

# 基于 VRML 三维人体模型的控制实现

刘文杰<sup>1</sup>,丁永生<sup>1,2</sup>,许轶超<sup>1</sup>,郝矿荣<sup>1</sup>

LIU Wen-jie<sup>1</sup>,DING Yong-sheng<sup>1,2</sup>,XU Yi-chao<sup>1</sup>,HAO Kuang-rong<sup>1</sup>

1.东华大学 信息科学与技术学院,上海 201620

2.数字化纺织服装技术教育部工程研究中心,上海 201620

1.College of Information Sciences and Technology,Donghua University,Shanghai 201620,China

2.Engineering Research Center of Digitized Textile & Fashion Technology,Ministry of Education,Shanghai 201620,China

E-mail:ysding@dhu.edu.cn

LIU Wen-jie,DING Yong-sheng,XU Yi-chao,et al.Control implementation for VRML based 3D body model.Computer Engineering and Applications,2008,44(33):86-88.

**Abstract:** Building and controlling 3D body model are focused in virtual reality.VRML based modelling and controlling for 3D body model can help the work efficiently.In the design of controlling VRML-based 3D body size,the thought of controlling the change based on VRML body model is proposed.Then it is applied to the software design and realized to get new sample of body model.

**Key words:** virtual reality;3D body modelling;Virtual Reality Modeling Language(VRML);control of body size

**摘 要:**虚拟现实技术对三维人体的建模和控制是目前人们关注的焦点,基于 VRML 三维人体模型的建模和控制可以大大提高人体建模的性能;在基于 VRML 三维人体体型的设计中,提出了人体模型的控制变化思想,并运用到实际的软件设计工作中,实现了对三维人体模型的控制变化并得到相应的新的人体模型。

**关键词:**虚拟现实;三维人体建模;虚拟现实建模语言;体型控制

**DOI:**10.3778/j.issn.1002-8331.2008.33.027 **文章编号:**1002-8331(2008)33-0086-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP18

## 1 引言

鉴于现有虚拟人体建模技术存在的成本较高等不足,以及虚拟现实技术与网络、分布式技术结合的发展趋势,一种实用的虚拟人体建模技术需要综合解决以下几个方面的问题:(1)实时驱动,即在建模过程中,除了定义模型的几何外形、纹理等表面特征外,还需为其定义各种驱动接口,使得系统可以方便地驱动虚拟人物来完成图形展示;(2)实时渲染;(3)真实感;(4)简单、快速、低成本;(5)个性化(或基本自动化)建模。其中,主要思想是根据一些已知的数据点进行模型初步的建立并作为样本的人体模型,选择与被测人体体型最接近的样本人体模型,以该模型作为基础模型,通过对基础模型上的一些身体部位的控制点的改变,使整个人体模型在外观曲面上产生相应的变化,并且对三维人体模型的 VRML 文件进行控制处理,最终达到个性化建模的目的。

VRML 文件是 TC<sup>2</sup> 三维扫描仪对被测人体进行整体扫描后得到的,包含的人体信息十分详细精确,不仅有大量的人体点阵的数据,还包括了许多对基本体形描述的属性、特性的定

义,称为 VRML 的字段名,通过 VRML 的基本语句(即节点语句)来加以说明。在 OpenGL 的环境下完成对 VRML 文件的读取和界面化显示,把 VRML 文件转化成 OpenGL 程序,即通过程序设计实现与 VRML 的 API 接口,将 VRML 的信息内容读入系统内存,调用最终完成在可视化的界面下的对三维人体模型的展示和重建。但 OpenGL 并没有提供构建复杂三维模型的高级函数,因此只能通过基本的几何图元一点、线及多边形组合来建立复杂的三维模型。

本文提出了一种基于 VRML 三维人体模型的控制实现,通过对人体多个控制点尺寸的控制,来相应地改变人体的外形轮廓,达到体型变化的目的,然后再进行三维人体重建,将最终满足输入尺寸要求的人体显示在可视化界面上。最后以人体躯干模型为例,验证控制后的效果。

## 2 VRML 人体模型的控制参数

VRML(Virtual Reality Modeling Language),是一种基于 Web 的具有交互性的虚拟现实的建模语言,一套定义三维场景

**基金项目:**国家教育部新世纪人才支持计划(the New Century Excellent Talent Foundation from MOE of China under Grant No.NCET-04-415);教育部科技创新工程重大项目培育资金项目(No.706024);上海市国际科技合作基金项目(No.061307041)。

