

文章编号:1001-9081(2009)09-2586-03

基于截面环的服装建模技术

徐文鹏¹, 强晓焕², 侯守明¹

(1. 河南理工大学 计算机科学与技术学院, 河南 焦作 454100; 2. 河南理工大学 测绘与国土信息资源学院, 河南 焦作 454100)

(wpXu@hpu.edu.cn)

摘要:在人体模型特征提取的基础上,采用水平切片的方法得到人体截面环,在将服装放松量转化为空隙度后,以空隙度为参数将人体截面环变形为服装截面环,根据角度同步前进法实现基于服装截面环的曲面构建。与已有方法相比,该方法建立在基于特征的参数化截面环之上,建模更加快捷,变形更容易控制。

关键词:服装 CAD; 服装建模; 截面环; 参数化; 同步前进法

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Garment modeling technology based on section

XU Wen-peng¹, QIANG Xiao-huan², HOU Shou-ming¹

(1. College of Computer Science and Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454000, China;

2. College of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454000, China)

Abstract: The authors presented a feature and parameterization approach for constructing garment surface with garment sections from human body sections. The body section was obtained from polygonal 3D human models with the horizontal cutting plane based on detecting feature points on human model. Then the authors made the interstice measure to be converted from garment tolerance as the parameter to build garment sections from body sections. Garment surface was constructed with garment sections by an improved angle synchronous method.

Key words: garment CAD; garment modeling; section; parameterization; synchronous method

0 引言

三维服装建模问题一直备受计算机图形学、服装 CAD、数字娱乐等领域的关注,这方面的研究至今仍是最具有挑战性的研究课题之一。现有的三维服装建模方法可分为两类。

1) 缝合的方法^[1-3]。一种是基于二维的缝合,这种方法酷似服装设计中的立体裁剪技术,它由预先设计好的二维衣片开始,将其“缝合”从而生成三维服装并对其模拟最终效果。这种方法需要服装专业的知识来设计二维衣片,“缝合”二维衣片。同时,如果所生成的三维服装款式不满意,还需回到二维衣片状态对其修改,然后再次“缝合”,因此生成一件合适的三维服装过程较为复杂、繁琐且耗时。另一种是基于三维的缝合,它是在人体模型表面的基础上,定义一系列曲面片。它允许用户在人体模型表面上对曲面片定位,曲面片由边定义,边由距人体表面的位移量来确定,余下的点由插值产生,曲面片之间保持零阶连续,由它们拼接构成服装曲面。这种方法仅适用于合体服装建模,如果面向宽松服装时,它很难正确定义服装曲面。

2) 基于草图的方法^[4-7]。这种方法在人体模型的二维视图基础上,允许用户通过二维草图来定义服装的轮廓线来生成三维服装曲面。该方法无需用户具备专业的服装纸样设计知识,具有简单直观、快捷方便的优点。但是由于服装曲面是通过草图来控制生成,因此对服装曲面的精确控制较为困难,这使得其所生成的服装一般只能用于数字娱乐领域。

本文研究目标在于快速地生成合体的个性化服装模型,

并支持参数化变形方法。以此为出发点,本文给出了人体截面环的生成方法,建立了服装放松量与空隙度之间的联系,使得人体截面环变形为服装截面环,给出了基于空隙度为参数的截面环变形方法。通过服装截面环序列实现服装曲面建模,并实现基于放松量与空隙度的参数化变形,满足不同宽窄紧松的服装穿着要求。本文目前主要针对裤子和裙子两类服装,其结果主要以服装 CAD 为应用背景,也可直接用于数字娱乐领域。

