值的最佳序列，确定所述轨迹；使用所述标记，将样条曲线拟合到所述序列的保留的点。

附图说明

[0016] 图1是采用本发明的一些实施方式的NC机器的流程图。

[0017] 图2A是本发明的一些实施方式所使用的加工工具的轨迹的示意图。

[0018] 图2B是本发明的一些实施方式所使用的工具的线性轨迹的示意图。

[0019] 图2C是本发明的一些实施方式所使用的工具的曲线轨迹的示意图。

[0020] 图3是根据本发明的一些实施方式的用于确定轨迹的方法的框图。

[0021] 图4A是根据本发明的一些实施方式通过从输入序列中去除点的不同组合来确定序列的示例。

[0022] 图4B是根据本发明的一些实施方式通过从输入序列中去除点的不同组合来确定序列的示例。

[0023] 图4C是根据本发明的一些实施方式通过从输入序列中去除点的不同组合来确定序列的示例。

[0024] 图4D是根据本发明的一些实施方式通过从输入序列中去除点的不同组合来确定序列的示例。

[0025] 图5是根据本发明的一些实施方式的通过在一些点之间拟合样条曲线来进一步修改最佳序列的本发明的一个实施方式的示意图。

[0026] 图6是根据一个实施方式的用于拟合样条曲线的方法的框图。

[0027] 图7是根据另一个实施方式的用于拟合样条曲线的方法的框图。

[0028] 图8A是用于确定本发明的一些实施方式所使用的距离的方法的示意图。

[0029] 图8B是根据一些实施方式的原理确定的轨迹的示例。

[0030] 图9是根据本发明的一个实施方式的使用动态规划(DP)确定最佳序列的示例。

[0031] 图10A是根据本发明的一个实施方式的示出标记和成本分配的段。

[0032] 图10B是根据本发明的一个实施方式的示出标记和成本分配的段。

[0033] 图10C是根据本发明的一个实施方式的示出标记和成本分配的段。

[0034] 图11是根据一个实施方式分析点的序列的示例。

具体实施方式

[0035] 系统和方法概况

[0036] 图1示出数字控制(NC)处理(即,NC加工系统100)和基于通过表示用于NC处理的空间坐标的点所形成的输入轨迹生成轨迹的系统150的示例。输入轨迹可被直接提供到系统150或由G代码106指定。系统150确定轨迹并且将轨迹输出到系统100。例如,系统150可修改G代码106或机器指令110。在一些实施方式中,NC加工系统100是NC铣削(milling)系统。

[0037] 在NC加工系统100中,计算机辅助设计(CAD)模型102被输入到计算机辅助制造(CAM)系统104,CAM系统104生成用于控制NC加工机器的G代码106。在NC加工期间,G代码被输入到NC加工输入控制台108,NC加工输入控制台108处理各G代码以生成对应的一组NC机器指令110。NC机器指令被输入到NC控制器112,NC控制器112生成一组电机控制信号114,以将工具116相对于工件118移动,以加工工件。

[0038] 系统150可用计算机辅助制造系统104所生成的G代码106或NC控制台108所生成的NC机器指令110作为输入。通过生成轨迹的计算机处理器152读取系统150的输入。

[0039] 在一些实施方式中,系统150在NC加工期间实时生成轨迹。在替代实施方式中,系统150仿真工件的加工,以根据轨迹测试加工的性能。在这些实施方式中,处理器152生成仿真模型154,仿真模型154可被存储在计算机存储器156中。处理器152可致使所存储的仿真模型154生成渲染图像158,渲染图像158可被输出到显示装置160。可将显示图像162与计算机辅助设计模型102进行比较,以在执行工件的实际NC加工之前验证G代码106或NC机器指

令110。

[0040] 图2A示出形状250的移动的轨迹252。轨迹252指明形状250的特定点的位置作为时间的函数。在一些实施方式中,轨迹是通过表示用于NC加工的空间坐标的点260形成的。工具的轨迹是通过G代码和/或NC机器指令确定的。通常,通过一组段(本文中被称为NC段)(即,NC工具路径的段)来确定轨迹。例如,工具的轨迹可包括在各NC段的开始和结束时工具的位置。可用许多形式指明工具相对于工件的轨迹。

[0041] 图2B示出沿着直线274移动的工具272的线性轨迹。图2C示出弯曲轨迹,在该弯曲轨迹中,工具272的头端(tip)280沿着曲线276移动。其它可能的轨迹形式包括将工具定位在一点,工具沿着已知是折线的一序列线移动,工具沿着螺旋或螺线曲线移动,工具沿着多项式曲线(诸如,二次贝塞尔曲线或三次贝塞尔曲线或已知是分段多项式曲线的一序列多项式曲线)移动,这只是举的几个例子。

[0042] 图3示出根据本发明的一个实施方式的基于通过表示用于数字控制(NC)处理的空间坐标的点305而形成的输入轨迹生成轨迹345的方法的框图。

[0043] 该实施方式确定310多个序列的点315。通过从输入轨迹中去除点的独特组合来形成各序列。在一些实施方式中,通过向输入点分配不同的标签来执行去除。例如,可通过向输入轨迹中的点的独特组合分配可去除的标签并且通过将保持的点分配为拐角或平滑点标签来形成这些序列。

[0044] 接下来,实施方式针对各序列确定320输入轨迹的各点的本地成本325。例如,序列的点的本地成本可基于该点相对于该序列中至少一些点的空间布置来确定。在一些实施方式中,在不考虑整个序列的结构的情况下确定本地成本,因此成本是本地的。

[0045] 接下来,实施方式针对各序列315确定330输入轨迹中各点的对应本地成本的总和335,并且基于具有本地成本总和的最佳值的最佳序列来确定340轨迹345。

[0046] 图4A至图4D示出通过从包括点410、420、430和440的输入序列中去除组合点来确定点的序列315的示例。假设起始点410和结束点440被保留在该序列中,可通过如图4A中不去除点,通过如图4B中去除点420,通过如图4C中去除点430和通过如图4D中地去除点420和430,来形成序列。

[0047] 即使从序列中去除了一个点,也可针对该序列确定该点的本地成本。例如,针对图4B的序列的本地成本总和包括基于从点420到弦422的距离确定的去除点420的本地成本和基于角度437确定的保留点430的本地成本。

[0048] 例如,在一个实施方式中,去除点(诸如,图4C中的点430)的本地成本包括与从该去除点到该序列的折线的距离433成比例的距离成本。在该示例中,距离433是从点430到弦435的距离,弦435连接序列中的在该点430周围的两个点420和440。

[0049] 保留点(诸如,图4B中的点430)的本地成本可包括与角度437成比例的角度成本,角度437是通过保留点与序列中的在该点周围两个点形成的。因此,相同的点可具有针对不同序列确定的不同的本地成本。在图4A至图4D的示例中,针对点的四个不同序列,确定四个本地成本。在一个实施方式中,不确定起始点和结束点的本地成本。在这个实施方式中,确定针对图4A至图4D的示例的四个序列的两个本地成本。

