

基于曲面细分算法的三维角色模型制作方法研究

黄红林

(广州涉外经济职业技术学院, 广东 广州 510540)

摘要: 通过三维建模软件 Maya 制作三维角色模型可以得到低分辨率的三维角色网格模型, 但网格曲面不够光滑, 不可以适应实际应用的需要, 为实现角色几何模型的光滑效果, 提出了基于 Sqrt3 细分、Loop 细分和 Catmull-Clark 细分三种三维角色模型网格平滑方法, 总结三种方法对基于软件建模方法、多曲率网格角色模型取得的效果, 对探索实现简单高效, 运用多种角色模型平滑方法有着重要意义。

关键词: Maya 软件建模; Sqrt3 细分; Loop 细分; Catmull-Clark 细分

一、引言

随着数字时代的来临, 三维建模技术在各行各业得到广泛应用, 三维建模技术能够帮助人们更好地理解和分析现实世界中的物体和场景, 同时也为游戏设计、虚拟现实、动漫制作等方面提供了重要支持。因此, 如何高效地构建三维模型成为了当前的研究热点之一。目前, 三维角色建模技术主要包括六大类, 分别为基于 AI 技术、生物解剖学、三维扫描、图像序列、三维软件以及基于参数化的三维角色建模技术。基于生物解剖学的角色建模技术是基于数字横断切片图像数据的低效率建模; 基于三维扫描技术的角色建模, 采用激光三维扫描仪完成三维角色创建, 该技术依赖于昂贵的设备, 获取数据量大且重建速度慢, 难以对角色模型进行控制与调整。基于图像序列的角色建模, 是指通过从视频图像序列获得的二维图像来重建角色建模, 这种方式花费较低, 但在获取角色模型精度和建模速度上难以达到平衡。通过三维建模软件绘制角色模型可以得到美观的角色模型。但是表面没有真实人体圆润的感觉, 表面不够光滑, 不能满足要求。所以本文中引用曲面细分算法来完成三维角色模型的平滑效果。

二、三维软件角色建模的设计思路

三维软件角色建模经常采用的方法有多边形、细分表面、曲面、变形球建模等。实际工作按照需要建模方法也不同, 游戏角色建模多数都会采用多边形、细分表面和变形球建模等方法, 这些建模方法的自由度也较高, 操作性强、效率高, 所用的布线结构也比较适合变形动画的要求。在进行科学仿真上, 通常会选用曲面建模, 这种方法通过数学方程式创建模型, 能够确保模型具有足够的准确度。三维建模在不同领域都有着相当的作用, 三维建模软件也有很多, 选择性非常大, 学好一个就能够获得终身。在可视化领域, 比较常用的有 Maya、3DsMax、Cinema4D、ZBrush、Poser 等, 这些软件大以多边形建模和细分表面建模为主, 有少量的曲面建模功能, 有些有变形球建模模块, 一些软件以建模为核心功能的, 一些则是把建模视为一个功能模块的综合性三维动画软件, 比如 Maya。在项目制作中, 可以按照自身的需要来选用相应的建模软件。如利用 Maya 软件进行角色建模, 首先要进行结构分析, 思路方法是, 如果是规则物体, 则用多边形来堆砌, 就是

通过多边形几何图形来进行堆砌, 称为堆砌法, 如果是不规则物体, 则要用多边形来细分, 称为细分法, 如图 1 所示:

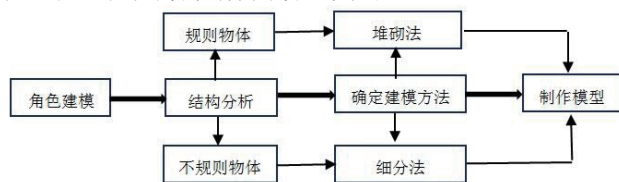


图 1 角色建模设计思路

三、基于 Maya 软件的三维角色建模的过程

制作三维角色模型时经常使用的是 Maya 软件的多边形建模, 这种方法非常直观且精确, 多边形建模是指利用物体的点、线、面来创建模型, 在创建模型的过程中, 对模型进行调整与编辑非常方便, 创建面和面间的联系也较容易, 多边形的点在各点间的首尾连接, 就构成了一个封闭的空间, 把这些空间加以拼接, 从而构成了一个多边形面。把这种多边形平面组合在一起, 就构成了一个空间形的结构, 而这个结构就是所构成的多边形对象, 通过建立多边形对象, 进行调整与添加, 由此形成了多边形网格, 这就是三维模型的主体, 然后再通过“网格菜单”命令里的操作命令加以修饰, 用“编辑网格菜单”模块里的工具来对模型的点、线、面进行编辑, 利用这些命令工具来对模型精心雕刻。而后使用 UV 编辑器对模块进行 UV 分类, 并在 PS 中完成贴图绘制, 然后再通过“材质编辑器”模块贴图, 最后渲染出角色模型效果图。基于 Maya 三维角色头部多边形建模的过程, 如图所示:

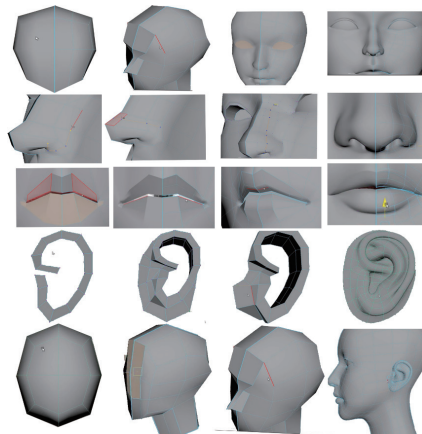


图 2 基于 Maya 的三维角色头部多边形建模的过程

四、三维角色模型细分曲面

使用 Maya 软件建模所得到的角色模型是由多边形面片所组成的三维角色模型,虽然具备了规则的网格结构,但是由于网格表面并不光滑,无法适应实际应用的需要,所以角色模型必须进行光滑处理,即模型细分曲面,而细分曲面则是用一个细分规则来表示光滑曲面的。目前细分曲面方法有许多,主要的有 Sqrt3 细分法、Loop 细分法、Catmull-Clark 细分法等,前面两种方法主要用来对三角模型进行平滑。后面一种细分法是对四边形面进行细分,通过对 Sqrt3 细分法、Loop 细分法、Clull-Clark 细分法这三个算法展开深入研究,有利于选取了一个最合适的算法来对三维角色模型进行平滑处理。

五、Sqrt3 细分

(一) Sqrt3 细分原理

Sqrt3 细分是在各个三角形面选择中心点,再连接三角形各顶点,然后去掉原三角形的里边的边,这样使三角形面的数量增加 3 倍,细分过程如图 3 所示。Sqrt3 细分法不会出现尖锐三角形,而且连续性自动保留,适合于局部性适应性细分。Sqrt3 细分其优点是三角形面片的增加缓慢,连续性自动保留,并能在任意网格上实现连续。利用该方法对三维角色模型的光滑处理获得了很好的效果。Sqrt3 细分法在面片的增长速度上算法的逻辑复杂度之间达到了一个平衡,该细分算法简洁高效,能减少三角面片的增长速度。

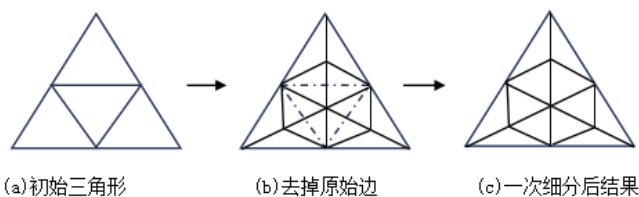


图 3 Sqrt3 细分过程

新面点 (F-vertex): 设原始面片三角形的三个顶点为 v_1, v_2, v_3 , 新插入的中心点由下列的公式求得:

$$V_F = \frac{1}{3}(v_1 + v_2 + v_3) \quad (1)$$

对于原始顶点, 设新顶点 (V-vertex): 顶点 v 的相邻顶点为 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_{n-1}$, 则 (V-vertex) 新顶点 V_v 由下列的公式求得:

$$V_v = (1 - a_n)v + \frac{a_n}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (2)$$

N 为顶点个数, v_i 为其领域内的顶点, a_n 的求解公式如下:

$$a_n = \frac{1}{9}(4 - 2 \cos \frac{2\pi}{n}) \quad (3)$$

通过上述说明, 我们可以总结出 Sqrt3 细分法进行细分的方式大致如下。

利用求出每个面片所对应的三个顶点, 用式 (1) 求出中心点的位置, 将面片分成三个面片, 使中心点连接三角形面片的三个顶点, 将新产生的面片加入到新的面片中, 去除原始顶点的边, 再对原来的顶点进行了调整, 经过以上步骤, 一次细分结束。

