

大作业：骨架绑定

助教：明鑫

邮箱：1729406968@qq.com

2025 年 9 月 26 日

背景介绍

在计算机动画中，往往会使用一套骨架来驱动一个三维模型运动。一般流程如下：

1. 创建一套骨架并放置在三维模型内部的合适位置上；
2. 通过相关算法确定每个骨架关节点（或每段骨骼）对于每个模型表面点的权重；
3. 让骨架产生运动，同时根据权重将运动传递给模型表面点，得到图 2；

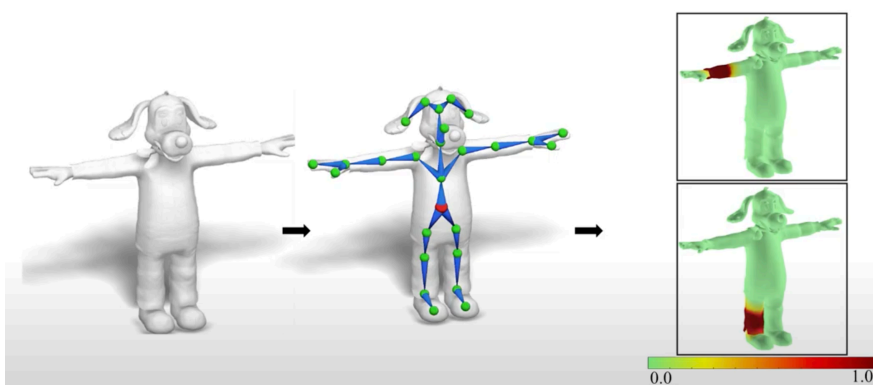


图 1 骨架绑定示意图

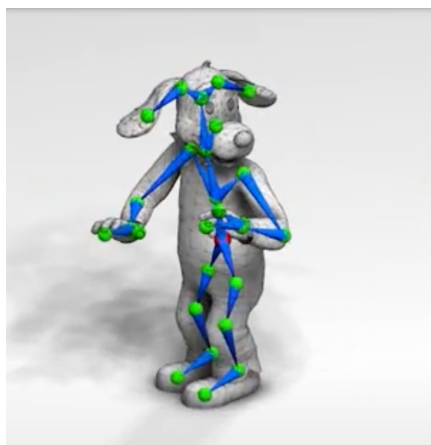


图 2 骨架驱动结果图

作业内容

基本要求：

1. 自选一个三维模型，创建合适的三维骨架关节点，并构建彼此连接关系；
2. 调整三维骨架关节点的坐标到合适位置；
3. 根据相关算法自动计算出骨架与模型表面点之间的权重；
4. 自定义骨架运动，带动模型，制作成动画视频；

附加要求（详见大作业讲解PPT）：

1. 制作对应的 UI 界面，可视化地完成上述功能；
2. 制作多模型交互动画；
3. 实现基于 Deformation Transfer 的动画复用。

评分标准(大作业成绩占总成绩的85%)

1. 运行效果(功能、效率、bug)40%
 - a) 骨架动画的合理程度 20%
 - b) 功能是否齐全 10%
 - c) 应当提交一份可执行文件在 WIN 10 系统正常运行 10%
2. 代码质量 30 %
 - a) 代码应当包含必要注释 10%
 - b) 代码的风格应当具有统一性 10%
 - c) 代码应当具有可移植性 10%
3. 中期文档(第9周提交) 5 %
 - a) 说明创建骨架关节点的思路设计 2%
 - b) 说明计算模型表面点权重的算法设计 2%
 - c) 参考文献 1%
4. 结题文档(第18周提交) 10%
 - a) 说明程序运行环境, 以及项目和代码依赖的编程环境 2%
 - b) 各个程序模块之间的逻辑关系 2%
 - c) 程序运行的主要流程 2%
 - d) 说明各个功能的演示方法 2%
 - e) 参考文献或引用代码出处 2%