**作者简介:**刘文杰(1983-),男,硕士研究生,从事模式识别、计算机图形等研究;丁永生(1967-),男,博士,教授,博士生导师,从事智能系统、网络智能、DNA 计算、人工免疫系统、生物网络结构、生物信息学、数字化纺织服装等研究;许轶超(1977-),女,博士研究生,从事智能系统、数字化纺织服装等研究;郝矿荣(1964-),女,博士后,教授,从事机器视觉、智能控制和模式识别等研究。

**收稿日期:**2007-10-29

**修回日期:**2008-01-04

的语言体系<sup>[1]</sup>。VRML 语言具有结构化、层次化的特点,对三维空间的任何一个立体对象的描述都至少需要有两个部分组成:节点(Nodes)和域(Fields),把所要描述的虚拟场景用节点组织成为条理清晰的层次关系。按照功能进行划分,VRML 节点可以分为两大类:一类是描述静态虚拟世界的节点(如 Box、Color 节点),另一类是提供交互能力的节点(检测器 Sensor 和脚本节点 Script 等)。OpenGL 处理的主要是描述静态虚拟世界的节点。

VRML 文件通过实体造型节点描述形体的空间结构状态,通过外观效果节点描述形体外形的轮廓形态,通过分组节点把多个形体组织成为树型分支结构。

VRML 三维人体模型文件所包含的基本上都是描述静态虚拟世界的节点,所以相应地,它的树型分支结构所包含的几个形体组织就是人体的各个身体部位的组织结构。因此,对 VRML 人体模型的控制实际上就是对人体树型结构中的几个形体组织进行数据操作。人体控制的关键是对于身体部位的测量控制点数据的交互操作,完成对 VRML 人体模型文件中有关身体部位控制点的节点数据的读取、计算调整和存储<sup>[2]</sup>。所以,首先要按照控制点进行选择控制切面的位置和数量,即一个网格模型需要被多少个切面分割,各个切面的物理意义和分割点的选择是根据人体三围坐标以及常用的人体测量控制点,具体参数以表 1 的控制参数作为标准。

表 1 人体控制点的控制参数

人体控制点的数据							
横向	颈围	胸围	腰围	臀围	肩宽	背宽	大腿围
纵向	身高	胸高	腰高	臀高	背长	颈椎点高	下档 臂长
输出	胸横矢径比	腰横矢径比	臀横矢径比				

系统根据读入的 VRML 的三维人体模型得到人体控制部位的数值,如胸围、腰围、臀围值以及整个模型的网格数和节点数。再根据用户想改变人体尺寸所输入的数值,与初始化的数值比较得到的比例值来对三维人体模型进行相应的缩放处理。

对于设计身体各个部位的曲面控制存在的问题,可以用切面轮廓线变形法对人体的各个部位进行变形控制。以人体躯干为例,对整个躯干先进行切面分割得到许多切面环,这些切面环经过一定角度的平分后在切面环上确定出各个节点的位置(空间坐标)<sup>[3]</sup>。

比如要完成人体胸围的缩放,首先要对人体躯干部位的组织结构的数据进行交互操作,然后利用曲面切环的方法确定人体胸围环所处的位置以及胸围的数值,之后再根据用户的输入数据,来改变胸围环的大小,而整个人体模型上相邻的其他部位的节点数据也按照多阶曲线插值的方法做相应的修正。从而完成对 VRML 人体模型文件的控制计算和二次建模。

### 3 基于 VRML 三维人体模型的控制实现

#### 3.1 VRML 三维人体模型的控制

通常地,VRML 三维人体模型为了更加准确地描述一个完整的人体,会把整个人体分成头部、躯干、手臂(又分为左手臂和右手臂)、手(左手和右手)和腿(又分为左腿和右腿)多个部位,每个部位作为整个 VRML 树型结构的分支所存在。每个部位又作为 VRML 文件中的一个节点名,包含了用于描述该部位的所有信息(如构成该部位的空间节点数据、纹理映射数据和空间变换数据等)。