1 服装截面环生成

服装截面环由人体截面环在考虑服装放松量的基础上获得,而人体截面环则采用水平切面与人体表面网格求交所得。

1.1 人体截面环

为了确定合适的位置来求取人体截面环,须先对人体模型特征识别。按文献[7]所述,通过水平切片方法,识别人体特征点,如图 1 所示。

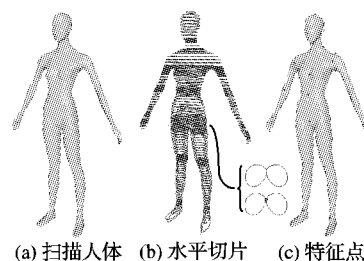


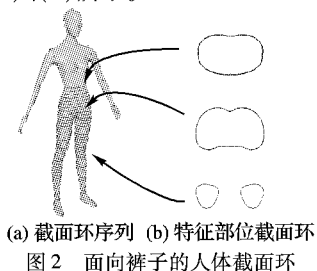
图 1 人体特征点识别过程

根据获取的特征点位置,采用水平切面与人体表面网格

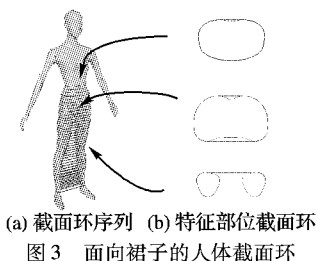
收稿日期:2009-03-23;修回日期:2009-05-23。 基金项目:河南省教育厅自然科学研究计划项目(2008B520014);河南理工大学青年骨干教师计划项目(649064);河南理工大学青年基金资助项目(646158)。

作者简介:徐文鹏(1976-),男,江西九江人,讲师,硕士,主要研究方向:服装 CAD、图形图像处理; 强晓焕(1976-),女,陕西宝鸡人,讲师,硕士,主要研究方向:图形图像处理、虚拟现实; 侯守明(1972-),男,河南焦作人,副教授,硕士,主要研究方向:图形图像处理、虚拟现实。

求交即可得到相应的截面轮廓线。截面轮廓线实际上由一些离散点组成,如果用三次样条曲线来拟合它们,就可得到一条封闭的曲线,我们称之为人体截面环,如图2(b)所示。接着,在特征点之间按照一定的步长对人体模型进行求交,即可得到一系列的人体截面环,如图2(a)所示。这些人体截面环序列已具备裤子的形状特征,可用于生成裤子曲面,但如果要用于生成裙子,由于它与裤子结构特征的差异,还需对人体截面环序列略作处理如下:1)腰部以下裆部以上轮廓线进行凸包计算;2)两腿上的轮廓线需要合并成一个新的凸环。处理后的结果如图3(a)、(b)所示。



(a) 截面环序列 (b) 特征部位截面环
图2 面向裤子的人体截面环



(a) 截面环序列 (b) 特征部位截面环
图3 面向裙子的人体截面环

人体截面环并不能直接用于服装建模,这是由于它与人体模型保持了不离不切的状态。这种状态通常只有在人体穿上紧身服装或内衣时看到,而大多数服装依附于人体都需要一定的服装放松量。因此,还须在考虑服装放松量的基础上,对人体截面环作一定的处理才能满足服装建模需要。

1.2 服装放松量与空隙度

在设计服装造型时,服装放松量主要依据人体活动机能、人体着装的内层次量和服装造型所需的偏移量三方面来合理配置从而使其对服装起到装饰性与功能性的双重作用。从服装设计角度来看,放松量可分为三种:服装对人体不离不切

状态称为零放松量,如内衣类;切入体表的为负放松量,如泳衣等;离开体表的为正放松量,如孕妇装等。

对裙子和裤子来说,放松量一般为正放松量。在人体截面环的凸包上加上放松量,即把加大的尺寸分布在凸包的整个圆周上,在人体表面和服装之间增加一定的空隙,这个空隙在整个圆周的每个位置应该说是不同的,但为了简化模型,可假定这个量是均匀的,称为平均空隙度,简称空隙度。需要指出的是,服装放松量在各部位是不同的,因此空隙度在服装各部位也是不一样的。以腰部为例,空隙度 L 与人体的关系如图4所示。其中, C 和 C' 分别代表某人体截面对应的人体围长和服装围长,而 $C' - C$ 即为服装设计中的放松量。若将人体截面环近似看作圆,则得空隙度与放松量之间的关系式为:

