

发明名称：骨骼模型合并方法、装置、设备和存储介质

[0001] 本申请要求于2022年3月31日提交中国专利局、申请号202210353097.9、申请名称为“骨骼模型合并方法、装置、设备和存储介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本申请涉及人工智能及领域，更具体地，涉及一种骨骼模型合并方法、装置、设备和存储介质。

背景技术

[0003] 目前，骨架驱动变形技术因其控制手段灵活、操作简单，一直是曲面造型领域研究的热点问题，例如在主流游戏引擎中一般用其来实现由骨骼驱动网格形变的动画系统。现实中很多动植物(包括人体)模型或工业产品模型都具有明显的骨架特征，因此可以通过施加骨架驱动变形来实现网格模型的运动模拟或变形设计。动物区别于其他生物的显著特征在于它们能够通过骨骼运动带动附着在骨骼上的肌肉运动，从而产生各类运动，而骨架驱动的变形技术正是通过模拟这种运动形式而产生的网格变形手段：通过操纵骨架的变形，带动附着在骨架上的网格模型(或者称为蒙皮或皮肤)的变形。目前骨架驱动变形技术已广泛应用于动画、游戏、工业产品设计、生物医学等领域。

[0004] 在利用骨架驱动变形技术实现由骨骼驱动网格形变的动画系统中，对于一个公共骨架中的同一部位，可能同时存在多个骨骼模型可以映射至该公共骨架的该部位，并且这些骨骼模型可能分别对应于同时待呈现的多个不同的骨骼动画。对于上述情况，在对映射至公共骨架中的同一公共骨骼的多个骨骼模型进行处理时，通常需要将该多个骨骼模型绑定至该公共骨骼，而这通常会导致骨骼冲突，使得部分骨骼模型丢失或动画播放错误，造成画面异常。

[0005] 发明内容

- [0006] 为了解决上述问题，本申请通过对冲突骨骼进行复制与绑定，以实现多个骨骼模型与该冲突骨骼的骨骼副本之间的映射，从而实现对复杂骨骼模型的高效合并。
- [0007] 本申请的实施例提供了一种骨骼模型合并方法、装置、设备和计算机可读存储介质。
- [0008] 本申请的实施例提供了一种骨骼模型合并方法，所述方法由骨骼模型合并设备执行，包括：获取待合并的多个骨骼模型，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型分别包括一个图元集合并且每个骨骼模型分别对应于公共骨架的一个公共骨骼集合；对于所述多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型，确定所述两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集；在所述交集包括公共骨骼的情况下，对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链；基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，并将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼；建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，以合并所述两个骨骼模型。
- [0009] 本申请的实施例提供了一种骨骼模型合并装置，所述装置部署在骨骼模型合并设备上，包括：骨骼模型获取模块，被配置为获取待合并的多个骨骼模型，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型分别包括一个图元集合并且每个骨骼模型分别对应于公共骨架的一个公共骨骼集合；骨骼交集确定模块，被配置为对于所述多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型，确定所述两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集；公共骨骼链确定模块，被配置为在所述交集包括公共骨骼，对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链；公共骨骼链复制模块，被配置为基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，并将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼；骨骼映射建立模块，被配置为建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述

最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，以合并所述两个骨骼模型。

- [0010] 本申请的实施例提供了一种骨骼模型合并设备，包括：一个或多个处理器；以及一个或多个存储器，所述一个或多个存储器中存储有计算机可执行程序，当由所述处理器执行所述计算机可执行程序时，执行如上所述的骨骼模型合并方法。
- [0011] 本申请的实施例提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机可执行指令，所述指令在被处理器执行时用于实现如上所述的骨骼模型合并方法。
- [0012] 本申请的实施例提供了一种计算机程序产品或计算机程序，该计算机程序产品或计算机程序包括计算机指令，该计算机指令存储在计算机可读存储介质中。计算机设备的处理器从计算机可读存储介质读取该计算机指令，处理器执行该计算机指令，使得该计算机设备执行根据本申请的实施例的骨骼模型合并方法。
- [0013] 本申请的实施例所提供的方法，对于待合并的多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型，可以确定这两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集，若交集包括公共骨骼，则说明存在这两个骨骼模型存在骨骼冲突。针对这些存在骨骼冲突的骨骼模型可以进行公共骨骼链复制与绑定，具体的，对于交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链，从而基于最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，并将最终公共骨骼链副本绑定到最终公共骨骼链的上级公共骨骼，完成最终公共骨骼链的复制和绑定。之后，建立最终公共骨骼链与两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了上级公共骨骼后的最终公共骨骼链副本与两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，以实现存在骨骼冲突的骨骼模型之间的合并。通过本申请的实施例的方法能够在待合并的多个骨骼模型中存在骨骼冲突的情况下实现对骨骼模型的高效且准确的合并，能够完整保留对应于同一公共骨骼的所有骨骼模型并实现所有相应的骨骼动画，避免了骨骼冲突所导致的骨骼模型丢失和动画播放错误，以达到更优的画面动画显示，从而提升用户体验。本申请的实施例的方法

适用于复杂骨骼模型和多人物骨骼模型的合并，并且与游戏引擎和工具解耦，此外，该方法还能够优化渲染性能，降低骨骼模型合并的复杂度。

附图说明

- [0014] 为了更清楚地说明本申请的实施例的技术方案，下面将对实施例的描述中所需要使用的附图作简单的介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些示例性实施例，对于本领域普通技术人员来说，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。
- [0015] 图1A是示出根据本申请实施例的对来自用户终端的合并请求的处理的场景的示意图；
- [0016] 图1B是示出根据本申请实施例的待合并的多个骨骼模型示意图；
- [0017] 图1C是示出根据本申请实施例的对多个骨骼模型的合并的示意图；
- [0018] 图2A是示出根据本申请实施例的骨骼模型合并方法的流程图；
- [0019] 图2B是示出根据本申请实施例的骨骼模型合并的示意性流程图；
- [0020] 图3是示出根据本申请实施例的示例公共骨架的示意图；
- [0021] 图4A是示出根据本申请实施例的示例骨骼模型中的骨骼绑定的示意图；
- [0022] 图4B是示出根据本申请实施例的示例骨骼模型中的网格的示意图；
- [0023] 图4C是示出根据本申请实施例的示例骨骼模型中骨骼对图元的影响的示意图；
- [0024] 图5是示出根据本申请实施例的复制并绑定公共骨骼链副本的示意图；
- [0025] 图6是示出根据本申请实施例的顶点索引重建前后的渲染调用对比的示意图；
- [0026] 图7是示出根据本申请实施例的示例场景描述构建的示意图；
- [0027] 图8是示出根据本申请实施例的骨骼模型合并装置的示意图；
- [0028] 图9示出了根据本申请实施例的骨骼模型合并设备的示意图；
- [0029] 图10示出了根据本申请实施例的示例性计算设备的架构的示意图；
- [0030] 图11示出了根据本申请实施例的存储介质的示意图。

具体实施方式

- [0031] 为了使得本申请的目的、技术方案和优点更为明显，下面将参考附图详细描述根据本申请的示例实施例。显然，所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施

例，而不是本申请的全部实施例，应理解，本申请不受这里描述的示例实施例的限制。

[0032] 在本说明书和附图中，具有基本上相同或相似步骤和元素用相同或相似的附图标记来表示，且对这些步骤和元素的重复描述将被省略。同时，在本申请的描述中，术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性或排序。

[0033] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中所使用的术语只是为了描述本发明实施例的目的，不是旨在限制本发明。

[0034] 为便于描述本申请，以下介绍与本申请有关的概念。

[0035] 本申请的骨骼模型合并方法可以是基于人工智能(Artificial intelligence, AI)实现的。人工智能是利用数字计算机或者数字计算机控制的机器模拟、延伸和扩展人的智能，感知环境、获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法、技术及应用系统。换句话说，人工智能是计算机科学的一个综合技术，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器。例如，对于基于人工智能的骨骼模型合并方法而言，其能够以类似于人类通过肉眼识别多个待合并的骨骼模型并确定其间的关系来建立这些骨骼模型之间的关联，从而实现对多个骨骼模型的合并。人工智能通过研究各种智能机器的设计原理与实现方法，使本申请的骨骼模型合并方法具有实时准确地确定待合并的多个骨骼模型之间的冲突骨骼并基于冲突骨骼进行骨骼复制与映射，从而实现对存在骨骼冲突的多个骨骼模型的高效合并的功能。

[0036] 本申请的骨骼模型合并方法可以涉及骨架驱动变形技术。骨架驱动变形技术即骨架驱动的网络变形方法，作为一种重要的自由变形手段，其主要思想是将三维网络的变形与动物(包括人体)的运动相类比，将网络表面的点(皮肤)关联到骨架结构，网络变形由骨骼的运动来带动。该方法操作简单直观，适合于运动变形的应用，且建立的骨架模型能够被反复使用，因此被广泛应用于人体动画、游戏等领域。骨架驱动变形技术一般可以被认为是模拟动物运动方式而进