[0050] 在图4A至图4D的示例中,使用对应序列的本地成本,确定四个总成本总和。根据NC的成本和目标的定义,最佳值可以是本地成本总和的最小值或最大值。通常,目标是使总成

本最小,最佳轨迹是本地成本总和具有最小值的轨迹。如果例如图4B的序列的总成本总和小于图4A、图4C和图4D的那些序列的各本地成本总和,则图4B的序列被选择为最佳的并且用于修改输入轨迹和/或生成轨迹。显著地,通过考虑整个输入轨迹的各种可能修改,全局(即,同时)修改输入轨迹。

[0051] 图5示出通过在最佳序列的一些点之间拟合样条曲线进一步修改最佳序列的本发明的一个实施方式。在这个示例中,在点 p_0 和 p_4 之间通过跟踪序列的其余点 p_1 、 p_2 和 p_3 来拟合样条曲线510。拟合的样条曲线与图5的一序列点的原始折线形成角度 α_0 和 α_3 。这个实施方式基于以下认识:根据许多制造物体的设计,轨迹有可能具有直线段、平滑弯曲段和在相对平滑运动之间包括的方向上包含突变的段。

[0052] 图6示出根据一个实施方式的用于拟合样条曲线的方法的框图。该实施方式根据标签620的预定类型,标记630最佳序列的点610。可使用标记来确定被保留在最终轨迹中或者被拟合样条曲线取代的点。可在针对所有这多个序列确定最佳序列期间执行标记630,或者可只针对选定的最佳序列执行标记630。

[0053] 在一个实施方式中,所述标记在最佳序列中标识多个拐角点635和中间点(intermediate points)637。可基于点的角度成本确定拐角点。例如,在一个实施方式中,如果通过最佳序列中的点形成的角度(例如,角度437)低于阈值,则该点是拐角点。在另一个实施方式中,通过计算给定点的角度成本和拐角成本二者执行针对给定点的拐角的标记。如果分配拐角标签导致较小的成本,则分配拐角标签。在一些实施方式中,拐角点被保留在最终轨迹中,通过在跟踪中间点的拐角点之间拟合640样条曲线,来取代中间点。

[0054] 在一些实施方式中,标记还标识被作为拐角点保留在轨迹中的笔直段635。在这些实施方式中,在拐角点和跟踪中间点的笔直段的点之间,拟合样条曲线。接下来,重采样650样条曲线,以产生输出点,使得拐角点、笔直段的点和输出点限定轨迹。在一些实施方式中,按控制器的需要确定重采样。例如,采样间隔的弧长是恒定的,加速度是恒定的,或者是在既不使控制器供应不足又不使控制器过饱和的同时生成以进料速率产生平滑变化的点的任何类似策略。

[0055] 图7示出根据一个实施方式的用于拟合样条曲线的方法的框图。样条曲线拟合函数取输入过滤点和拐角点760并且将平滑样条曲线拟合到这些点。从最少数量的控制点710开始,拟合样条曲线涉及估计控制点的值,控制是在最小二乘框架720中进行的。

[0056] 在估计控制点之后,计算和比较780拟合样条曲线730中各输入点的距离。如果最大距离小于阈值790,则控制点的当前估计被作为输出提供770。如果为否,则以控制点的最大数量750为条件,增加控制点的数量740。迭代过程确保拟合的样条曲线保持在输入过滤点的带内。

[0057] 图8A示出本发明的一些实施方式所使用的确定距离的方法的示意图。在这些实施方式中,给定点 P 801距拟合的样条曲线802的距离805通过点 P 801和点 u 804处的样条曲线 C_u 之间的距离来给定,其中,点 u 804是在样条曲线偏导数 C'_u 803与连接 P 和 C_u 的线垂直的点。

[0058] 图8B示出根据一些实施方式的原理确定的轨迹的示例。轨迹包括通过诸如样条曲线840的样条曲线和诸如线850的直线连接的拐角点(诸如,点810、820和830)。轨迹还可包括通过对样条曲线采样而确定的输出点860。

[0059] 图9示出根据本发明的一个实施方式的使用动态规划(DP)确定最佳序列的示例。可能序列315的数量随输入轨迹的长度以指数方式增加,一些实施方式使用评分系统,该评分系统允许通过动态规划识别得分最高的序列。动态规划是这样的最佳方法:其计算时间随序列长度和在序列中允许出现的不同标签对的数量而只线性增加。

[0060] 在概念上,一个实施方式确定具有起始点905和结束点915的曲线910。该曲线的各顶点(诸如,顶点920、922、924、926和928)表示决策(例如,将标签分配给输入数据点)并且表示两个相容决策的每对顶点通过边(例如,边921、923、925、927和929)连接。为每个顶点和每个边分配成本,通过找到从起始点到结束点的最低成本路径来确定最佳序列。

[0061] 例如,表示被标记为拐角点的点的顶点可具有低成本(如果将该点连接到其前面的点和后续点的线段强烈成角度)和高成本(当所述线段几乎共线性或者它们极短(在此情况下,该点可能是异常点))。如果曲线中将特定数据点连接到其前面的点和后续点的线段具有非常窄的角度,则表示将该特定数据点标记为平滑点的顶点可具有低成本。曲线中的后续点不需要是输入数据流中的后续点。例如,边可连接两个顶点,这两个顶点表示数据流中不是按顺序的两个“平滑”数据点。如果数据流中的中间点非常接近连接两个“平滑”数据点的假想线,则该边可具有低成本。如果通过曲线的最低成本路径经过该边,则中间点被标记为“冗余”。可整合另外的标签和定价策略,以利用关于输入轨迹的另外知识。

[0062] 图10A、图10B和图10C示出表示标记和成本分配的段。例如,将图10A中的点1010标记为拐角点的成本低于将点1010标记为平滑点。将图10B中的点1020标记为平滑点的成本低于将点1020标记为拐角点。如图10C中所示,将点1030和点1060标记为平滑点的成本低于拐角点成本,因为落点1040和1050更接近连接点1030和1060的线。

[0063] 在图9的实施方式中,曲线910具有针对每个输入点具有重复边图案的被称为“格架(trellis)”的高度规则结构。通过在每个顶点存储对于该顶点而言最低成本路径的累计成本加上该路径上的优先顶点的指针,来评价曲线。如果可被标记为“冗余”的点的最长序列的长度受到限制,则用于构造和评价该曲线的计算时间对于各输入点是恒定的。为了标识直到某个数据点的最佳序列,一些实施方式检验表示该数据点的标记的所有顶点,选择具有最低累计成本的顶点,然后根据需要跟随指针通过该曲线回退。该路径上的顶点的序列产生数据点上的标签的最佳序列。