$$L = R - r = (C' - C)/2\pi \quad (1)$$

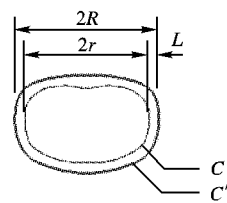


图4 平均空隙度与放松量的关系

1.3 服装截面环

在确定服装各部位的放松量后,根据式(1)可得到相应部位的空隙度。以此空隙度为偏移量,将人体截面环向外偏移,则可得到一个新的封闭环,称为服装截面环。它的具体生成方法如下:

1) 计算出人体截面环的中心点 O 。

2) 以中心点为原点,以正中矢状面的法向为 x 轴方向,取垂直方向为 y 轴方向,构建坐标系,如图5(a)所示。这里正中矢状面指的是人体前后方向的正中平面,求取方法见文献[7]。

3) 以点 O 为中心,以一定角度 θ 过人体截面环上的点,以空隙度 L 为偏移量计算偏移点位置,得到服装截面环上的点,如图5(b)所示。

4) 用三次样条曲线拟合各点,得到一条封闭的曲线,即为所求服装截面环,如图5(c)所示。

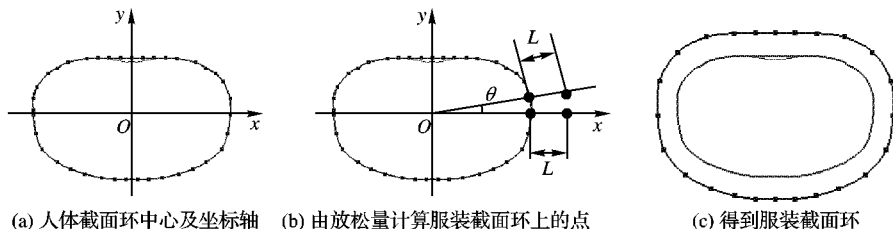


图5 服装截面环生成过程

根据以上方法,每条人体截面环都对应生成一条服装截面环,由此前述的人体截面环序列即可生成服装截面环序列。如图6(a)所示为裙子所得截面环序列,图6(b)为特征部位对应的服装截面环。裤子的截面环序列如图7(a)所示,它比裙子的截面环要稍复杂,主要因为裆部附近的截面环在加放偏移量后会相交,如图7(b)所示。因此,需要将相交的两截面环合并为一条截面环,合并后的结果如图7(c)所示。

2 基于截面环的服装曲面构建

根据截面环来构建服装曲面,实质上属于轮廓线表面重

建问题。轮廓线表面重建问题自从20世纪70年代提出以来,已有多人从不同角度提出了各种各样的算法,如最大体积法^[8],最小表面积法^[9],最短对角线法^[10]等,而Ganapathy提出的同步前进法^[11]简单可行且比较有效。

2.1 同步前进法

同步前进法轮廓线连接的基本思想是,在用三角形片连接相邻两条轮廓线上的点列时,使得连接操作在两条轮廓线上,尽可能地长度方面保持同步进行。如图8所示,设上轮廓线上的点列为 P_0, P_1, \dots, P_{m-1} ,周长为 Φ_u ,下轮廓线上的点列为 Q_0, Q_1, \dots, Q_{n-1} ,周长为 Φ_v 。若上下轮廓线已从始点连接到 P_i ,