行的一种变形技术，其本质是通过编辑几何模型的骨架来带动几何模型产生形变，即网格模型表面区域的变形由其对应的约束骨骼的变形带动来实现。

[0037] 本申请的骨骼模型合并方法还可以涉及蒙皮变形技术。骨骼运动导致的网格皮肤变形通常被称为蒙皮变形，其中表面网格皮肤即为蒙皮。当皮肤变形动画中的蒙皮顶点仅受到单个骨骼影响时，可能会出现不自然的皮肤变形失真现象，为了使该现象得到缓解，一般令多块骨骼同时作用于某个网格皮肤顶点，也就是将网格皮肤和多块骨骼绑定在一起，综合产生网格皮肤的变形。存在多种将多块骨骼与网格皮肤相关联的蒙皮变形方法，其中常见的蒙皮变形方法包括线性混合蒙皮(Linear Blending Skinning, LBS)变形方法。LBS变形方法通过为人体骨架建立局部关节算子，驱动局部骨骼运动引起网格皮肤的局部变形，通过皮肤顶点和多个关联骨骼的线性混合产生变形，该方法也常被称为关节相关局部变形(OLD, Joint-dependent Local Deformation)或骨架子空间变形。具体地，LBS方法将网格皮肤顶点和与其绑定的骨骼进行混合操作，将每个骨骼对于皮肤顶点变形的贡献程度赋予一个权值，然后线性混合每个骨骼对皮肤影响的权值，从而获得比较真实的蒙皮变形效果。应当理解，本申请仅以上述LBS方法作为示例而非限制来执行蒙皮变形，因此，其他可实现类似效果的蒙皮变形算法也可应用于本申请的骨骼模型合并方法。

[0038] 综上所述，本申请的实施例提供的方案涉及人工智能、骨架驱动变形和蒙皮变形等技术。需要说明的是，本申请实施例提供的骨骼模型的合并方法可以由骨骼模型合并设备执行，该骨骼模型合并设备可以是服务器，也可以是用户终端，下面将结合附图对本申请实施例提供的骨骼模型合并方法进行进一步地描述。

[0039] 图1A是示出根据本申请的实施例的对来自用户终端的合并请求的处理的场景100的示意图。图1B是示出根据本申请实施例的待合并的多个骨骼模型的示例场景的示意图。图1C是示出根据本申请实施例的对多个骨骼模型的合并的示意图。

[0040] 在向用户呈现二维或三维动画的用户终端中，用户可以通过操作其用户终端上的显示画面来获得期望的效果，例如对于用户终端上安装的网络游戏，用户可

以通过与用户终端的交互(例如, 触摸控制或通过外围设备控制)来控制游戏画面, 诸如通过选定游戏画面中的骨骼模型(例如, 图1B所示的角色装备替换界面中的模型中的一个或多个)来发起对多个骨骼模型的合并请求。接着用户终端可以通过网络向该应用的服务器传输其数据以供服务器处理。

[0041] 在一种可能的实现方式中, 用户终端具体可以包括智能手机、平板电脑、膝上型便携计算机、车载终端、可穿戴设备等等。用户终端还可以是安装浏览器或各种应用(包括系统应用及第三方应用)的客户端。网络可以是基于互联网和/或电信网的物联网(Internet of Things), 其可以有有线网也可以是无无线网, 例如, 其可以是局域网(Local Area Network, LAN)、城域网(Metropolitan Area Network, MAN)、广域网(Wide Area Network, WAN)、蜂窝数据通信网络等能实现信息交换功能的电子网络。服务器可以是独立的物理服务器, 也可以是多个物理服务器构成的服务器集群或者分布式系统, 还可以是提供云服务、云数据库、云计算、云函数、云存储、网络服务、云通信、中间件服务、域名服务、安全服务、CDN、以及大数据和人工智能平台等基础云计算服务的云服务器。

[0042] 如图1A所示, 服务器可以基于接收的用户数据(例如, 关于所选择的骨骼模型的名称等信息)执行对来自该终端的合并请求的相关处理。随后, 服务器可将所确定的与该合并请求相对应的处理结果通过网络返回到用户终端并进行相应的画面显示, 从而完成对用户的合并请求的响应。

[0043] 上述服务器对合并请求的处理通常基于骨架驱动变形技术, 其是模拟动物运动方式的一种变形技术, 即骨骼模型的表面网格的变形由其对应的约束骨骼的变形带动来实现, 通过施加骨架驱动变形来实现骨骼模型的运动模拟或变形设计。对骨骼模型的合并可以包括对骨骼模型所包括的骨骼和网格的合并, 并且所合并的多个骨骼模型各自的骨骼动画也需要在合并之后的骨骼模型上进行显示。

[0044] 然而, 在利用骨架驱动变形技术实现由骨骼驱动网格形变的动画系统中, 对于一个公共骨架中的同一部位, 可能同时存在多个骨骼模型可以映射至该公共骨架的该部位, 并且这些骨骼模型可能分别对应于同时待呈现的多个不同的骨

骼动画。通常，在对从场景中收集的骨骼模型集合进行合并时，需要将该骨骼模型集合中的每个骨骼模型分别绑定至公共骨架。而对于上述存在多对一映射的情况，由于在对映射至公共骨架中的同一公共骨骼的多个骨骼模型进行处理时，需要将该多个骨骼模型绑定至该公共骨骼，这通常会导致骨骼冲突，使得部分骨骼模型丢失或动画播放错误，造成画面异常。

[0045] 作为示例，对于如图1B所示的角色装备替换场景，用户可以通过选择所示出的骨骼模型(图1B中公共骨架右侧的模型，例如腿部-模型1、脚部-模型3等)中的一个或多个来与公共骨架中的对应公共骨骼进行合并。例如，用户可以将躯干-模型1、腿部-模型2和脚部-模型4进行合并，并且由于这三个骨骼模型分别在公共骨架的对应公共骨骼之间不存在重合，因此这三个骨骼模型之间不存在骨骼冲突，可以直接实现骨骼模型合并。但是，在尝试对腿部-模型4与脚部-模型1、2、3和4中的任何一个进行合并时，由于腿部-模型4在公共骨架中所对应的公共骨骼包括腿部和脚部两个公共骨骼部分，而脚部-模型1、2、3和4均对应于脚部公共骨骼，腿部-模型4与脚部-模型1、2、3和4中的任何一个进行合并会出现公共骨骼重合，因此将这些待合并的骨骼模型绑定至公共骨骼将导致骨骼冲突的问题。

[0046] 如图1C所示，对于图1C中的(a)所示的待合并的五个骨骼模型(分别示为身体、头部、脸部、酒杯和机甲)，图1C中的(b)示出了该五个骨骼模型的正确合并状态，但由于身体与机甲、酒杯与机甲、以及头部与脸部等骨骼模型之间的骨骼冲突，其采用上述骨骼合并方法所呈现的合并结果中的一个示例可以如图1C中的(c)所示，其中五个骨骼模型的位置关系出现错乱，头部与机甲成功合并，但其他三个骨骼模型由于骨骼冲突而被丢弃，导致无法正常显示，并且这些骨骼模型所对应的骨骼动画也因此将无法播放。

[0047] 因此，需要一种能够在存在骨骼冲突的情况下实现多个骨骼模型的正确合并的方法。本申请基于此，提供了一种骨骼模型合并方法，其通过确定存在骨骼冲突的骨骼模型之间的重合部分并针对该重合部分进行相应处理来解决骨骼冲突导致的合并冲突。

