

文章编号:1001-9081(2005)10-2334-02

可视化虚拟人体图像规整化处理

陈梅¹, 郑飞²

(1. 西安电子科技大学 通信工程学院, 陕西 西安 710071;

2. 西安电子科技大学 机电工程学院, 陕西 西安 710071)

(mchen@mail.xidian.edu.cn)

摘 要: 可视化虚拟人体数据集规整化处理有着重要意义。本文首次对其断层图像的规整化进行了尝试: 建立其三角形控制网格, 采用图形领域的重心坐标变换方法, 对其进行图像位置变换。该图形图像混合变换算法, 算法稳定, 操作简单, 规整化处理效果明显。

关键词: 可视化虚拟人体数据集; 断层图像; 重心坐标变换; 规整化处理

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Regularization of visible virtual human images

CHEN Mei¹, ZHENG Fei²

(1. School of Communication Engineering, Xidian University, Xi'an Shannxi, 710071, China;

2. School of Electromechanical Engineering, Xidian University, Xi'an Shanni, 710071, China)

Abstract: A first attempt was carried out in this paper to regularize VVH images. First, a control mesh constructed with triangles was built up; then a barycentric coordinates transform from graphic area was adopted to realize image coordinates transform. Such a hybrid algorithm is stable and easy to operate. The regularization effect is fairly good.

Key words: VVH data set; layer image; barycentric coordinates transform; regularization

0 引言

可视化虚拟人体 (Visible Virtual Human, VVH) 在医学、教育、工程、保健等方面都有着广泛的应用前景^[1]。VVH 海量数据的重构处理, 带来了存储管理、维护、操作、显示的许多新挑战, 也使图像、图形、体元之间的相互联系更为紧密。

然而, 综观国内外现有 VVH 数据集三维重构处理工作, 可以发现人们忽略了一个重要的研究: 可视化虚拟人体规整化的处理。现有 VVH 三维重构都是原样恢复人体标本形状, 包括其原有的姿态及挤压变形, 既不利于标本之间的分析比较, 也不利于今后与患者对应数据的比对与诊断; 同时也不利于规整、方便的可视化。本文将尝试对 VVH 数据规整化处理的研究。

VVH 数据规整化处理, 涉及图像、图形、体元之间新的定位、坐标变换、变形、数据处理等问题, 需要透彻分析变换过程中图像、图形和体元的相互对应关系。本文将从简单的情形出发, 结合图形与图像的混合坐标变换技术, 开展对断层图像进行规整化处理的研究。

1 VVH 图像规整化描述

VVH 图像的规整化处理是一种图像变换技术, 它针对像素坐标进行操作, 可表述为一个映射过程: $I(u, v) \rightarrow I'(u', v')$ 。图像变换一般模仿三维空间的几何变换, 通过仿射变换或透射变换, 将对象变换到合理的位置和朝向。

VVH 图像的规整化需要同时达到两个目标: 其一, 指定的特征点由采样位置变换到规整位置, 原有像素值不变; 其

二, 非特征点进行关联变换, 变换后应最大限度保持其在原图像中所表现的形态, 且其像素值不变。因此, VVH 图像的规整化可表述为设计合理的算法, 使其图像实现这种坐标变换。

VVH 图像往往是一个封闭区域的图像。对 VVH 图像而言, 规整化的位置可表述为: 外形轮廓线左右对称, 其对称轴处于图像垂直中线上, 其中心位置处于图像垂直中线上指定位置。要将 VVH 图像由采样位置变换到规整位置, 其外形轮廓及其内部图像都需要做一定程度的变形。

由于 VVH 图像不同断层外形轮廓线的整体形态变化较大, 而某一部位的连续断层的平缓形态变化规律又不适合于另一部位, 再加上采样位置本身的非规则不对称性, 因此, 很难找到完全自动化的处理方法来实现 VVH 图像的规整化处理。我们考虑借助于图形网格来实现规整化处理。

因此, 可以将 VVH 图像规整化的过程表述如下: 给定一采样图像 I 及采样网格 M , 其中, M 由控制点 V_i 构成; 将 M 变换到规整网格 M' , I 相应地变换为规整图像 I' 。如图 1 所示。