[0064] 除该方案的计算优点之外,动态规划格架具有以下性质:上下文信息可按顺序前后传播以解决本地歧义。例如,一些轨迹-平滑算法注视五个顺序数据点的固定窗口。在窗口化算法中,略微偏离由其它四个点形成的线的点可被平滑,但在通过动态规划提供的较大上下文中,该点可更准确地被标记为拐角。

[0065] 随着输入另外的数据点,曲线可递增地被延伸和评价。类似地,一旦对应的数据点被处理,尤其是当最佳子序列经过单个定点(例如,单值拐角)时,可删除曲线中较旧的段。

[0066] 可以逐块为基础实现动态规划,其中,块的大小可取决于控制器中可用的存储量。对于各块,动态规划输出冗余点和各种标签(诸如,拐角)。这些块可在块边界处重叠,以将信息从前一块正确地传播到下一块。例如,重叠窗口可包括被保持在前一块中的最后几个点。

[0067] 图11示出根据一个实施方式的分析点的序列的示例。可被标记为“冗余”的点的最长序列的长度可限定为小数量的窗口大小(WindowSize)。在一个实施方式中,窗口大小

被设置成8。

[0068] 图11的点的序列包括六个输入点。点P₁1110、P₄1140和P₆1160是被保持点,点P₂1120、P₃1130和P₅1150被去除。去除点P₂的本地成本是d₁1125,d₁1125是P₂距连接点P₁和P₄的线的垂直距离。类似地,去除点P₃的本地成本是d₂1135,d₂1135是P₃距连接点P₁和P₄的线的垂直距离,去除点P₅的本地成本是d₃1155。

[0069] 首先,假设点P₄是平滑点,被保持点P₄的角度成本可基于角度θ₁1145被定义为:

[0070] 角度成本AC(P₁,P₄,P₆)=abs(π-θ)/π,其中,θ的单位是弧度。

[0071] 该序列的总成本可通过将本地成本相加来得到,并且通过总成本=d₁+d₂+d₃+abs(π-θ)/π来提供。

[0072] 另外,对于该子序列,我们还可假设P₄是拐角点,不是平滑点。角度θ的本地拐角成本可被定义为:拐角成本CC(θ)=kθ,其中,k是常数。

[0073] 可选择常数k,使得在预定义的角度,角度成本和拐角成本变得相等。该子序列的总成本是d₁+d₂+d₃+kθ。

[0074] 另外,图11的序列的六个输入点可形成多个其它子序列。例如,可通过保持点P₁、P₂和P₆并且去除点P₃、P₄和P₅,得到另一个子序列。对于所有可能的子序列,确定总成本并且选择提供最少成本的子序列作为最佳子序列。虽然这个选择具有指数复杂度,但动态规划允许在限定的时间内计算最佳的解。

[0075] 操作环境

[0076] 可通过多种通用或专用计算系统环境或构造来操作本发明的各种实施方式。适用于本发明的计算系统、环境和/或构造的示例包括(但不限于)个人计算机、服务器计算机、手持或膝上型装置、多处理器或多核系统、图形处理单元(GPU)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、基于微控制器的系统、网络PC、大型计算机、包括以上系统或装置中的任一个(即,通常为处理器)的分布式计算环境等。

[0077] 例如,可使用硬件、软件或其组合来实现实施方式。当用软件实现时,软件代码可在任何合适的处理器或处理器集合(无论是设置在单个计算机中还是分布在多个计算机之间)上执行。这种处理器可被实现为集成电路,在集成电路部件中具有一个或更多个处理器。但是,可使用任何合适格式的电路实现处理器。监视器或其它类型的显示装置160连接到以上系统中的任一个,以使本发明能够可视化。

[0078] 另外,计算机可被实施为多种形式中的任一种,诸如,机架式计算机、台式计算机、膝上型计算机、微型计算机或平板计算机。这种计算机可按任何适合形式通过一个或更多个网络互连,所述网络包括局域网或广域网(诸如,企业网或互联网)。这种网络可以是基于任何合适的技术,可根据任何合适的协议操作,并且可包括无线网络、有线网络或光纤网络。