- [0048] 本申请实施例所提供的方法相比于相关技术提供的骨骼模型合并方法而言，能够完整保留对应于同一公共骨骼的所有骨骼模型并实现所有相应的骨骼动画，避免了骨骼冲突所导致的骨骼模型丢失和动画播放错误。
- [0049] 本申请实施例所提供的方法通过确定待合并的多个骨骼模型中与同一公共骨骼相对应的若干骨骼模型，并针对这些骨骼模型进行公共骨骼链复制与绑定，以建立存在骨骼冲突的骨骼模型所包括的图元集合分别与公共骨架中的相应公共骨骼之间的映射，从而实现存在骨骼冲突的多个骨骼模型之间的合并。通过本申请实施例的方法能够在待合并的多个骨骼模型中存在骨骼冲突的情况下实现对骨骼模型的高效且准确的合并，以达到更优的画面动画显示，从而提升用户体验。本申请的实施例的方法适用于复杂骨骼模型和多人物骨骼模型的合并，并且与游戏引擎和工具解耦，此外，该方法还能够优化渲染性能，降低骨骼模型合并的复杂度。
- [0050] 图2A是示出根据本申请实施例的骨骼模型合并方法200的流程图。图2B是示出根据本申请实施例提供的骨骼模型合并方法的示意性流程图。
- [0051] 如图2A和2B所示，骨骼模型合并方法200可以包括步骤201-205，而骨骼模型合并的实际流程可以包括初始化、骨骼信息重建、网格合并和后处理管线四个部分。方法200的步骤与实际流程之间可以存在对应关系，例如步骤201可以对应于初始化部分，而步骤202-205可以对应于骨骼信息重建部分的处理。
- [0052] 如图2B所示，骨骼模型合并首先需要进行初始化，包括场景描述构建、骨骼模型收集和骨骼模型过滤。
- [0053] 在步骤201中，可以获取待合并的多个骨骼模型，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型分别可以包括一个图元集合并且每个骨骼模型分别对应于公共骨架的一个公共骨骼集合。
- [0054] 在一种可能的实现方式中，步骤201的执行对应于上述骨骼模型收集和骨骼模型过滤处理，例如待合并的多个骨骼模型的获取可以由用户通过在用户终端中执行选择操作来实现，而未被选中的骨骼模型则对应地被过滤。此外，为了清楚起见，初始化操作中的场景描述构建部分将在下文参考图7进行描述。

- [0055] 根据本申请的实施例，所述公共骨架可由多个公共骨骼组成，并且所述多个公共骨骼之间存在层级关系。
- [0056] 如上所述，对多个骨骼模型的合并可以基于公共骨架。作为示例，图3是示出根据本申请实施例的示例公共骨架的示意图。如图3所示，公共骨架可以包括公共骨骼根节点，并基于公共骨骼根节点而包括一条或多条公共骨骼链。
- [0057] 例如，图中以骨盆作为公共骨骼根节点，位于该根节点的下一层级的节点可以包括躯干、左大腿和右大腿三个节点，而这些节点可以各自包括相应的下级节点以及更下级节点。因此，在前述示例的情况下，该公共骨架可以包括诸如骨盆—左大腿—左小腿—左脚、骨盆—躯干—头部、以及骨盆—躯干—右上臂—右下臂—右手等公共骨骼链。应当理解，对于根节点及其下级节点的定义与选取可以根据实际应用与需要设置，本申请所采用的公共骨架的形式仅用作示例而非限制，其他包括更多或更少骨骼的公共骨架以及基于不同层级划分方式的公共骨架同样可以适用于本申请的骨骼模型合并方法。
- [0058] 在一种可能的实现方式中，多个公共骨骼之间的层级关系可以是基于这些公共骨骼之间的层级骨骼运动方式的。同一公共骨骼链中的每个骨骼可以被表示为变换矩阵的抽象表示，即其相对于上级公共骨骼的相对变换(例如，肩膀的运动可以带动手臂、手指等的运动，因此手臂和手指的变换可以表示为其相对于上级公共骨骼的变换)，因此对下级公共骨骼的变换的计算可以转换为按层级关系递归地计算上级公共骨骼的变换(即，从局部变换转换为全局变换)。
- [0059] 此外，由于骨骼间的层级关系，如果两个层级的骨骼之间的中间层级骨骼丢失，则下级骨骼的运动可能出现错乱，因此在后续骨骼模型合并处理中应基于公共骨骼链而非单个骨骼来进行。
- [0060] 根据本申请实施例，多个骨骼模型中的每个骨骼模型还可以包括一个骨骼集合，骨骼模型可以是基于其骨骼集合而对应于所述公共骨架的一个公共骨骼集合的。
- [0061] 图4A是示出根据本申请的实施例的示例骨骼模型中的骨骼绑定的示意图。
- [0062] 图4A所示的示例骨骼模型的骨架采用如图3所示的公共骨架的结构，以骨盆作为根节点，从而包括基于骨盆的多条公共骨骼链。对于骨骼模型所包括的骨骼

集合，其可以是基于上述公共骨架确定的，或者也可以是基于其他骨骼划分方式确定的，本申请对此不作限制，但骨骼模型的骨骼集合与公共骨架的公共骨骼之间存在对应关系，例如基于各自与人体部位的映射。对于该公共骨架，每个骨骼模型可以基于其骨骼集合与该公共骨架的对应关系来确定其在公共骨架中所对应的公共骨骼集合。例如，对于如图1B中的腿部-模型4，其骨骼集合可以包括{腿部，脚部}，而该骨骼模型在公共骨架所对应的公共骨骼集合可以包括{骨盆，左大腿，左小腿，左脚，右大腿，右小腿，右脚}。

[0063] 根据本申请实施例，一个图元集合中的每个图元包括多个顶点，并且每个顶点具有骨骼指示符，该骨骼指示符用于指示与顶点相对应的骨骼标识。在一种可能的实现方式中，骨骼模型可以包括骨骼部分和网格部分，其中骨骼和网格可以基于各自与公共骨架的对应关系而存在映射关系，骨骼可通过运动变换来驱动网格变化，网格为图元的集合，用于在三维空间中表示对象。

[0064] 图4B是示出根据本申请的实施例的示例骨骼模型中的网格的示意图。如图4B所示，该骨骼模型的网格由大量图元构成，这些图元可以是各种平面或曲面图形，诸如三角形或四边形。每个图元基于其形状划分可以包括多个顶点，这些顶点可以受与该图元相关联的一个或多个骨骼影响。

[0065] 在一种可能的实现方式中，上述一个图元集合可以是与骨骼模型在公共骨架所对应的公共骨骼集合存在映射关系的图元的集合，该图元集合中每个图元的顶点的骨骼标识符可以指向与该公共骨骼集合中的一个公共骨骼相关的骨骼，具体描述可以参见以下关于步骤205所述。

[0066] 在一种可能的实现方式中，上述与图元相关联的一个或多个骨骼对该图元的顶点的影响可以如图4C所示。图4C是示出根据本申请的实施例的示例骨骼模型中骨骼对图元的影响的示意图。

[0067] 如上所述，当图元的顶点仅受到单个骨骼影响时，可能会出现不自然的图元变形失真现象，为了使该现象得到缓解，一般可以使多个骨骼同时作用于一个顶点，也就是将图元和多个骨骼相关联，以联合产生更自然的图元变形，从而生成更真实的骨骼动画。

- [0068] 在一种可能的实现方式中,可以将图元的顶点和与其相关联的一个或多个骨骼进行混合操作,例如针对图元集合中每个图元的顶点,获取与顶点相关联的骨骼,然后确定与该顶点相关联的骨骼对该顶点的影响权重值,进而对每个骨骼对顶点的影响权重值进行混合,以确定变换后的顶点。其中,与该顶点相关联的骨骼对该顶点的影响权重值的确定方法可以是每个骨骼对于顶点变形的贡献程度确定为该骨骼对顶点的影响权重值。对每个骨骼对顶点的影响权重值进行混合例如可以是线性混合,本申请实施例对此不做限定。
- [0069] 例如,对于上述线性混合的情况,假设骨骼模型中的骨骼j的全局变换矩阵为 B_j ,顶点 v_i 被多个骨骼影响而产生变换,则变换后的顶点 v'_i 可以表示为 $v'_i = \sum_j w_{ij} B_j v_i$,且 $\sum_j w_{ij} = 1$,其中 w_{ij} 为骨骼j对当前顶点i的影响权重。当然,前述线性混合表示在本申请中仅用作示例而非限制,该示例仅用于说明影响权重值的概念而不旨在将蒙皮变形限制于线性混合蒙皮。
- [0070] 如图4C所示,每个骨骼可以对一部分图元顶点产生影响,并且该骨骼对受影响的图元顶点存在对应的影响权重,越高的影响权重值指示影响程度越高,而当影响权重值为零时,该骨骼不会对顶点产生任何影响。图4C中以骨骼模型的右大腿的骨骼为示例示出骨骼对图元顶点的影响,灰色越深(不包括除骨骼模型的右腿外的其他部分)指示影响权重值越高,即上述 w_{ij} 值越大,该顶点 v_i 的变换受骨骼j的变换 B_j 的影响越大。
- [0071] 在步骤202中,对于所述多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型,确定所述两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集。
- [0072] 上述两个骨骼模型所对应的两个公共骨骼集合的交集可以指示这两个骨骼模型相对于公共骨架的重合骨骼(即冲突骨骼),这些重合骨骼将导致常规方法下的合并冲突,因此在这两个骨骼模型所对应的两个公共骨骼集合的交集不为空集(即存在至少一个重合骨骼)的情况下,可以针对该交集来进行骨骼模型合并。
- [0073] 在一种可能的实现方式中,对于多个骨骼模型中的任何两个骨骼模型($Mesh_a$, $Mesh_b$),假设存在公共骨架的公共骨骼集合为 $Skel$,这两个骨骼模型所对应的两个公共骨骼集合分别为 $Skel_A$ 和 $Skel_B$,其中 $Skel_A \subseteq Skel$, $Skel_B \subseteq Skel$,则这两个骨骼模型的合并可以看作建立 $Mesh_a$ 到 $Skel_A$ 以及 $Mesh_b$ 到 $Skel_B$ 的映射。在一种