其他说明

1. 确定权重的算法可以比较简单, 也可以比较复杂。譬如, 可以根据骨架关节点与模型表面点的欧式距离进行加权, 越近权重越大, 否则权重越小。
2. 骨架关节点间往往存在父子连接关系, 通常会有一个根节点(如图 1 红点)。父节点的运动一直往下传递, 直到叶子节点。例如, 手肘的节点产生旋转, 会带动手腕和手掌的节点运动。而根节点的运动传递给所有节点, 因此根节点的旋转实际为全局旋转。
3. 创建合适的三维骨架关节点可以自己根据模型的特点手工选择合适的位置, 也可以编写自动化算法, 也可以使用自动化骨架生成工具。骨架与模型表面点的权重计算必须自己编写算法实现, 不允许使用任何工具库的自动计算权重方法(如Blender或RigNet)。渲染动画视频时, 必须自己编写渲染程序, 不允许使用Blender、Maya等工具直接渲染并导出视频。

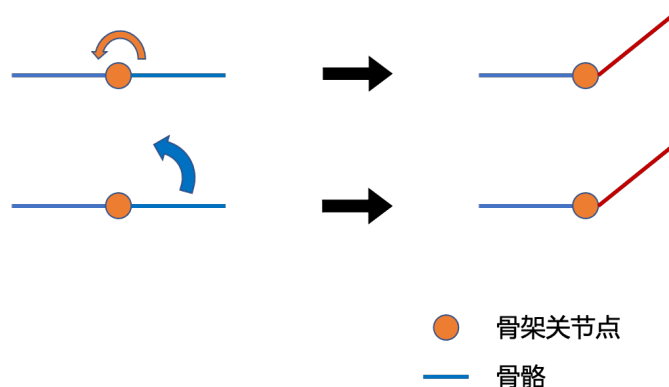
作业提交

请在大作业截止时间之前提交一个压缩包至网络学堂, 其中包含可执行文件目录, 源文件目录、文档、视频。如果作业迟交, 将会扣除一部分分数, 每迟交一天扣除 **10%** 的大作业得分。

参考方案

该大作业的核心部分为“确定骨架关节点（或骨骼）与模型表面点之间的权重”。该文档主要对这部分核心内容提供参考。

备注：通常来说“骨骼与模型表面点的权重”更符合人的直觉，但出于编程的需要，有时候也会转化为“骨架关节点与模型表面点的权重”来处理。如下图所示一个骨架关节点的转动也可以看成是骨骼的转动。为了直观性，该文档采用“骨骼”作为描述。



简单方案

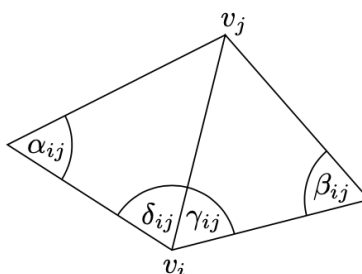
1. 对每个模型表面点找一段距离最近的骨骼，认为最近骨骼对于该模型表面点的权重为 1，其余骨骼对于该模型表面点的权重为 0。
2. 对每个模型表面点取相邻的两段骨骼，简单地根据欧式距离用双线性插值赋予权重。

热传导方案

算法主要参考 Pinocchio 方法¹（论文第 4 章节的公式 1）

论文中用到的 Laplacian 算子可以参考 Wiki²上的如下形式：

$$C_{ij} = \begin{cases} -\frac{1}{2}(\cot \alpha_{ij} + \cot \beta_{ij}) & ij \text{ is an edge,} \\ -\sum_{k \in N(i)} C_{ik} & i = j, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad \text{Where } N(i) \text{ denotes the neighborhood of } i.$$



¹ Baran, I., & Popović, J. (2007). Automatic rigging and animation of 3d characters. *ACM Transactions on graphics (TOG)*, 26(3), 72-es.

² https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_Laplace_operator