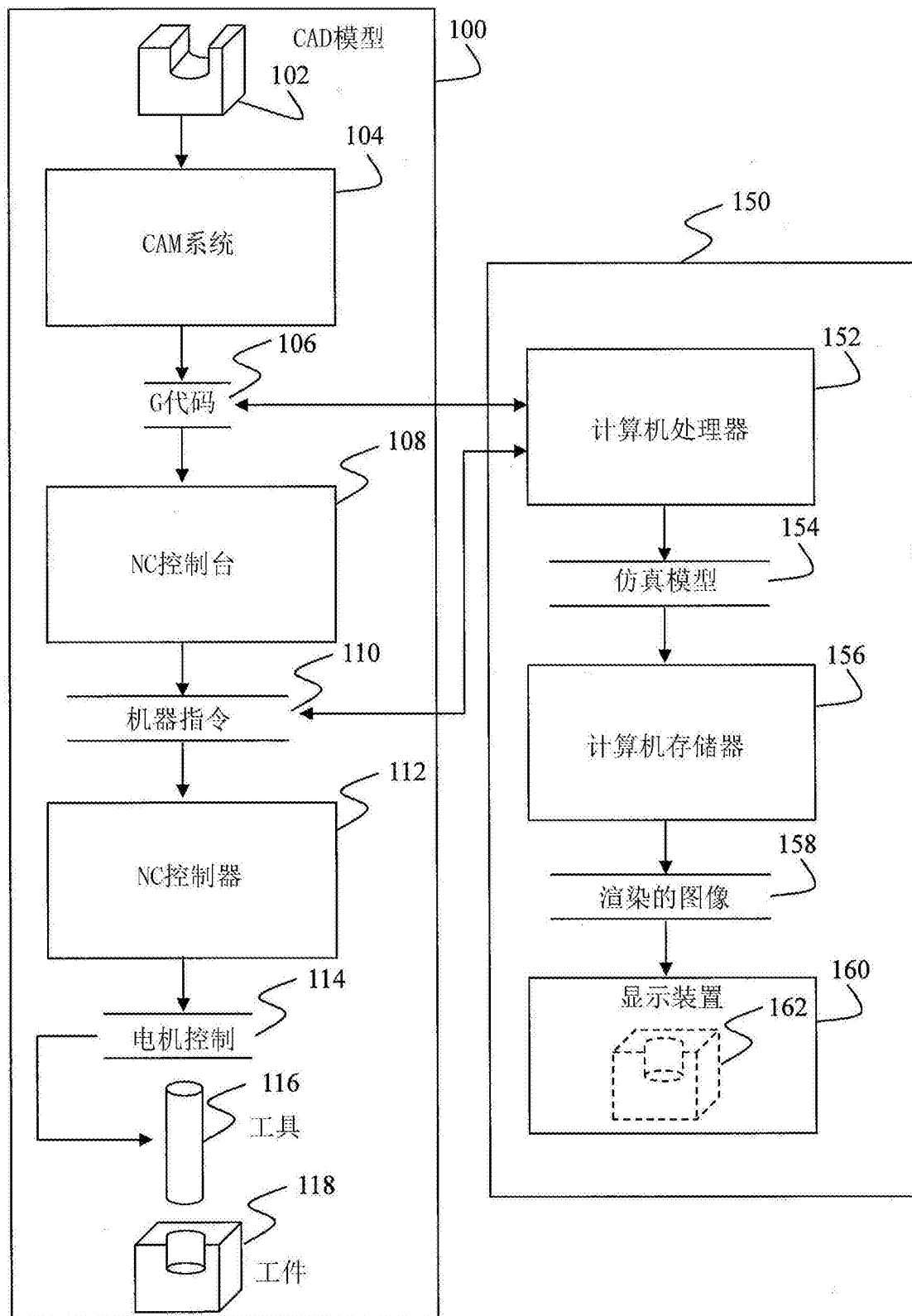


图1

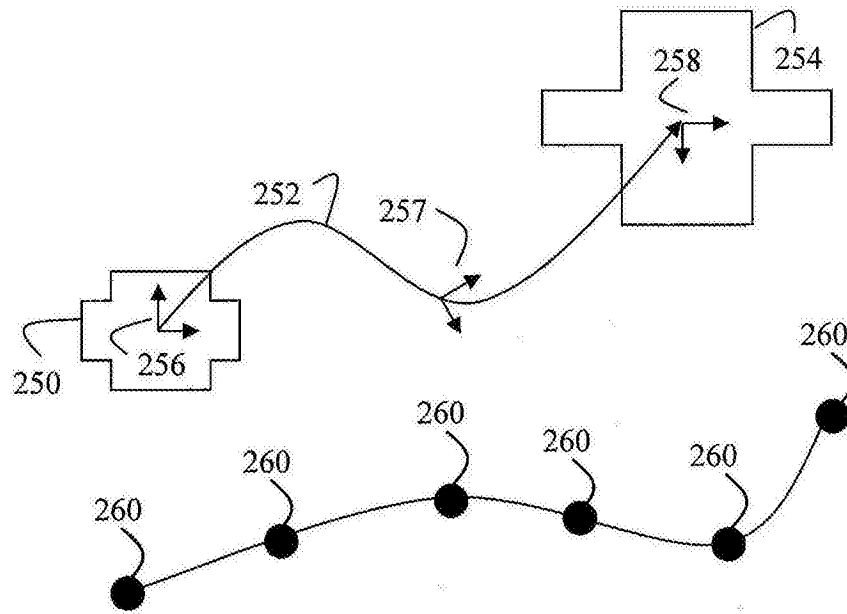


图2A

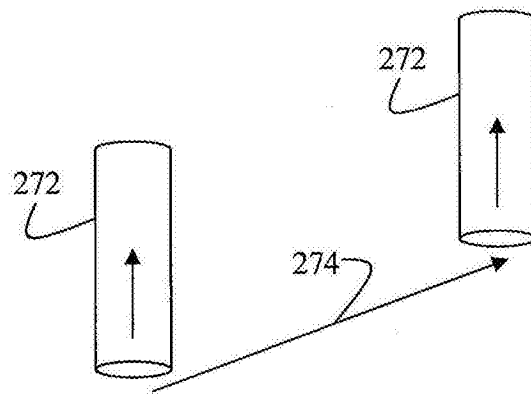


图2B

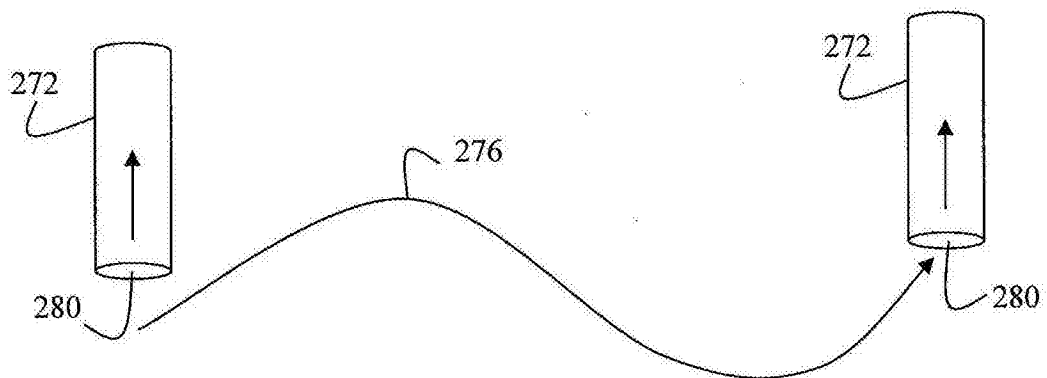