可能的实现方式中，可以将 $Skel_A$ 和 $Skel_B$ 的交集表示为集合 S ，即 $S = Skel_A \cap Skel_B$ 。

- [0074] 因此，在一种可能的实现方式中，如果 $S = \emptyset$ ，则表示这两个骨骼模型($Mesh_a$ ， $Mesh_b$)之间不存在骨骼冲突，因此可以正常进行合并，例如进入下一阶段(诸如图2B中的网格合并阶段)。
- [0075] 而在 $S \neq \emptyset$ 的情况下，可以针对该集合 S 来进行骨骼模型合并，该合并操作可以包括如图2B所示的冲突骨骼链复制、冗余骨骼剔除和动画信息修复。
- [0076] 在步骤203中，在所述交集包括公共骨骼的情况下，对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链。
- [0077] 在一种可能的实现方式中，对于集合 S ，考虑到该集合 S 对应于前述两个骨骼模型相对于公共骨架的重合骨骼的集合，需要针对其中的每个重合骨骼逐个确定最终公共骨骼链，每条最终公共骨骼链包括至少一个重合骨骼。
- [0078] 根据本申请的实施例，步骤203可以包括：在交集包括公共骨骼的情况下，对于交集中的所有公共骨骼，基于所有公共骨骼之间的层级关系，确定最终公共骨骼链。
- [0079] 在一种可能的实现方式中，最终公共骨骼链中的所有公共骨骼是有序的，并且按照公共骨架的上述层级关系进行排序，例如，一条最终公共骨骼链中从上至下的公共骨骼所对应的层级为从高到低。
- [0080] 在一种可能的实现方式中，对于上述交集中的所有公共骨骼，可以针对每个公共骨骼确定一条待定公共骨骼链，然后从所确定的所有待定公共骨骼链中选择能够覆盖交集中的所有公共骨骼、并且具有最少待定公共骨骼链数量的待定公共骨骼链集合，作为上述最终公共骨骼链。
- [0081] 根据本申请的实施例，对于所述交集中的所有公共骨骼，基于所有公共骨骼之间的层级关系，确定最终公共骨骼链可以包括：确定能够覆盖所有公共骨骼、并且具有最少公共骨骼链数量的公共骨骼链集合，以根据公共骨骼链集合确定最终公共骨骼链，其中同一条最终公共骨骼链中不存在属于同一层级的两个或更多个公共骨骼。

- [0082] 在一种可能的实现方式中，可以针对所有公共骨骼中的每个公共骨骼确定一条待定公共骨骼链，并根据所确定的所有待定公共骨骼链来确定上述最终公共骨骼链。例如，上述针对每个公共骨骼所确定的待定公共骨骼链可以是以该公共骨骼为起点(即以该公共骨骼作为该公共骨骼链中的最高级骨骼)的任何长度的公共骨骼链，该公共骨骼链包括该公共骨骼的下级公共骨骼中的一个或多个(在存在该公共骨骼的下级公共骨骼的情况下)。因此，所确定的多条待定公共骨骼链中可能存在交集，为了减少公共骨骼链集合中的公共骨骼链数量，需要对存在交集的待定公共骨骼链进行合并，以尽可能生成最长且其中的公共骨骼按照层级关系依次排列的公共骨骼的公共骨骼链，作为上述最终公共骨骼链中的一条。若最终公共骨骼链包括多条，则每条公共骨骼链中所包括的公共骨骼按照层级关系单向依次排列(例如，层级关系递增式排列或层级关系递减式排列)，也就是说，该公共骨骼链不存在分支。
- [0083] 此外，为了实现与上述方法相同的目的，所确定的公共骨骼链还可以是与上述方法不同的树状结构，即每条公共骨骼链中可以存在属于同一层级的两个或更多个公共骨骼。
- [0084] 根据本申请的实施例，对于交集中的所有公共骨骼，基于所有公共骨骼之间的层级关系，确定最终公共骨骼链可以包括：对于所有公共骨骼中的每个公共骨骼，将公共骨骼及其在公共骨架中所对应的所有下级公共骨骼作为一条待定公共骨骼链；以及对于所有公共骨骼所对应的所有待定公共骨骼链中的任意两条待定公共骨骼链，在两条待定公共骨骼链为包含关系的情况下，去除两条待定公共骨骼链中包含更少公共骨骼的待定公共骨骼链，得到最终公共骨骼链。根据本申请的实施例，最终公共骨骼链的上级公共骨骼和下级公共骨骼均是基于层级关系确定的。
- [0085] 在一种可能的实现方式中，上述针对每个公共骨骼所确定的待定公共骨骼链可以是以该公共骨骼为起点并且包括该公共骨骼的所有下级公共骨骼的公共骨骼链(例如，在该公共骨骼包括属于同一层级的多个下级公共骨骼时，该公共骨骼链可以为树状结构)，因此对于交集集中的每个公共骨骼可以确定一条待定公共骨骼链。根据上述公共骨骼链的形成，交集集中的公共骨骼所对应的待定公共骨骼

链可能存在重合(即,存在包含关系),例如,对于如图3所示的公共骨架,当交集包括躯干和右下臂时,躯干所对应的待定公共骨骼链可以包含右下臂所对应的待定公共骨骼链。因此,对于交集中的所有公共骨骼所对应的所有待定公共骨骼链中的存在包含关系的任意两条待定公共骨骼链,可以去除其中包含更少公共骨骼的待定公共骨骼链而保留另一条公共骨骼链,作为最终公共骨骼链。

[0086] 作为示例,在上述 $S = \text{Skel}_A \cap \text{Skel}_B \neq \emptyset$ 的情况下,可以将公共骨架看作类似于树的数据结构,而 S 可看作该树的子节点集合。因此,根据树形数据结构的属性,可以如上所述根据 S 中的所有节点(例如, n 个节点)确定 n 个子树(n 个待定公共骨骼链),以形成待定子树集合 T' 。对于待定子树集合 T' 中的任何两个子树 A 和 B ,如果 A 和 B 为包含关系,并且 $A \subseteq B$,则从集合 T' 中去掉子集 A ,而保留超集 B 。因此,通过上述操作,可以生成新的子树集合 T ,即上述最终公共骨骼链的集合。

[0087] 应当理解,上述两种对最终公共骨骼链的形式定义在本申请中仅用作确定最终公共骨骼链的示例而非限制,其他可用于实现相同效果的最终公共骨骼链形式同样可以适用于本申请的骨骼模型合并方法。

[0088] 在步骤204中,基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本,并将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼。

[0089] 如上所述,在发生骨骼冲突的情况下,存在两个或更多个骨骼模型对应于公共骨架的相同骨骼(冲突骨骼)。由于对于该冲突骨骼,需要执行与这两个或更多个骨骼模型相关联的两个或更多个骨骼动画,但这对于单个冲突骨骼来说难以实现,因此可以生成与冲突骨骼相关联但同时互不影响的骨骼副本,使得可以在这些骨骼副本上执行骨骼动画,这些骨骼副本可以对应于同一公共骨骼,并且共同绑定至该公共骨骼的上级公共骨骼,使得这些骨骼副本可以共同受该上级公共骨骼的变换所影响,从而可以按层级关系递归地计算上级公共骨骼的变换以获得这些骨骼副本的变换。

[0090] 根据本申请的实施例,基于最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本包括:对最终公共骨骼链所包括的所有公共骨骼及其层级关系进行复制,以获得最终公

共骨骼链副本；最终公共骨骼链副本中的每个公共骨骼与最终公共骨骼链中的每个公共骨骼具有不同的骨骼标识。

[0091] 在一种可能的实现方式中，最终公共骨骼链副本可以包括与原始公共骨骼相对应但具有不同骨骼标识的公共骨骼副本，并且这些公共骨骼副本在最终公共骨骼链副本中的排列(即层级关系)和与其对应的原始公共骨骼在原始的公共骨骼链中的排列一致。

[0092] 例如，对于如上所述的子树集合 T ，可以针对其中的每个子树 T_i ，确定该子树的父节点(表示为 F_i)，继而复制该子树 T_i 以获得子树副本 T'_i 。因此，可以将子树副本 T'_i 绑定至父节点 F_i ，从而生成对应于待合并的骨骼模型的新的公共骨架，以用于将这些骨骼模型映射至新的公共骨架。