Q_j , 此时 Φ'_h 表示上轮廓线中已经存在的轮廓线线段长度之和。 Φ'_v 表示下轮廓线中已经存在的轮廓线线段长度之和。 φ_i 表示线段 $P_i P_{i+1}$ 的长度, φ_j 表示线段 $Q_j Q_{j+1}$ 的长度。如果

$$\left| \frac{\Phi'_h + \varphi_i}{\Phi_h} - \frac{\Phi'_v}{\Phi_v} \right| < \left| \frac{\Phi'_v + \varphi_j}{\Phi_v} - \frac{\Phi'_h}{\Phi_h} \right| \quad (2)$$

则选取 $\triangle P_i P_{i+1} Q_j$, 即沿上轮廓线前进一步; 否则, 选取 $\triangle P_i Q_j Q_{j+1}$, 即沿下轮廓线前进一步。

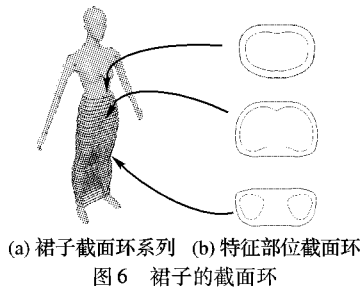


图 6 裙子的截面环

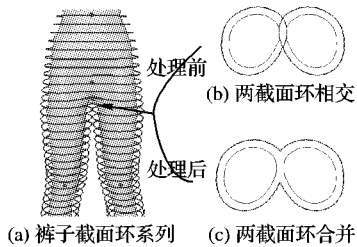


图 7 裆部附近的截面环处理

根据同步准则的特点, 这种方法可称为周长同步法。周长同步法对于凸轮廓线之间的表面构建可以得到正确的结果。但是应用于非凸轮廓线如裤子裆部附近截面环之间的表面构建时, 就有可能产生轮廓线上点的错位连接而出现三角面片之间的错位相交, 如图 9 矩形方框区域内所示。

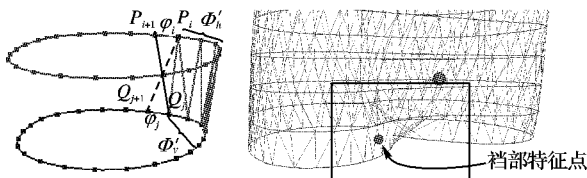


图 8 周长同步前进法

图 9 连接缺陷

2.2 角度同步前进法

为解决上述问题, 针对服装截面环一般均为类圆周状的特点, 这里采用角度同步准则来进行曲面构建。其基本思想是, 在用三角形片连接相邻两条轮廓线上的点列时, 使得连接操作在两条轮廓线上尽可能地从角度方面保持同步进行。如图 10 所示两轮廓线, 当三角形片从起始点连接到 P_i, Q_j 时, 比较上下轮廓线上点与 x 轴夹角增量的大小, 如果

$$|\angle x O_1 P_{i+1} - \angle x O_2 Q_j| < |\angle x O_2 Q_{j+1} - \angle x O_1 P_i| \quad (3)$$

则选取 $\triangle P_i P_{i+1} Q_j$ 为下一个三角形, 反之则选取 $\triangle P_i Q_j Q_{j+1}$ 为下一个三角形。

根据以上思想, 若以人体向上为 z 轴正向, 则可得服装曲面构建的算法步骤如下。

步骤 1 自上而下遍历每一条服装截面环。

步骤 2 对每条截面环 L , 寻找与其相邻且 z 坐标比它小的服装截面环 L' 。若不能找到 L' , 算法结束; 否则的话, L 与 L' 一起按如下角度同步法构建曲面:

1) 分别以 L, L' 两截面环的中心为原点, 以人体正中矢状

面法向为 x 轴方向, 得到 x 轴, 选取两截面环上 x 轴正半轴上方最靠近 x 轴的点为连接的起点;