图2C

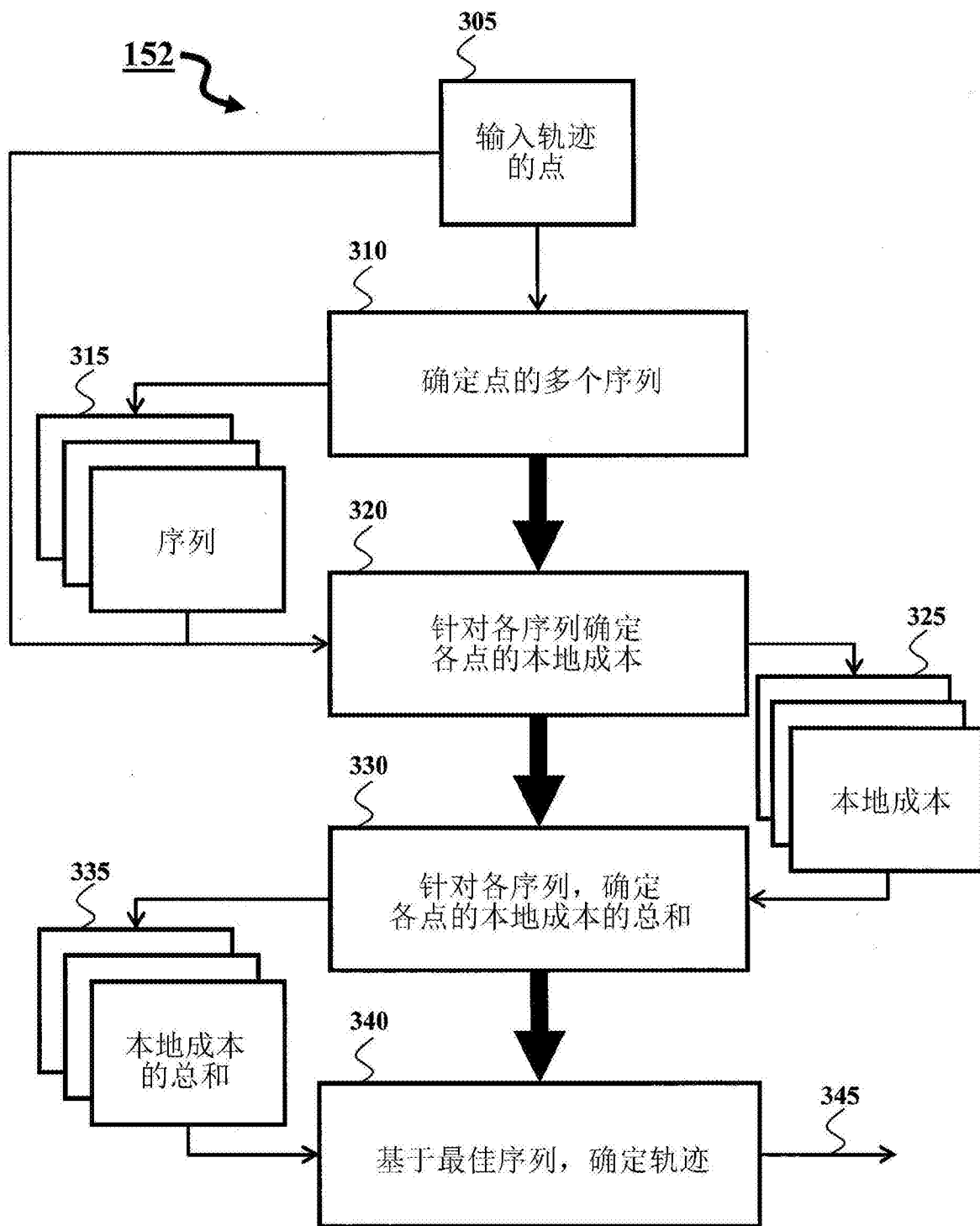


图3

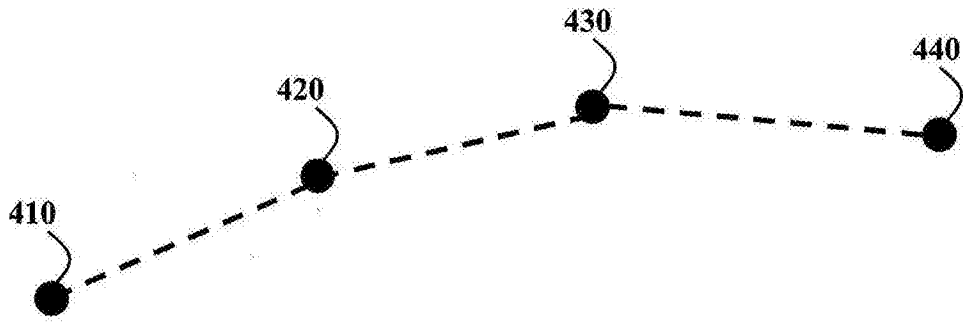


图4A

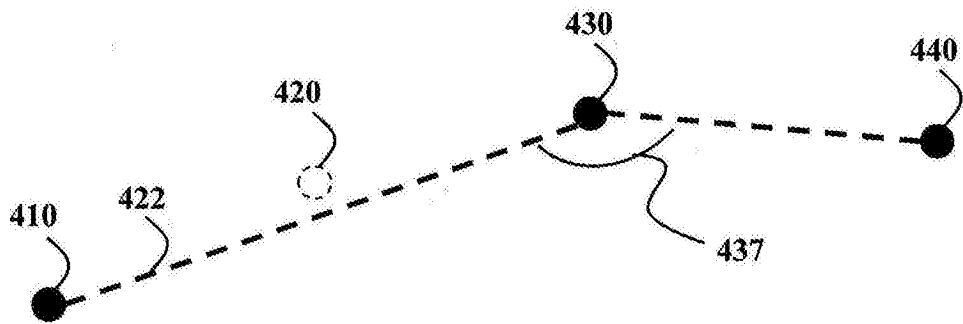


图4B

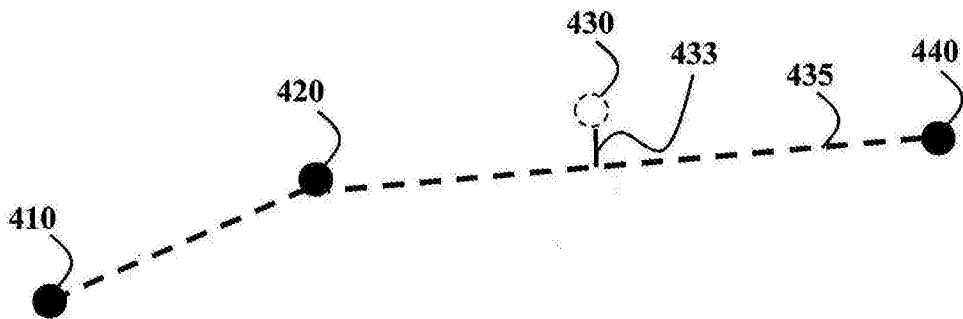