[0093] 图5是示出根据本申请实施例的复制并绑定公共骨骼链副本的示意图。如图5所示，假设已存在如图3所示的公共骨架(图5中示为以实线相连)，在存在一条最终公共骨骼链为右上臂—右下臂—右手的情况下，其所对应的最终公共骨骼链副本可以为右上臂2—右下臂2—右手2，并且类似于原始公共骨骼链地，将该最终公共骨骼链副本中具有最高层级的公共骨骼副本(右上臂2)绑定至其所对应的原始公共骨骼(右上臂)的上级公共骨骼(躯干)，如图5中以虚线相连的骨骼链所示。

[0094] 此外，根据本申请实施例，在一些情况下，最终公共骨骼链的上级公共骨骼可能不存在，在这种情况下，为了实现绑定操作，在最终公共骨骼链的上级公共骨骼不存在的情况下，还可以先建立一个临时上级公共骨骼，此时将最终公共骨骼链副本绑定到最终公共骨骼链的上级公共骨骼的方式可以是将最终公共骨骼链和最终公共骨骼链副本分别绑定到临时上级公共骨骼。

[0095] 由于骨骼之间的运动变换基于层级关系，且下级骨骼的运动受上级骨骼的直接影响，在公共骨骼的上级公共骨骼不存在的情况下，该公共骨骼与其公共骨骼副本将无法进行关联，因此在一种可能的实现方式中，可以构建该公共骨骼的临时上级公共骨骼作为该公共骨骼与其公共骨骼副本的关联节点。

[0096] 例如，在上述两个公共骨骼集合的交集存在公共骨架中具有最高层级的公共骨骼(诸如图3中的骨盆)的情况下，由于该公共骨骼的上级公共骨骼不存在，因

此可以构建一个临时上级公共骨骼以用于将该公共骨骼(及其最终公共骨骼链)与其所对应的公共骨骼副本(及其最终公共骨骼链副本)共同绑定至同一上级公共骨骼,从而与相同的上级公共骨骼变换相关。

- [0097] 在一种可能的实现方式中,与冲突骨骼相对应的公共骨骼和公共骨骼副本可以具有不同的骨骼标识(如图5中的最终公共骨骼链{右上臂—右下臂—右手}与最终公共骨骼链副本{右上臂2—右下臂2—右手2}所示),并且与该公共骨骼和公共骨骼副本分别相对应的骨骼模型也具有不同的骨骼标识,使得这些骨骼模型的图元集合(网格)可以通过其特有的骨骼标识映射至公共骨骼或公共骨骼副本。
- [0098] 在步骤205中,建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射,并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射,以合并所述两个骨骼模型。
- [0099] 在一种可能的实现方式中,在完成冲突骨骼所对应的最终公共骨骼链的复制与绑定后,为了正常显示各个骨骼模型的骨骼动画,可以将各个骨骼模型的图元集合与所生成的新的公共骨架(包括最终公共骨骼链和最终公共骨骼链副本)建立关联,即,将各个骨骼模型的图元集合映射到新的公共骨架的最终公共骨骼链或最终公共骨骼链副本。
- [0100] 在一种可能的实现方式中,骨骼模型所包括的骨骼集合中的骨骼可以具有不同的骨骼标识,使得这些骨骼模型的图元集合中的每个图元可以通过特定骨骼标识映射至特定骨骼。如上所述,公共骨骼和公共骨骼副本也可以具有不同的骨骼标识,并且公共骨骼和公共骨骼副本的骨骼标识与骨骼模型的骨骼集合中的骨骼的骨骼标识之间可以存在对应关系,使得在完成冲突骨骼链的复制之后,可以将各个骨骼模型的图元集合分别基于该对应关系而映射到对应的公共骨骼或公共骨骼副本。
- [0101] 根据本申请的实施例,步骤205可以包括:对于两个骨骼模型中的一个骨骼模型所包括的图元集合中的每个图元,将图元所包括的每个顶点的骨骼指示符映射至最终公共骨骼链中相应公共骨骼链中的相应公共骨骼,以及将图元所包括

的每个顶点的骨骼指示符映射至最终公共骨骼链副本中相应公共骨骼链中的相应公共骨骼。

- [0102] 在一种可能的实现方式中，图元的每个顶点可以具有骨骼指示符和权重属性，其中骨骼指示符可用于指示与该顶点相对应的骨骼的骨骼标识，而权重属性可以指示各个骨骼的变形对该顶点的影响权重(例如，头部的变形对于左脚的图元顶点可能不会产生任何影响，头部骨骼对于左脚的图元的顶点的影响权重值可以为零)，如上参考图4C所述。因此，图元顶点可以通过其骨骼指示符来映射至特定骨骼，而骨骼的变形可以通过权重属性来影响顶点变形。
- [0103] 如上所述，将各个骨骼模型的图元集合映射到最终公共骨骼链或最终公共骨骼链副本可以包括将各个骨骼模型的图元集合中的每个图元的每个顶点的骨骼指示符修改为其在对应公共骨骼链或公共骨骼链副本中的相应公共骨骼的骨骼标识，这可以看作为公共骨骼或公共骨骼副本蒙皮，使得该公共骨骼的变换导致该图元顶点的形变。
- [0104] 此外，还可以对应地修改这些顶点的权重属性，包括为最终公共骨骼链副本中的公共骨骼副本所对应的图元顶点重新确定权重属性，例如复制映射至最终公共骨骼副本所对应的原始公共骨骼的图元顶点的权重属性，使得各个骨骼模型的骨骼动画可以由唯一与其对应的公共骨骼或公共骨骼副本来呈现，从而实现图2B中所示的骨骼信息重建阶段的动画信息修复。
- [0105] 在如上所述的冲突骨骼链复制的过程中，基于最终公共骨骼链的确定方式，可能会导致新生成的公共骨架中存在部分冗余骨骼。例如，在所确定的最终公共骨骼链为如上所述的树状结构的情况下，由于针对每个公共骨骼所确定的待定公共骨骼链可以是以该公共骨骼为起点并且包括该公共骨骼的所有下级公共骨骼的公共骨骼链，虽然针对存在包含关系的情况进行了部分公共骨骼链去除，但是由于针对每个公共骨骼所确定的待定公共骨骼链 中包括该公共骨骼及其所有下级公共骨骼，在该待定公共骨骼链的末端可能存在冗余部分，继而导致所确定的公共骨骼链和公共骨骼链副本存在冗余部分。
- [0106] 例如，对于如图3所示的公共骨架，在两个公共骨骼集合的交集中包括躯干和右下臂时(对应于以上参考步骤203所描述的情况)，由于躯干所对应的待定公

共骨骼链可以包含右下臂所对应的待定公共骨骼链，因此对于上述交集所复制的公共骨骼链为躯干所对应的待定公共骨骼链，包括躯干及其所有下级公共骨骼，诸如左上臂、头部、右上臂、左下臂、右下臂、左手和右手。但是，如前所述，两个骨骼模型的实际冲突部分仅为躯干和右下臂，而并不涉及头部及左上臂等，如果在后续计算中采用包括躯干的所有下级公共骨骼的公共骨骼链副本，将增加后续计算的复杂度且浪费计算资源。因此，可以对新生成的公共骨架进行冗余骨骼剔除处理，如图2B所示。

[0107] 除了上述步骤201-205之外，本申请的骨骼模型合并方法还可以包括步骤206和步骤207。

[0108] 在步骤206中，可以在最终公共骨骼链副本中存在冗余骨骼的情况下，从最终公共骨骼链副本中去除该冗余骨骼。冗余骨骼包括冗余公共骨骼，冗余公共骨骼位于最终公共骨骼链副本中，且冗余公共骨骼不属于两个骨骼模型中映射到最终公共骨骼链副本的骨骼模型所对应的公共骨骼集合，以及在冗余公共骨骼存在下级公共骨骼的情况下，冗余公共骨骼的下级公共骨骼也不属于公共骨骼集合。

[0109] 例如，针对上述在两个公共骨骼集合的交集中包括躯干和右下臂的情况，所生成的原始公共骨骼链副本可以包括躯干及其所有下级公共骨骼，即{躯干、左上臂、头部、右上臂、左下臂、右下臂、左手和右手}。假设这两个骨骼模型中映射到最终公共骨骼链副本的骨骼模型所对应的公共骨骼集合为{躯干，右下臂，左下臂}，则冗余骨骼可以包括冗余公共骨骼，该冗余公共骨骼位于最终公共骨骼链副本中，且不属于该公共骨骼集合，并且不存在下级公共骨骼(例如，头部、左手和右手)，而左上臂和右上臂由于其下级公共骨骼属于该公共骨骼集合，为了建立属于非相邻层级的公共骨骼之间的关联，而不被确定为冗余骨骼。因此，对于上述情况，可以从最终公共骨骼链副本中去除头部、左手和右手，从而生成经冗余骨骼剔除处理的新公共骨骼链副本{躯干、左上臂、右上臂、左下臂、右下臂}。