要完成对 VRML 三维人体模型的控制首先要完成对人体模型的尺寸控制,这是全局控制的基础。而要实现尺寸控制,第一步先要实现对人体三围控制点的控制,接着再完成对人体身高的控制,然后再具体化、细致化地深入完成对其他重要的人体尺寸控制部位的控制,最后再进行曲面拟合,完成三维人体重建<sup>[4]</sup>。

通过对整个三维人体模型自上而下进行水平切面,切面与由空间节点形成的人体表面相交,形成一个个交点,这些交点相连就构成了切面环。每个切面环都有一个中心点,是由切面环的边缘交点空间叠加均化得到的。所有切面环的中心点叠加后就可以得到人体模型的中心点。然后确立整个人体的中心点位置原点,整个 VRML 三维人体模型的所有节点按照中心点的位移作相应的调整。这样做的目的是为了之后对人体三围的围度缩放更加准确和不失真。

接下来确定人体三围的大小:首先对人体躯干部位的组织结构的数据进行交互操作,这是因为 VRML 三维人体模型文件的节点数值与现实中的数值并非一比一的关系,要做相应的比率调整;然后利用曲面切环的方法确定人体三围环所处的位置以及三围的数值,并且将这些数据储存在内存变量中,作为三维人体模型显示时的数据展示和输出。

如果用户根据自身需要而输入了新的人体三围尺寸,新的三围尺寸数据就会和当前的人体模型三维尺寸进行对比,得到一个比例关系:

$$Scale = \frac{NewSize}{InitialSize} \quad (1)$$

其中,  $InitialSize$  是三围的原始尺寸,  $NewSize$  是新尺寸,  $Scale$  就是新尺寸和原始尺寸的比例值。

通过之前的工作将整个人体模型的中心以原点为基准,所以三围附近的节点的空间平面坐标都可以以比例值进行缩放处理(所谓的三围附近是指以三围的围度切面为均平面,上下限以六西格玛标准所确定的范围区域,再根据范围的大小确定所需切面环的个数,这样就可以通过各个环面的区域来覆盖整个人体的表面)。由于是三围缩放,所以在这个范围内的节点的 Z 轴坐标仍然不变,仅对 X 轴和 Y 轴的坐标值作相应的调整<sup>[5]</sup>。

身体的三围部位的缩放直接按照比例值,而其他部分切面按照线性关系等比缩放,具体方法如图 1 所示。同时考虑到人体测量的标准,围颈、胸围、腰围、臀围和大腿围有相应的拓扑关系,相互之间都是有影响的,所以在计算具体的等比缩放数值的时候,要把相互影响的关系考虑进去。

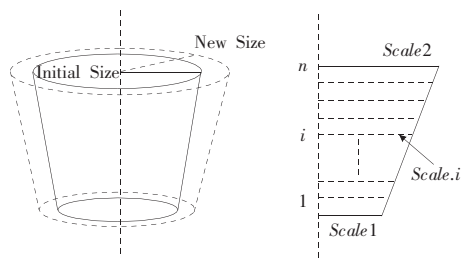


图 1 身体部位的缩放关系

第  $i$  层切面的比例系数  $Scale.i$  是:

$$Scale.i = Scale.1 + \frac{i * (Scale.2 - Scale.1)}{n} \quad (2)$$

其中  $Scale.1$  和  $Scale.2$  分别表示身体缩放部位所邻近的上下

围度的比例值<sup>[6]</sup>。

随着人体控制点的增加,对于三维人体模型的控制效果也将会越逼真。也可以根据每个节点的空间 Z 轴坐标值来换算成比例关系,但是这样做会给程序的计算量增加很大的负担。

由于 VRML 文件是以结构树的形式来描述三维人体,人体的各个部位都是结构树的一个分支。且由于 VRML 所包含的节点数据量很大,考虑到程序的运算性能,就按照节点名来分块存储数据节点。所以在显示 VRML 三维人体模型的时候,实际上是将整个人体模型分块显示,由于身体的各个模块始终有一些点是作为边界点接口而相同的,所以接合得很好,显示结果如同是一个模块的显示效果。

然而,对人体模型控制的时候会存在这样的问题:(1)边界控制点的围度(如颈围和大腿围)向上和向下的缩放比例该如何计算;(2)手臂处的节点所在切面环缩放的影响会造成整个人体模型的外表走样,所以针对这些问题还需要进一步的处理,称之为 VRML 三维人体模型的补充建模。