图4C

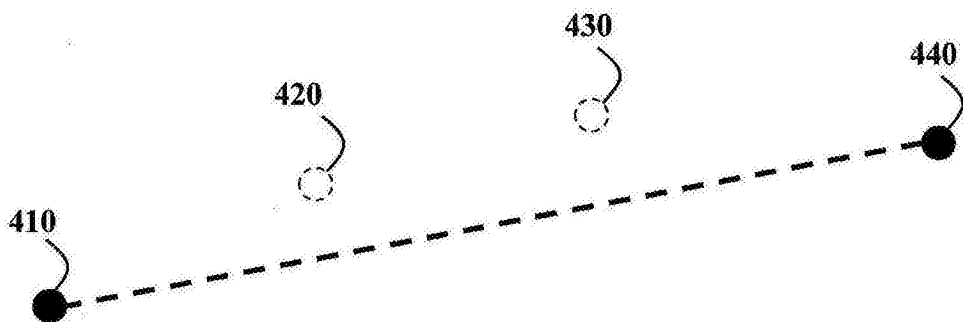


图4D

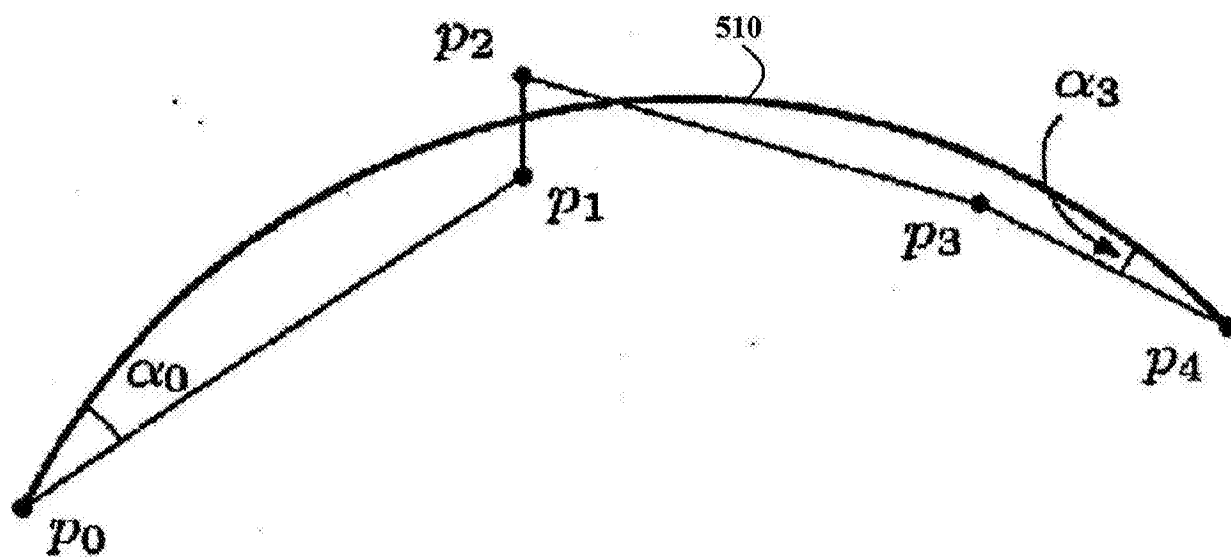


图5

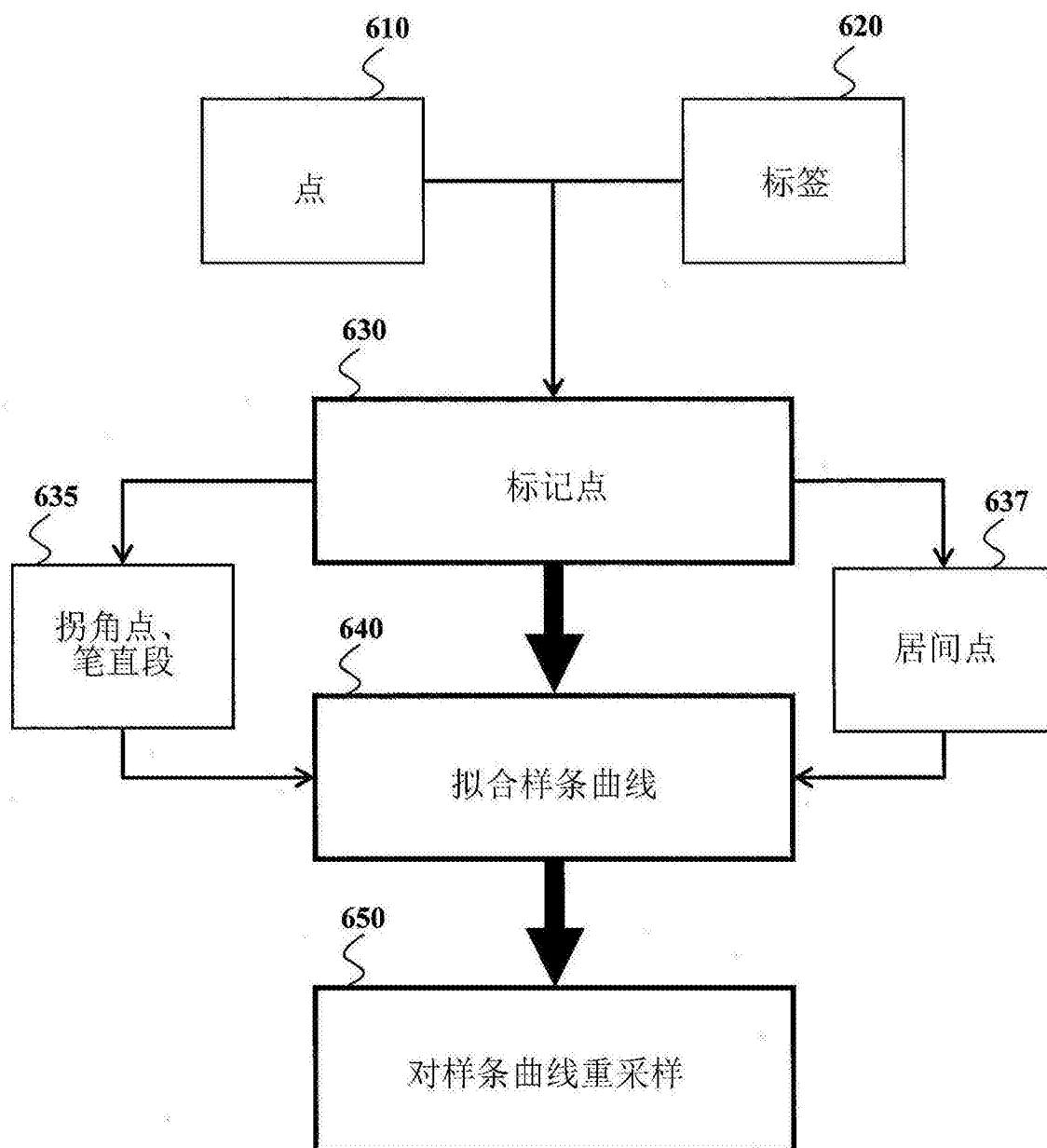


图6