[0110] 通过对所生成的公共骨架进行冗余骨骼剔除处理，可以降低后续计算的复杂度并节省计算资源。

[0111] 如图2B所示,在完成骨骼信息重建从而解决骨骼冲突之后,可以进入网格合并阶段。由于图形应用程序编程接口(Application Programming Interface, API)通常通过图元的顶点来访问网格的图元,因此需要对待合并的所有骨骼模型的图元的顶点及其他属性进行合并,使得可以对场景中待合并的所有骨骼模型的骨骼动画进行合并渲染而不是逐个渲染,从而减少渲染批次和计算量,提高渲染效率。

[0112] 因此,在步骤207中,可以对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合进行合并,以合并所述多个骨骼模型;所述对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合进行合并可以包括对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合中每个图元的所有顶点进行合并。

[0113] 在一种可能的实现方式中,对多个骨骼模型分别包括的图元集合中每个图元的所有顶点进行合并可以包括对所有顶点的各种属性进行合并,包括但不限于以下作为示例描述的顶点数量合并,即图2B的网格合并阶段的顶点索引重建。

[0114] 例如,假设存在N个待合并的骨骼模型(分别表示为 $\text{Mesh}_1, \dots, \text{Mesh}_N$),这些骨骼模型分别对应的顶点数量为 $C_1, \dots, C_N$,其中每个骨骼模型 Mesh_n 的顶点集合可以表示为 $I_n = 0, \dots, C_n$ 。此外,假设 $\text{card}(P)$ 表示用于获取有限集合P的元素个数的函数,则 $\text{card}(I_n) = C_n + 1$ 。

[0115] 假设针对顶点集合P的顶点集合操作函数为:

$$\text{Accu}(P, c) = \{x_0 + c, x_1 + c, \dots, x_n + c\} \quad (1)$$

[0116] 其中 $(x_0, \dots, x_n) \in P, n = \text{card}(P) - 1$,因此该操作函数 $\text{Accu}(P, c)$ 表示为顶点集合P中的所有元素的数值加c。

[0117] 此外,还可以假设用于确定顶点集合 I_n 之前的顶点集合的元素的数量之和的函数为:

$$\text{PreS}(I, n) = \begin{cases} 0, & n < 2 \\ \text{card}(I_{n-1}) + \text{PreS}(I, n-1), & n \geq 2 \end{cases} \quad (2)$$

[0118] 如上式(2)所示, $\text{PreS}(I, 0)$ 和 $\text{PreS}(I, 1)$ 均为0, 因为在顶点集合 I_1 之前并无顶点集合存在, 而从顶点集合 I_2 开始, $\text{PreS}(I, n)$ 表示在第 n 个顶点集合之前的顶点集合的元素总数。

[0119] 因此, 对 n 个顶点集合 $I_1, \dots, I_n$ 的顶点合并操作可表示为:

$$\text{Merge}(I, n) = \begin{cases} \emptyset, & n < 1 \\ \text{Merge}(I, n-1) \cup \text{Accu}(I_n, \text{PreS}(I, n)), & n \geq 1 \end{cases} \quad (3)$$

[0120] 上式(3)即为对 n 个顶点集合 $I_1, \dots, I_n$ 进行合并之后所生成的顶点集合, 其中可以为 I_1 之后的顶点集合中的各个元素的索引加上偏移, 以使得所生成的顶点集合中的顶点索引连续, 该偏移可为该顶点集合之前的顶点集合的元素总数。

[0121] 图6是示出根据本申请的实施例的顶点索引重建前后的渲染调用对比的示意图。如图6所示, 在图6的(a)和(b)中示出了用于顶点索引重建前后的渲染调用程序示意图, 其中(a)和(b)中的前五行为渲染的准备工作, 包括渲染场景的设置, 而从第六行开始, 即为渲染函数的调用, (a)和(b)分别对应于在要对63924个顶点进行渲染的情况下, 应用顶点索引重建之前和之后的渲染调用。在图6(a)中, 针对63924个顶点, 渲染调用共执行5次, 该渲染调用的次数可能与场景中待合并的骨骼模型的数量相关(例如, 此场景对应于图1C(a)所示的合并场景, 其中包括五个待合并的骨骼模型), 针对每个骨骼模型需要执行一次渲染调用。而在根据本申请的实施例应用顶点索引重建之后, 渲染调用的执行次数从5次降为1次, 因为图元顶点索引已经基于诸如上述示例方法的处理完成了重建并形成了可在单次渲染调用中使用的顶点索引。

[0122] 因此, 通过上述顶点索引重建操作, 图形API的渲染调用次数可以显著减少, 从而减少渲染批次和计算量, 提高渲染效率。此外, 对于图元的其他属性的合并也可以看作为集合的合并操作类似地处理。

[0123] 如图2B所示, 在完成图元属性合并之后, 可以执行权重信息修复和材质标识生成操作, 包括更新经合并的骨骼模型所包括的图元顶点的权重属性信息、以及针对各个骨骼模型的图元属性, 为其图元生成材质标识, 以指示以哪种材质(例如, 皮肤、布料等)渲染该图元。

- [0124] 除了上述操作外，图2B所示的后处理管线可以提供多种后处理操作，包括但不限于顶点缩放、UV翻转、格式转换、绕序反转和后处理插件框架等，通过提供灵活的后处理框架和跨引擎骨骼动画描述，适用于多种游戏引擎。
- [0125] 接下来，针对图2B中的场景描述构建部分，图7是示出根据本申请实施例的示例场景描述构建的示意图。
- [0126] 在图7中，实心菱形线表示实心菱形线的尾端的对象是其首端(实心菱形)的对象的不可或缺的部件，例如，公共骨架的构建依赖于骨骼，而网格的构建依赖于顶点。空心菱形线表示空心菱形线的尾端的对象是其首端(空心菱形)的对象的可选组成部分，例如骨骼可以包括或不包括骨骼列表，即其下级骨骼。箭头表示尾端对象引用首端对象。
- [0127] 如图7所示，骨骼动画由帧列表构成，其中每个帧可以执行骨骼和网格的变换，因此帧可以包括骨骼标识和变化。在一种可能的实现方式中，在每一帧中，通过骨骼变换驱动网格中的图元顶点进行变换，包括通过骨骼变换基于图元顶点的骨骼指示符(指示骨骼标识)和权重属性而改变顶点的位置，继而生成网格变换。通过上述通用场景描述能够灵活地对场景信息进行修改和优化，摆脱了引擎和数字内容生成(Digital Content Creation, DCC)工具的限制。
- [0128] 因此，如上所述，根据本申请的骨骼模型合并方法，基于图2B所示的骨骼合并流程，可以对场景中存在骨骼冲突的多个骨骼模型进行高效准确的合并，以达到更优的画面动画显示，从而提升用户体验，并且通过减少渲染调用次数，可以优化渲染性能，降低骨骼模型合并的复杂度。
- [0129] 图8是示出根据本申请的实施例的骨骼模型合并装置800的示意图。
- [0130] 根据本申请实施例，骨骼模型合并装置800可以包括骨骼模型获取模块801、骨骼交集确定802、公共骨骼链确定模块803、公共骨骼链复制模块804和骨骼映射建立模块805。
- [0131] 根据本申请的实施例，骨骼模型获取模块801可以被配置为获取待合并的多个骨骼模型，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型分别包括一个图元集合并且每个骨骼模型分别对应于公共骨架的一个公共骨骼集合。