2) 按角度同步准则, 自起点开始, 沿逆时针方向依次连接, 完成两截面环间的曲面构建。

步骤 3 将所有两截面环间的曲面拼接光滑为一个服装曲面。

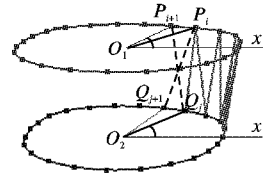


图 10 角度同步前进法示意

以上方法可以顺利实现裙子曲面的构建, 曲面网格与效果图如图 11(a)、(b) 所示。但对于裤子曲面, 在躯干与大腿连接部位, 躯干部分是一条轮廓线, 而大腿部位有两条轮廓线, 如图 7(a) 所示, 因此需要特殊处理。实质上, 这属于多轮廓线之间的表面重建问题, 它比单轮廓线之间的表面重建问题要复杂些, 主要是需要解决相邻多条轮廓线间的对应问题。这里采用一个简单的处理办法来解决连接对应问题^[12]: 在躯干部分最下面一条截面环的两个拐点中间加入一个点, 使其分成两段封闭的截面环, 处理方法如图 12 所示。这样处理后, 这两段截面环就可直接与大腿部分的两条截面环分别进行曲面构建。根据以上处理方法, 裤子曲面构建最终效果如图 13 所示。从图中可看出, 空隙度在不同部位是不一样的, 如裤腰处的空隙度较裤脚处的显然要小一些。

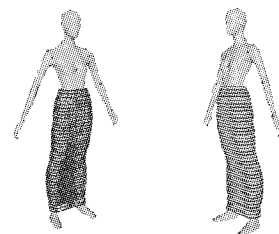


图 11 裙子曲面

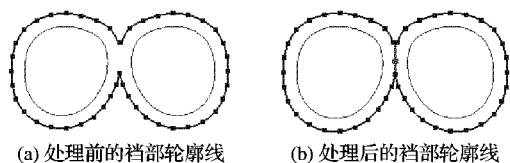


图 12 裆部轮廓线处理

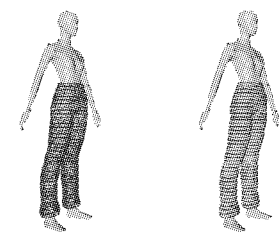


图 13 裤子曲面

3 结语

本文给出了由人体模型网格得到人体截面环进而生成服

(下转第 2592 页)

改进前、后进行了对比实验,这些图层的图元个数分别为 382、215、1924、4396。表 2 列出了相同显示区域下重绘这几个图层的代价,相同显示区域的中心点为 (E1040500, N304400);宽度为 823 km;高度为 619 km。

由表 2 可知,改进后的空管 GIS 系统在一定程度上加速了地图的显示,尤其在图元个数越大的情况下优化效果更为明显;由机场、机场管制区的优化效果比较可得,点图层的优化效果更明显。这是由于线、面图元的加载、绘制都要比点图元复杂。表 3 列出了这几个图层创建 Hilbert packed R 树的代价。

表 2 部分图层重绘代价对比

ms

实验集	原有系统	改进后
机场	15	10
机场管制区	16	13
限制区	31	21
小河	63	32

表 3 部分图层创建 Hilbert packed R 树代价

ms

图层	创建代价
机场	15
机场管制区	31
限制区	47
小河	94

显然,随着图层图元个数的增加,创建 R 树的代价越大,但一棵结构优化的 R 树能有效地加速地图的绘制。总的来说,基于 Hilbert packed R 树的地图绘制算法取得了较好的优化效果。

4 结语

本文在原有空管 GIS 中引入 R 树索引来重建地图绘制方法,提出了基于 Hilbert packed R 树的地图绘制算法。经过实验证明,改进后的空管 GIS 系统重绘代价有了一定程度的降低,但在加载地图时由于每次都需要创建 R 树需要支付额外的代价。作者认为可以考虑索引的数据持久化,每次加载地图时,直接从数据库中读取索引即可;同时可在创建索引时,把最小交叠作为创建代价的一个重要因素,以建立一棵结构优良的 Hilbert packed R 树。

参考文献:

- [1] KAMEL I, FALOUTSOS C. On packing R-trees [C]// Proceedings of the 2nd International Conference on Information and Knowledge Management. New York: ACM Press, 1993: 490-499.
- [2] 李晨阳, 张杨, 冯玉才. N 维 Hilbert 编码的计算[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(7): 1032-1038.
- [3] MOON B, JAGADISH H V, FALOUTSOS C, *et al.* Analysis of the clustering properties of the Hilbert space-filling curve [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2001, 13(1): 124-141.
- [4] 陆锋, 周成虎. 一种基于空间层次分解的 Hilbert 码生成算法[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(5): 465-469.
- [5] BRINKHOFF T, KRIEDEL H P, SEEGER B. Efficient processing of spatial joins using R-trees [C]// Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD Conference on Management of Data. New York: ACM Press, 1993: 237-246.
- [6] 张明波, 陆锋, 申排伟, 等. R 树家族的演变和发展[J]. 计算机学报, 2005, 28(3): 289-300.

(上接第 2588 页)

装截面环,来实现快速服装建模的方法。其中,人体截面环由人体模型对其水平切片得到,在其基础上,以空隙度为参数变形得到服装截面环。最后采用角度同步前进法对服装截面环进行构建,得到服装曲面模型。

相比已有的服装建模方法,本文方法实现了基于截面环的服装模型参数化变形方法,比基于网格顶点的变形方法更高一层次,从而将服装模型变形建立在服装放松量与空隙度上,参数化方法使服装变形更容易控制;另外,本文方法无需专业服装裁剪知识,生成服装方便快捷。虽然本文只给出裤子和裙子的建模方法,但本文方法可以直接用于其他类型如上衣等服装的建模。不过上衣结构更为复杂,因此其建模也稍麻烦些,需要解决三个分支的对应问题,同时放松量的处理和裙子裤子也有所不同,相关工作后续会另文介绍。

参考文献:

- [1] 聂卉, 罗笑南. 三维虚拟服装缝合技术研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(11): 1010-1013.
- [2] FONTANA M, RIZZI C, CUGINI U. A CAD-oriented cloth simulation system with stable and efficient ODE solution [J]. Computers & Graphics, 2006, 30(3): 391-406.
- [3] HINDS B K, MCCARTNEY J. Interactive garment design [J]. The Visual Computer, 1990, 6(2): 53-61.
- [4] WANG C C L, WANG Y, YUEN M M F. Feature based 3D garment design through 2D sketches [J]. Computer-Aided Design, 2003, 35(7): 659-672.

- [5] TURQUIN E, WITHER J, BOISSIEUX L, *et al.* A sketch-based interface for clothing virtual characters [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2007, 27(1): 72-81.
- [6] 陆国栋, 张东亮, 李基拓. 基于草图交互的个性化服装生成方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(11): 2512-2517.
- [7] 徐文鹏. 基于人体特征的服装 CAD 参数化技术研究与应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [8] KEPPEL E. Approximating complex surfaces by triangulation of contour lines [J]. IBM Journal of Research and Development, 1975, 19(1): 2-11.
- [9] FUCHS H, KEDEM Z M, USELTON S P. Optimal surface reconstruction from planar contours [J]. Communications of the ACM, 1977, 20(10): 693-702.
- [10] CHRISTIANSEN H N, SEDERBERG T W. Conversion of complex contour line definitions into polygonal element mosaics [C]// Proceedings of the 5th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York: ACM Press, 1978: 187-192.
- [11] GANAPATHY S, DENNEHY T G. A new general triangulation method for planar contours [C]// Proceedings of the 9th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. Boston, Massachusetts, USA: ACM Press, 1982: 69-75.
- [12] LI JI-TUO, WANG YANG-SHENG. Automatically constructing skeletons and parametric structures for polygonal human bodies [C]// Proceedings of the 25th Computer Graphics International Conference. Rio de Janeiro: [s. n.], 2007: 151-156.