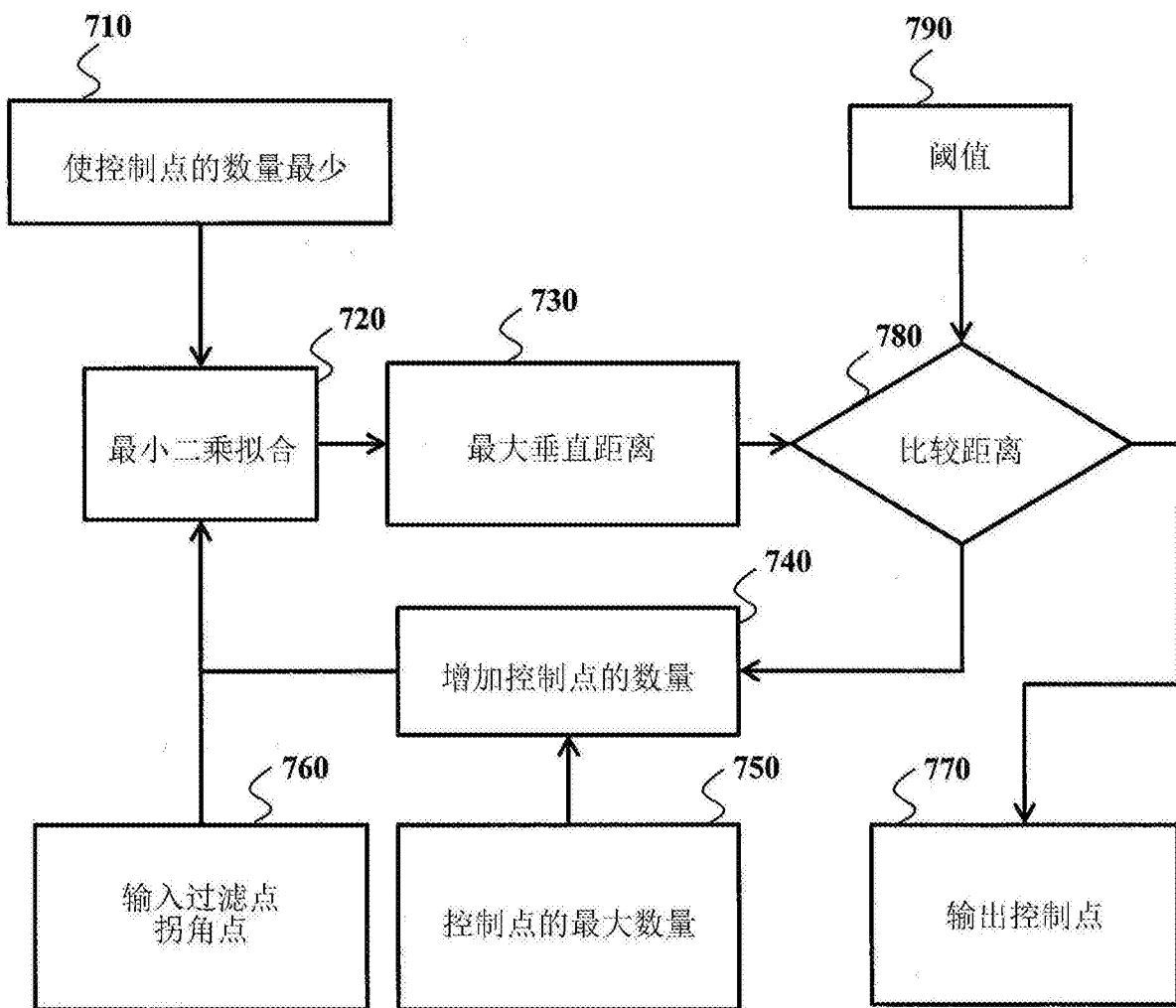


图7

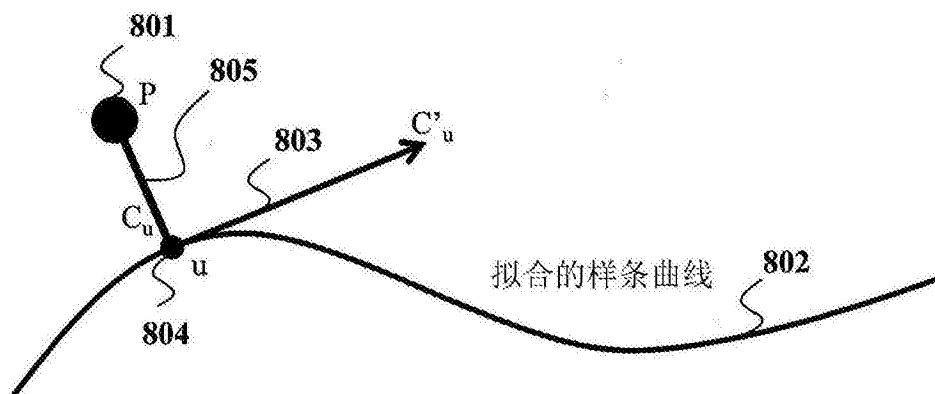


图8A

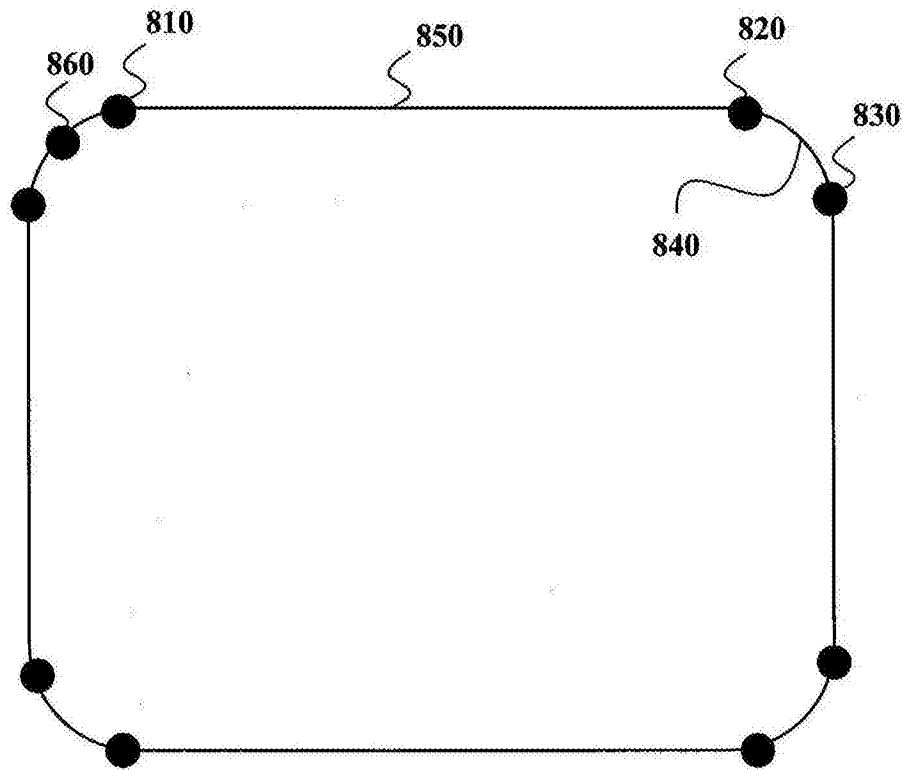


图8B

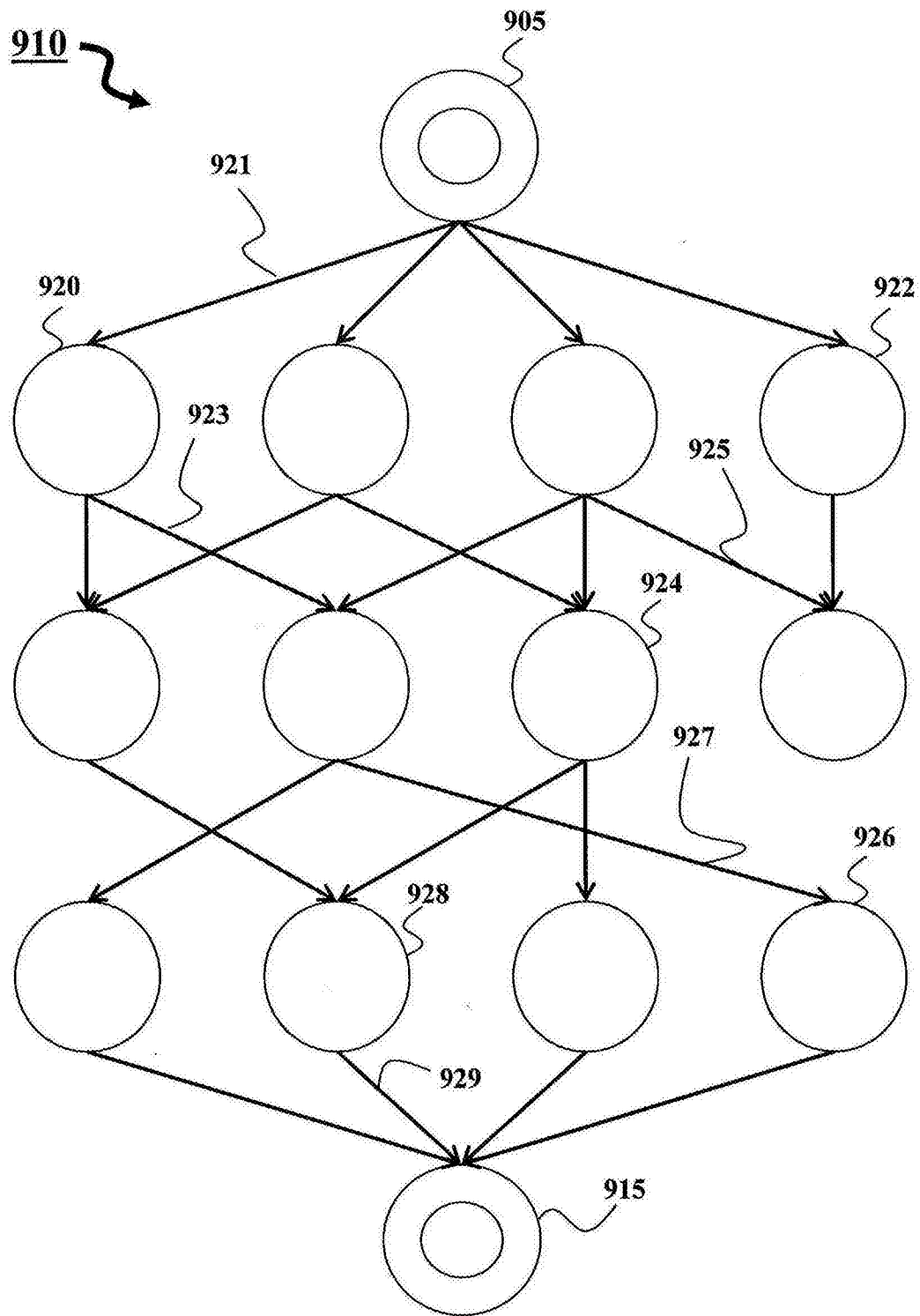


图9