(二) Sqrt3 细分三角形

根据细分规则, 每次细分后, 在各个三角形面插入一个新中心点, 然后连接中心点和顶点, 最后去掉原来三角形内部边。角色模型的细分过程是首先计算出各个三角面片的中心点, 三角形的中心点所构成的局部拓扑结构是将新顶点与原三角形的三个顶点进行连接得到网格结构, 然后再去掉原三角形的内部边, 经过一次细分得到拓扑网格结构

六、Loop 细分

Loop 细分为两步, 第一步为增加三角形的数量, 它增加三角形数量的方法非常直接, 直接取三条边的中点连线, 就可以从一个三角形划分四个三角形。第二步就是调节顶点的位置, 从而让模型更加光滑一些, 而顶点又分为新生成的顶点和原来的顶点, 它们的调整策略是不同的。

新生成顶点的调整策略: 只要这个新顶点不在边界上, 在网格内部的。那么我们设所在的这条线的两端顶点分别为 AB , 另外两个顶点为 CD , 那么新顶点的位置应该被更新为 $3/8 * (A+B) + 1/8 * (C+D)$, 实际上就是一种加权平均, AB 两点因为距离近所以对它的影响更大一些。这也就是新生成顶点的调整策略。

原来的老顶点调整策略: 同样用到加权平均, 只不过用了新的规则, 一部分受周围老的顶点的影响, 另一部分受自己影响。简单地说就是先确定这个老顶点的度 n (度: 一个顶点连接几条边), 再确定它临近顶点位置的总和 sum , 它揭示了如果这个点连接的三角形很多, 则说明这个点不那么重要, 所以它调整的位置更多的是根据它周围老顶点的影响, 而反之, 如果它连接的三角形很少, 则说明这个顶点很重要, 它自己的影响要大一些, 决定调整位置的权重也就大一些。

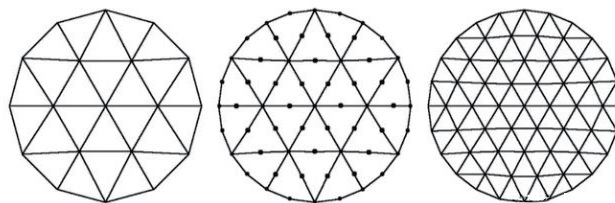


图 4 为 Loop 细分过程

七、Catmull-Clark 细分

Catmull-Clark 细分算法是一种常用的表面细分方法。它适用于任何多面体网格模型, 能够创建更高质量的曲面。通过迭代计算, Catmull-Clark 细分算法可以逐步把任意多边形网格模型转化为四边形网格模型, 实现从粗糙到平滑的过渡。