- [0132] 在一种可能的实现方式中，所述公共骨架可由多个公共骨骼组成，并且所述多个公共骨骼之间存在层级关系。因此，对多个骨骼模型的合并可以基于公共骨架及其层级关系。
- [0133] 在一种可能的实现方式中，上述图元集合可以是与骨骼模型在公共骨架所对应的公共骨骼集合存在映射关系的图元的集合，该图元集合中每个图元的顶点的骨骼标识符可以指向与该公共骨骼集合中一个公共骨骼相关的骨骼。
- [0134] 在一种可能的实现方式中，可以将图元的顶点和与其相关联的一个或多个骨骼进行混合操作，例如针对图元集合中每个图元的顶点，获取与顶点相关联的骨骼，然后确定与该顶点相关联的骨骼对该顶点的影响权重值，进而对每个骨骼对顶点的影响权重值进行混合，以确定变换后的顶点。其中，与该顶点相关联的骨骼对该顶点的影响权重值的确定方法可以是每个骨骼对于顶点变形的贡献程度确定为该骨骼对顶点的影响权重值。
- [0135] 根据本申请的实施例，骨骼交集确定模块802可以被配置为对于所述多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型，确定所述两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集。在一种可能的实现方式中，骨骼交集确定模块802可以执行如上参考步骤202所描述的操作。
- [0136] 在一种可能的实现方式中，由于两个骨骼模型所对应的两个公共骨骼集合的交集可以指示这两个骨骼模型相对于公共骨架的重合骨骼(即冲突骨骼)，这些重合骨骼将导致常规方法下的合并冲突，因此在这两个骨骼模型所对应的两个公共骨骼集合的交集不为空集(即存在至少一个重合骨骼)的情况下，可以针对该交集来进行骨骼模型合并。
- [0137] 根据本申请的实施例，公共骨骼链确定模块803可以被配置为在所述交集包括公共骨骼的情况下，对于所述交集的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链。在一种可能的实现方式中，公共骨骼链确定模块803可以执行如上参考步骤203所描述的操作。
- [0138] 此外，作为示例，对于所述所有公共骨骼中的每个公共骨骼，还可以将所述公共骨骼及其在所述公共骨架中所对应的所有下级公共骨骼作为一条待定公共骨骼链；对于所述所有公共骨骼所对应的所有待定公共骨骼链中的任意两条待定

公共骨骼链，在所述两条待定公共骨骼链为包含关系的情况下，去除所述两条待定公共骨骼链中包含更少公共骨骼的待定公共骨骼链，得到所述最终公共骨骼链；其中，所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼和下级公共骨骼均是基于所述层级关系确定的。

- [0139] 根据本申请的实施例，公共骨骼链复制模块804可以被配置为基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，并将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼。在一种可能的实现方式中，公共骨骼链复制模块804可以执行如上参考步骤204所描述的操作。
- [0140] 在一种可能的实现方式中，最终公共骨骼链副本可以包括与原始公共骨骼相对应但具有不同骨骼标识的公共骨骼副本，并且这些公共骨骼副本在最终公共骨骼链副本中的排列(即层级关系)和与其对应的原始公共骨骼在原始的公共骨骼链中的排列一致。
- [0141] 在一种可能的实现方式中，在完成冲突骨骼所对应的公共骨骼链的复制与绑定后，为了正常显示各个骨骼模型的骨骼动画，可以将各个骨骼模型的图元集合与所生成的新的公共骨架(包括最终公共骨骼链和最终公共骨骼链副本)建立关联，即，将各个骨骼模型的图元集合映射到最终公共骨骼链或最终公共骨骼链副本。
- [0142] 根据本申请的实施例，骨骼映射建立模块805可以被配置为建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，以合并所述两个骨骼模型。在一种可能的实现方式中，骨骼映射建立模块805可以执行如上参考步骤205所描述的操作。
- [0143] 在一种可能的实现方式中，将各个骨骼模型的图元集合映射到最终公共骨骼链或最终公共骨骼链副本可以包括对于所述两个骨骼模型中的一个骨骼模型所包括的图元集合中的每个图元，将所述图元所包括的每个顶点的骨骼指示符映射至所述最终公共骨骼链中相应公共骨骼链中的相应公共骨骼，以及将所述图元所包括的每个顶点的骨骼指示符映射至所述最终公共骨骼链副本中相应公共

骨骼链中的相应公共骨骼，这可以看作为公共骨骼或公共骨骼副本蒙皮，使得该公共骨骼的变换导致该图元顶点的形变。

[0144] 此外，如上关于骨骼模型合并方法所述，本申请的骨骼模型合并装置还可以包括分别用于实现步骤206和207的冗余骨骼剔除模块806和网格合并模块807。

[0145] 冗余骨骼剔除模块206可以被配置为若确定所述最终公共骨骼链副本中存在冗余骨骼，从所述最终公共骨骼链副本中去除所述冗余骨骼；所述冗余骨骼包括冗余公共骨骼，所述冗余公共骨骼位于所述最终公共骨骼链副本中，且所述冗余公共骨骼不属于所述两个骨骼模型中映射到所述最终公共骨骼链副本的骨骼模型所对应的公共骨骼集合，以及在所述冗余公共骨骼存在下级公共骨骼的情况下，所述冗余公共骨骼的下级公共骨骼也不属于所述公共骨骼集合。通过对所生成的公共骨架进行冗余骨骼剔除处理，可以降低后续计算的复杂度并节省计算资源。

[0146] 网格合并模块807可以被配置为对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合进行合并，以合并所述多个骨骼模型；所述对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合进行合并可以包括对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合中每个图元的所有顶点进行合并。

[0147] 在一种可能的实现方式中，对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合中的每个图元的所有顶点进行合并可以包括对所有顶点的各种属性进行合并，顶点属性诸如顶点索引、位置、法线、骨骼指示符、骨骼权重属性等。

[0148] 根据本申请的又一方面，还提供了一种骨骼模型合并设备。图9示出了根据本申请的实施例的骨骼模型合并设备2000的示意图。

[0149] 如图9所示，所述骨骼模型合并设备2000可以包括一个或多个处理器2010，和一个或多个存储器2020。所述存储器2020中存储有计算机可读代码，所述计算机可读代码当由所述一个或多个处理器2010运行时，可以执行如上所述的骨骼模型合并方法。

[0150] 本申请的实施例中的处理器可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。上述处理器可以是通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processing, DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated

Circuit, ASIC)、现成可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,可以是X86架构或ARM架构的。

[0151] 一般而言,本申请的各种示例实施例可以在硬件或专用电路、软件、固件、逻辑,或其任何组合中实施。某些方面可以在硬件中实施,而其他方面可以在可以由控制器、微处理器或其他计算设备执行的固件或软件中实施。当本申请的实施例的各方面被图示或描述为框图、流程图或使用某些其他图形表示时,将理解此处描述的方框、装置、系统、技术或方法可以作为非限制性的示例在硬件、软件、固件、专用电路或逻辑、通用硬件或控制器或其他计算设备,或其某些组合中实施。

[0152] 例如,根据本申请的实施例的方法或装置也可以借助于图10所示的计算设备3000的架构来实现,即骨骼模型合并设备的结构可以参见图10所示。如图10所示,计算设备3000 可以包括总线3010、一个或多个中央处理器(Central Processing Unit, CPU) 3020、只读存储器(ROM) 3030、随机存取存储器(RAM) 3040、连接到网络的通信端口3050、输入/输出组件3060、硬盘3070等。计算设备3000中的存储设备,例如ROM 3030或硬盘3070可以存储本申请提供的骨骼模型合并方法的处理和/或通信使用的各种数据或文件以及CPU所执行的程序指令。计算设备3000还可以包括用户界面3080。当然,图9所示的架构只是示例性的,在实现不同的设备时,根据实际需要,可以省略图10示出的计算设备中的一个或多个组件。

[0153] 根据本申请的又一方面,还提供了一种计算机可读存储介质。图11示出了根据本申请的存储介质的示意图4000。

[0154] 如图11所示,所述计算机存储介质4020上存储有计算机可读指令4010。当所述计算机可读指令4010由处理器运行时,可以执行参照以上附图描述的根据本申请的实施例的骨骼模型合并方法。本申请的实施例中的计算机可读存储介质可以是易失性存储器或非易失性存储器,或可包括易失性和非易失性存储器两

者。非易失性存储器可以是只读存储器(ROM)、可编程只读存储器(PROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器(RAM)，其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明，许多形式的RAM可用，例如静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、同步动态随机存取存储器(SDRAM)、双倍数据速率同步动态随机存取存储器(DDRSDRAM)、增强型同步动态随机存取存储器(ESDRAM)、同步连接动态随机存取存储器(SLDRAM)和直接内存总线随机存取存储器(DRAM)。应注意，本文描述的方法的存储器旨在包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。应注意，本文描述的方法的存储器旨在包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。

- [0155] 本申请的实施例还提供了一种计算机程序产品或计算机程序，该计算机程序产品或计算机程序包括计算机指令，该计算机指令存储在计算机可读存储介质中。计算机设备的处理器从计算机可读存储介质读取该计算机指令，处理器执行该计算机指令，使得该计算机设备执行根据本申请的实施例的骨骼模型合并方法。
- [0156] 本申请的实施例提供了一种骨骼模型合并方法、装置、设备和计算机可读存储介质。
- [0157] 本申请的实施例所提供的方法相比于传统的骨骼模型合并方法而言，能够完整保留对应于同一公共骨骼的所有骨骼模型并实现所有相应的骨骼动画，避免了骨骼冲突所导致的骨骼模型丢失和动画播放错误。
- [0158] 本申请的实施例所提供的方法通过确定待合并的多个骨骼模型中与同一公共骨骼相对应的若干骨骼模型，并针对这些骨骼模型进行公共骨骼链复制与绑定，以建立存在骨骼冲突的骨骼模型所包括的图元集合分别与公共骨架中的相应公共骨骼之间的映射，从而实现存在骨骼冲突的多个骨骼模型之间的合并。通过本申请的实施例的方法能够在待合并的多个骨骼模型中存在骨骼冲突的情况下实现对骨骼模型的高效且准确的合并，以达到更优的画面动画显示，从而提升用户体验。本申请的实施例的方法适用于复杂骨骼模型和多人物骨骼模型的