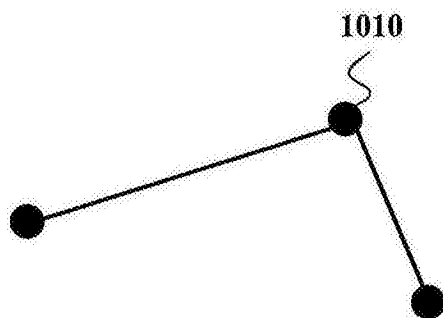


图10A

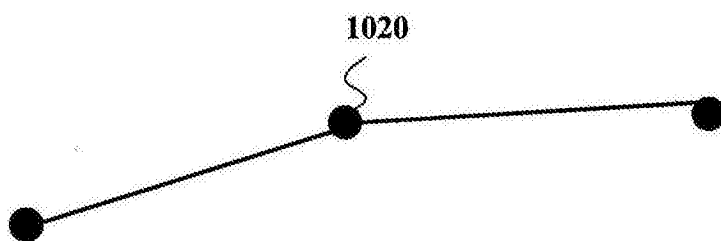


图10B

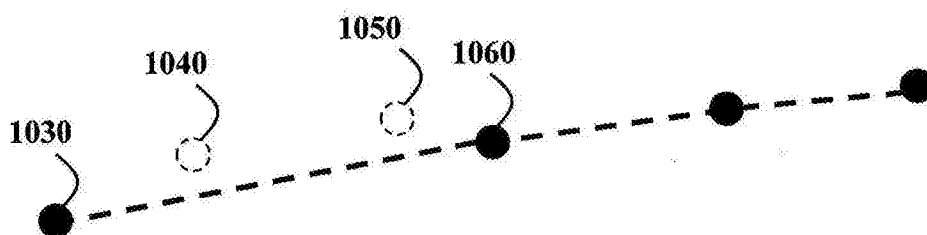


图10C

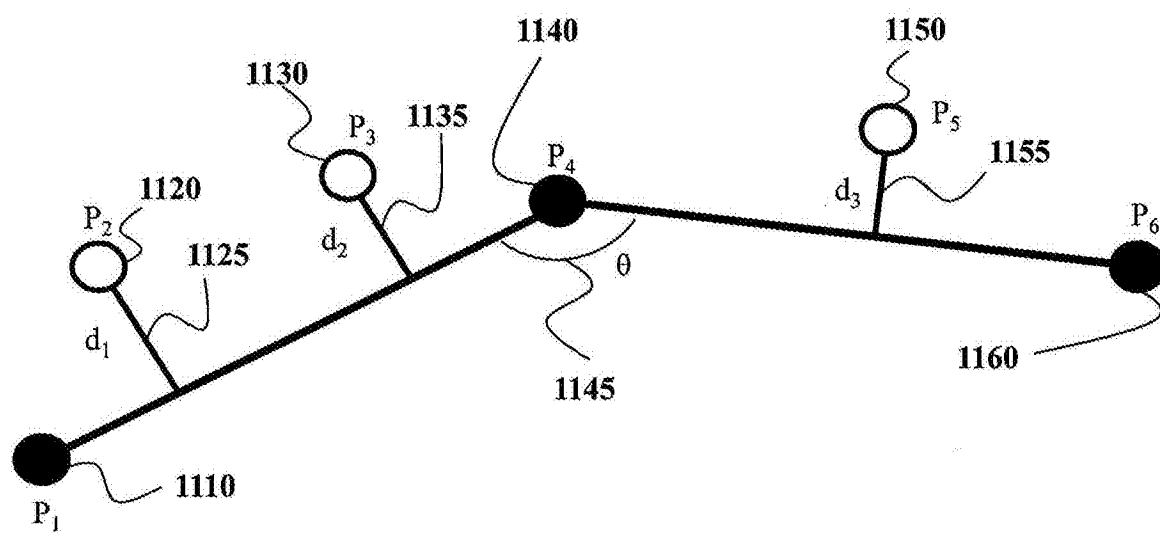


图11