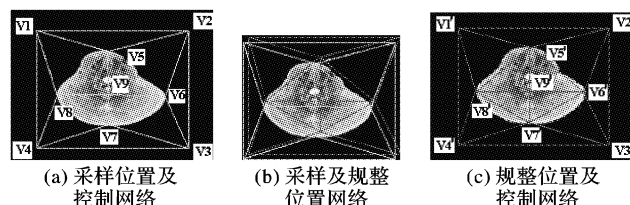


图 1 VVH 图像的规整化描述

图 1(a) 中为采样图像 I (肩部), 其对应的采样网格 M 中, 外框 4 个顶点 V_{1-4} 可通过轮廓处理算法自动求解, 内部 5 个顶点 V_{5-9} 需交互拾取, 其中 V_9 为中心点位置。图 1(b) 中

收稿日期: 2005-04-12 基金项目: 国防预研基金资助项目 (04DZ01)

作者简介: 陈梅 (1966-), 女, 副教授, 硕士, 主要研究方向: CAD、基于三维图形的图像处理; 郑飞 (1967-), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向: CAD、科学可视化、三维人机交互。

为采样网格与规整化后网格的比较。图 1(c) 图为规整化后网格及规整化后图像, V_9' 为指定的规整化后中心点位置, 其规整位置按如下规则确定:

$$V_i' = V_i + (V_9' - V_9), i = 1 \sim 4$$

$$D_{59}' = D_{59}$$

$$D_{79}' = D_{79}$$

$$D_{69}' = (D_{89} + D_{69}) / 2$$

$$D_{89}' = (D_{89} + D_{69}) / 2$$

其中, D_{ij} 表示 V_i 与 V_j 间的距离。

2 VVH 图像规整化算法实现

通过以上描述可知, VVH 图像规整化的关键是如何通过 $M \rightarrow M'$, 实现 $I \rightarrow I'$ 。在计算机图形领域, 可以采用扫描线填充算法实现区域填充^[4]。要保证变换后图像的整体形态变形最小, 各三角形区域中像素的坐标变换需要满足如下特性: 1) 内部变换平滑; 2) 边界过渡自然。显然, 传统的扫描线填充算法不能保证如此特性。

而计算机图形领域中的重心坐标变换具备上述特性。如图 2 所示, P 为三角形 $V_1V_2V_3$ 中的任意一点, 如果:

$$P = \sum_{i=1}^3 u_i V_i$$

$$\text{其中, } \sum_{i=1}^3 u_i = 1, u_i = 1, u_i \geq 0$$

则称 u_i 为 P 关于三角形 $V_1V_2V_3$ 的重心坐标。坐标变换 $p \rightarrow p'; p' = \sum_{i=1}^3 u_i V_i'$ 称为三角形 $V_1V_2V_3$ 到三角形 $V_1'V_2'V_3'$ 的重心坐标变换。

针对凸多边形的内点, 其重心坐标的计算有多种方法^[5,6]。考虑到本文中采用三角形网格, 其重心坐标可采用面积坐标计算如下:

$$u_1 = \frac{S_{p_2p_3}}{S_{v_1v_2v_3}}, u_2 = \frac{S_{p_3v_1}}{S_{v_1v_2v_3}}, u_3 = \frac{S_{p_1v_2}}{S_{v_1v_2v_3}}$$

易证明: u_i 是关于三角形 $V_1V_2V_3$ 各顶点和 P 点的平滑函数; 如果 P 点与三角形 $V_iV_jV_k$ 的 V_i 点重合, 则 $u_i = 1, u_j = 0, u_k = 0$; 如果 P 点位于三角形 $V_iV_jV_k$ 的 V_iV_j 边上, 则 $u_k = 0$, 而且 $\frac{u_i}{u_j} = \frac{\|PV_j\|}{\|PV_i\|}$ 。重心坐标具有平移、旋转和等比放缩的不变性。这些特性使得在 $M \rightarrow M'$ 的过程中, 三角形内部变化是平滑的, 边界过渡是连续的, 从而可以实现 $I \rightarrow I'$ 的平滑变换。