合并，并且与游戏引擎和工具解耦，此外，该方法还能够优化渲染性能，降低骨骼模型合并的复杂度。

- [0159] 需要说明的是，附图中的流程图和框图，图示了按照本申请各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分，所述模块、程序段、或代码的一部分包含至少一个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。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操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。
- [0160] 一般而言，本申请的各种示例实施例可以在硬件或专用电路、软件、固件、逻辑，或其任何组合中实施。某些方面可以在硬件中实施，而其他方面可以在可以由控制器、微处理器或其他计算设备执行的固件或软件中实施。当本申请的实施例的各方面被图示或描述为框图、流程图或使用某些其他图形表示时，将理解此处描述的方框、装置、系统、技术或方法可以作为非限制性的示例在硬件、软件、固件、专用电路或逻辑、通用硬件或控制器或其他计算设备，或其某些组合中实施。
- [0161] 在上面详细描述的本申请的示例实施例仅仅是说明性的，而不是限制性的。本领域技术人员应该理解，在不脱离本申请的原理和精神的情况下，可对这些实施例或其特征进行各种修改和组合，这样的修改应落入本申请的范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种骨骼模型合并方法，所述方法由骨骼模型合并设备执行，包括：
- 获取待合并的多个骨骼模型，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型分别包括一个图元集合并且每个骨骼模型分别对应于公共骨架的一个公共骨骼集合；
- 对于所述多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型，确定所述两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集；
- 在所述交集包括公共骨骼的情况下，对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链；
- 基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，并将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼；
- 建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，以合并所述两个骨骼模型。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的方法，所述公共骨架由多个公共骨骼组成，并且所述多个公共骨骼之间存在层级关系，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型还包括一个骨骼集合，所述骨骼模型是基于其骨骼集合而对应于所述公共骨架的一个公共骨骼集合的；
- 对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链，包括：
- 对于所述交集中的所有公共骨骼，基于所述所有公共骨骼之间的层级关系，确定所述最终公共骨骼链。
- [权利要求 3] 如权利要求2所述的方法，对于所述交集中的所有公共骨骼，基于所述所有公共骨骼之间的层级关系，确定所述最终公共骨骼链，包括：
- 确定能够覆盖所述所有公共骨骼、并且具有最少公共骨骼链数量的公共骨骼链集合；

根据所述公共骨骼链集合确定所述最终公共骨骼链，其中同一条最终公共骨骼链中不存在属于同一层级的多个公共骨骼。

[权利要求 4]

如权利要求2所述的方法，对于所述交集集中的所有公共骨骼，基于所述所有公共骨骼之间的层级关系，确定所述最终公共骨骼链，包括：

对于所述所有公共骨骼中的每个公共骨骼，将所述公共骨骼及其在所述公共骨架中所对应的所有下级公共骨骼作为一条待定公共骨骼链；

对于所述所有公共骨骼所对应的所有待定公共骨骼链中的任意两条待定公共骨骼链，若所述两条待定公共骨骼链为包含关系，去除所述两条待定公共骨骼链中包含更少公共骨骼的待定公共骨骼链，得到所述最终公共骨骼链；

其中，所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼和下级公共骨骼均是基于所述层级关系确定的。

[权利要求 5]

如权利要求2所述的方法，基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，包括：

对所述最终公共骨骼链所包括的所有公共骨骼及其层级关系进行复制，以获得所述最终公共骨骼链副本；

其中，所述最终公共骨骼链副本中的每个公共骨骼与所述最终公共骨骼链中的每个公共骨骼具有不同的骨骼标识。

[权利要求 6]

如权利要求5所述的方法，所述方法还包括：

若确定所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼不存在，建立一个临时上级公共骨骼；

所述将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼，包括：

将所述最终公共骨骼链和所述最终公共骨骼链副本分别绑定到所述临时上级公共骨骼。

- [权利要求 7] 如权利要求1所述的方法，一个图元集合中的每个图元包括多个顶点，并且每个顶点具有骨骼指示符，所述骨骼指示符用于指示与所述顶点相对应的骨骼标识；
- 建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，包括：
- 对于所述两个骨骼模型中的一个骨骼模型所包括的图元集合中的每个图元，将所述图元所包括的每个顶点的骨骼指示符映射至所述最终公共骨骼链中相应公共骨骼链中的相应公共骨骼，以及将所述图元所包括的每个顶点的骨骼指示符映射至所述最终公共骨骼链副本中相应公共骨骼链中的相应公共骨骼。
- [权利要求 8] 如权利要求1所述的方法，所述方法还包括：
- 若确定所述最终公共骨骼链副本中存在冗余骨骼，从所述最终公共骨骼链副本中去除所述冗余骨骼；
- 所述冗余骨骼包括冗余公共骨骼，所述冗余公共骨骼位于所述最终公共骨骼链副本中，且所述冗余公共骨骼不属于所述两个骨骼模型中映射到所述最终公共骨骼链副本的骨骼模型所对应的公共骨骼集合，以及在所述冗余公共骨骼存在下级公共骨骼的情况下，所述冗余公共骨骼的下级公共骨骼也不属于所述公共骨骼集合。
- [权利要求 9] 如权利要求1-8中任一项所述的方法，所述方法还包括：
- 对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合进行合并，以合并所述多个骨骼模型；
- 所述对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合进行合并，包括：
- 对所述多个骨骼模型分别包括的图元集合中每个图元的所有顶点进行合并。
- [权利要求 10] 如权利要求1-8中任一项所述的方法，对于每个骨骼模型分别包括的图元集合，所述图元集合是与所述骨骼模型所对应的公共骨骼集

合存在映射关系的图元的集合，所述图元集合中每个图元的顶点的骨骼标识符指向与所述公共骨骼集合中一个公共骨骼相关的骨骼。

[权利要求 11]

如权利要求1-8中任一项所述的方法，所述方法还包括：

针对所述图元集合中每个图元的顶点，获取与所述顶点相关联的骨骼；

确定与所述顶点相关联的骨骼对所述顶点的影响权重值；

对每个骨骼对顶点的影响权重值进行混合，以确定变换后的顶点。

[权利要求 12]

一种骨骼模型合并装置，所述装置部署在骨骼模型合并设备上，包括：

骨骼模型获取模块，被配置为获取待合并的多个骨骼模型，所述多个骨骼模型中的每个骨骼模型分别包括一个图元集合并且每个骨骼模型分别对应于公共骨架的一个公共骨骼集合；

骨骼交集确定模块，被配置为对于所述多个骨骼模型中的任意两个骨骼模型，确定所述两个骨骼模型分别对应的公共骨骼集合之间的交集；

公共骨骼链确定模块，被配置为在所述交集包括公共骨骼的情况下，对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链；

公共骨骼链复制模块，被配置为基于所述最终公共骨骼链生成最终公共骨骼链副本，并将所述最终公共骨骼链副本绑定到所述最终公共骨骼链的上级公共骨骼；

骨骼映射建立模块，被配置为建立所述最终公共骨骼链与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，并建立绑定了所述上级公共骨骼后的所述最终公共骨骼链副本与所述两个骨骼模型中相应骨骼模型所包括的图元集合之间的映射，以合并所述两个骨骼模型。

[权利要求 13]

如权利要求12所述的装置，所述公共骨架由多个公共骨骼组成，并且所述多个公共骨骼之间存在层级关系，所述多个骨骼模型中的每

个骨骼模型还包括一个骨骼集合，所述骨骼模型是基于其骨骼集合而对应于所述公共骨架的一个公共骨骼集合的；

对于所述交集中的所有公共骨骼，确定最终公共骨骼链，包括：

对于所述交集中的所有公共骨骼，基于所述所有公共骨骼之间的层级关系，确定所述最终公共骨骼链。

[权利要求 14]

一种骨骼模型合并设备，包括：

一个或多个处理器；以及

一个或多个存储器，其中存储有计算机可执行程序，当由所述处理器执行所述计算机可执行程序时，执行权利要求1-11中任一项所述的方法。

[权利要求 15]

一种计算机程序产品，所述计算机程序产品存储在计算机可读存储介质上，并且包括计算机指令，所述计算机指令在由处理器运行时使得计算机设备执行权利要求1-11中任一项所述的方法。

[权利要求 16]

一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机可执行指令，所述指令在被处理器执行时用于实现如权利要求1-11中任一项所述的方法。

。