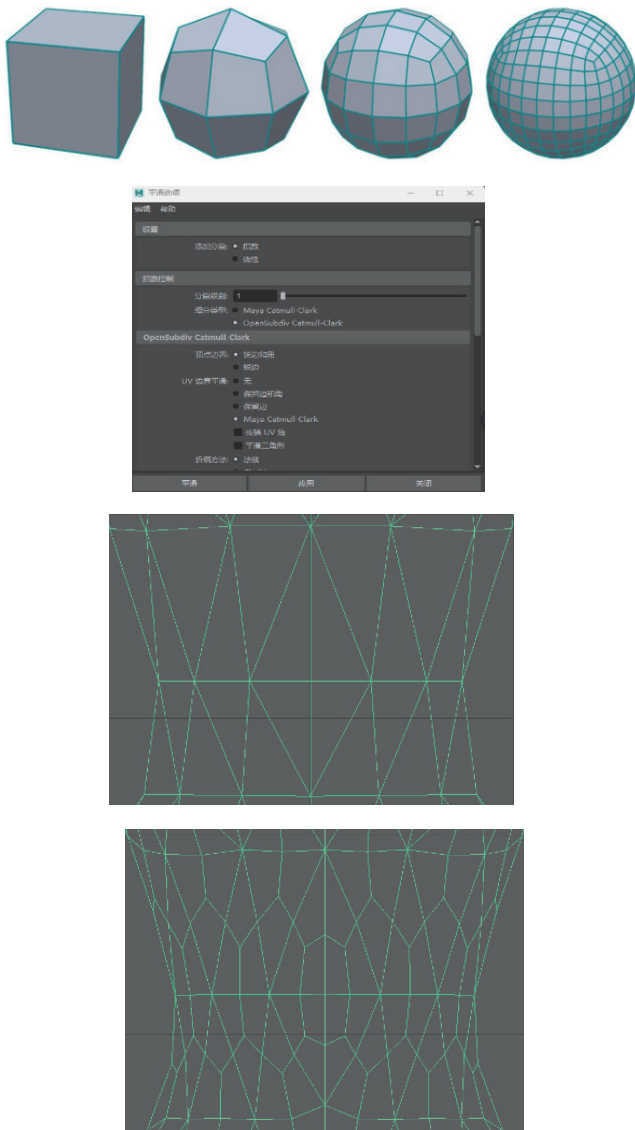


图5 Catmull-Clark 细分过程

八、Loop 细分与 Catmull-Clark 细分的精度比较

Loop 细分与 Catmull-Clark 细分实际应用的精度要求比较, 可从以下几方面进行比较。

(1) 细分曲面的逼近程度: 由于二种细分方式均为渐近式细分, 且均为 1 到 4 细分, 即由 1 个变成 4 个。

(2) 细分曲面的质量: Catmull-Clark 细分是针对于四边形网格的细分效果较好。但针对处理三角形模型, Loop 细分具有生成曲面不对称的弊端, Catmull-Clark 细分可以更好地保留模型的对称性, 所得到的曲面质量要超过经 Loop 细分后的曲面。

(3) 细分的复杂性: 由于 CATMUL-Clark 细分是针对模型结构是四边形进行的细分, 所要求的数据量要大于 Loop 细分, 计算时间和数据传输时间都偏长, 所细分模型数据比较简单, 数据量

也并非较大。

通过上面几个方面的理论分析, 得出了 Catmull-Clark 细分相比于 Loop 细分在实际应用中具有相当的优点。

九、结束语

三维角色建模是计算机图形学领域的重要应用, 通过遵循结构、拓扑、几何、材质、光照、动画和优化等原则, 可以创建出准确、逼真和高效的三维角色模型。建模过程中需要考虑物体的整体结构、拓扑结构、几何形状、材质特性、光照效果、动态效果和优化性能, 以实现模型的真实性和可靠性和效率性。本文基于 Sqrt3 细分法、Loop 细分法、Catmull-Clark 细分算法的研究, 分析创建三维角色模型光滑的方法, Loop 细分法和 Sqrt3 细分法对角色模型的光滑起到了一定的作用, 因此角色模型在总体上达到了很好的光滑效果, Catmull-Clark 细分则是针对于四边形网格的细分有很好的处理效果, 探讨各种曲面细分算法分析三维角色模型光滑处理的方法有利于建模技术的提升与改进。

参考文献:

- [1] 吴寅潇. 由逼近型细分模式诱导的插值型体细分方法研究 [D]. 杭州电子科技大学, 2023.
- [2] 尤磊, 艾新程, 冯岩等. 基于细分的树干三维表面重建算法 [J]. 信阳师范学院学报 (自然科学版), 2023, 36 (02): 300-305.
- [3] 南琳, 施晓芳. 三维角色建模及动画制作 [J]. 长春工业大学学报, 2021, 42 (05): 474-480.
- [4] 尚俊辉. 探究 MAYA 三维角色动画和数字雕塑的关系 [D]. 大连理工大学, 2021.
- [5] 吴琦. 三维虚拟动画设计中的角色建模与行为控制方法研究 [J]. 产业与科技论坛, 2022, 21 (01): 38-40.
- [6] 于兵科. 三维虚拟动画设计中的角色建模与行为控制 [J]. 现代电子技术, 2020, 43 (10): 108-110.
- [7] 苏刚, 胡新荣, 李佳黎等. 基于 Sqrt3 细分算法的人体模型网格平滑 [J]. 计算机与数字工程, 2019, 47 (03): 662-665+677.
- [8] 宁敏. 探析三维动画写实人物角色建模技术 [J]. 数码世界, 2018 (12): 108-110.

基金项目: 2022 年广州涉外经济职业技术学院教科研项目立项课题“基于教学能力大赛背景下高职动漫专业教学质量提升研究与实践”(立项编号: 2022JY03)

作者简介: 黄红林 (1968-), 广东化州人, 男, 广州涉外经济职业技术学院信息工程学院副教授, 硕士, 研究方向: 计算机动漫设计与制作。