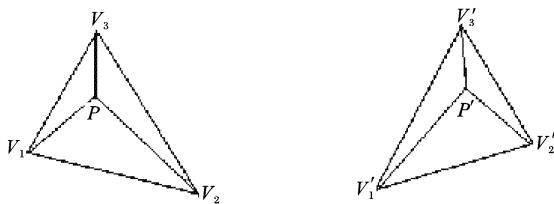


图 2 重心坐标及重心坐标变换

可见, 采用重心坐标变换方法, 可以实现 VVH 图像的规整化处理。如图 1(a) 所示, 其具体算法如下:

1) 对采样图像 I 进行轮廓检测, 找到其最小包围框。按指定比例放大该包围框, 得到 $V_{1 \sim 4}$ 四个外框顶点。

2) 交互拾取内部 $V_{5 \sim 9}$ 五个顶点, 形成网格模型 M 。

3) 分别计算 V_9 与 $V_{5 \sim 8}$ 各点间的距离, 形成网格模型 M' 。

4) 循环处理网格模型 M' 中的每一三角形中的每一点 p' , 计算其重心坐标 $u_i, i = 1 \sim 3$; 根据该重心坐标, 找到其对应网格 M 中的对应点 p , 将其像素值赋给 p' , 即: $I(p') = I(p)$ 。处理完毕, 就可形成规整化图像 I' 。

3 图例

图 3 为采用以上规整化算法, 对中国第一个女性 VVH 数据集中的头部和腹部两个位置断面图像进行规整化处理的前后比较。

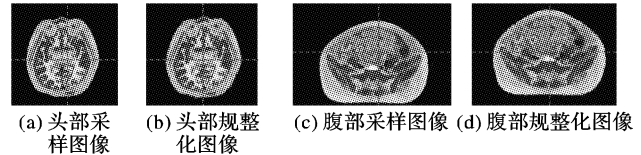


图 3 采样图像与规整化图像比较

为显示清晰, 图中人为增加了图像的水平和垂直中线。从中可以看到, 规整化图像中, 其形体中心点 V_9 已位于图像中心点 V_9' ; 其余四个控制点 $V_{5 \sim 8}$ 也都变换到指定位置 $V_{5 \sim 8}'$; 其中, V_6 和 V_8 的变换较好地实现了规整化图像的左右对称性, 特别是对 (c) 中采样图像有着较大不对称性的情形, 规整化图像 (d) 的规整对称性效果十分明显。从轮廓线内部的图像来看, 没有任何控制网格三角形划分的痕迹, 而且规整化后图像很好地保持了原有采样图像的形态, 验证了我们采用重心坐标变换的有效性。

4 结语

本文仅采用交互拾取的五个控制点实现 VVH 图像规整化处理, 操作简单, 效果明显。当然也存在着问题: 即非控制点处的变形并未有效处理。增加控制点数可较好地克服这一问题, 但将显著增加交互操作的工作量。其次, 本算法尚未考虑连续断层间的相关性, 需要进一步思考如何采用自动化程度较高的处理算法实现对多达几千幅的 VVH 图像进行处理。

另外, 本文也尚未考虑 VVH 数据集的内部结构。严格意义上的 VVH 数据规整化处理, 其难度将更高: 首先须识别出骨骼区域, 该区域及其内部是不变形的; 可变形区域只能是外部软组织区域; 然后在规整化处理过程中, 分别对骨骼区域和软组织区域进行处理。

VVH 数据集的规整化将是一个复杂而漫长的过程, 将同时涉及图像、几何图形、体元图形、解剖学等领域的相关知识。我们将进一步开展 VVH 数据集规整化的研究。

参考文献:

- [1] 李增惠. 中国数字化虚拟人体的科技问题[R]. 第 174 次学术讨论会. 香山科学会议. 2001, 11.
- [2] <http://www.visiblehumanexperience.com>, 2005.
- [3] http://www.uke.uni-hamburg.de/zentren/experimentelle_medizin/informatik/forschung/vm/index.de.html, 2005.
- [4] 孙家广, 等. 计算机图形学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [5] FLOATER MS. Parametrization and smooth approximation of surface triangulations[J]. Computer Aided Geometric Design, 1997, 14(2): 231-250.
- [6] PRAUN E, HOPPE H. Spherical Parametrization and Remeshing [A]. Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH[C], 2003.