### 3.2 VRML 三维人体模型的补充建模

对于手臂处节点的处理,由于采取的是水平切面,所以非水平方向的手臂节点不会受到太大的影响。但是要保证身体外表不走样,必须在三围度变化的同时,既要保持手臂的粗细程度不变,又要作相应空间位置的调整。

边界控制点的围度的伸展比例控制要根据具体的体型类型来确定,当体型确定完后,根据常规的体型分类(有 7 种,如表 2 所示)各个特征的比例关系,来相应地换算成为边界控制点的围度。

表 2 7 种体型中间特征指标采用值

	人体体型分类						
	W 体型	X 体型	Y 体型	A 体型	B 体型	C 体型	D 体型
颈椎点高	138.5	132.5	139.0	132.5	143.0	134.0	137.0
腰高	101.0	98.5	103.0	97.5	106.5	98.5	100.5
胸高	116.0	110.5	118.0	111.5	121.5	112.0	112.5
颈中围	31.0	30.0	31.0	31.0	31.6	33.0	31.6
肩宽	37.4	36.4	36.8	37.6	39.0	38.0	39.0
胸围	82.0	82.0	84.0	84.0	88.0	86.0	92.0
腰围	64.0	64.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0
臀围	90.0	88.0	88.0	88.0	92.0	92.0	92.0
胸厚	21.6	21.2	22.0	22.2	23.0	22.8	25.0

而对于手臂处的节点存在的问题,解决方案如下:首先,确定胸围修正前和修正后的尺寸,然后以躯干到手臂腋下的节点处为标准设置一个领域,凡是在这个领域内的节点都以等比进行缩放,如图 2 中虚线柱部分所示。再以水平方向对虚线柱中 X 轴的最大值和最小值的节点空间 X 轴坐标为基准,以比例缩放而移动的距离作为手臂移动的位移,这样在三维缩放的同时,手臂上所有节点也会作相应的空间位置的调整。由于胸围扩展的原因,躯干部分的 Y 轴方向也作了相应的变化,而手臂却没有作任何缩放的变化,所以考虑到人体轮廓的自然匀称,根据表 2 中的体型特征的比例关系,即胸围和肩宽的比值,来适当地对肩宽进行缩放处理,这样就可以在一定程度上解决由胸围缩放而造成的失真走样的问题<sup>[8]</sup>。

## 4 对 VRML 三维人体模型的控制实现

### 4.1 VRML 三维人体控制系统的整体交互设计

VRML 三维人体控制系统的整体交互设计主要包括系统

界面交互、系统内核程序实现和数据交互等几个功能模块,如图 3 所示<sup>[9]</sup>。

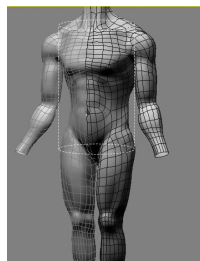


图 2 三维人体的补充建模

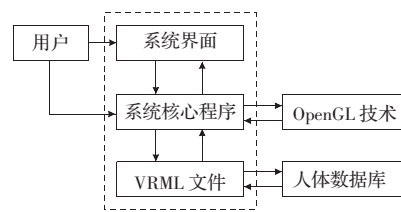


图 3 三维人体控制系统的整体设计

系统界面模块完成 VRML 三维人体建模的可视化显示,以及人体模型和用户之间的交互控制。

系统内核程序模块主要完成以下功能:

(1)解析读取 VRML 文件的节点语句并构造三维虚拟场景,基于 OpenGL 技术对场景的各个网格进行列表显示处理,当界面程序启动时,调用显示列表完成对 VRML 三维人体建模的可视化输出。

(2)根据用户的控制参数的输入,通过数据交互模块实时地完成对三维人体模型的缩放处理,同时对 VRML 模型的各个节点进行相应的调整,得到新的三维人体模型,并且将新的 VRML 模型文件作为输出给数据库,充实人体数据库的样本数。

数据交互模块完成对程序所读入数据的处理生成模型数据,与系统程序中的各个接口相互作用。

### 4.2 控制系统对虚拟三维人体的建模实现和显示

对于虚拟三维人体的建模实现首先是基于对 VRML 文件的读取。三维人体的 VRML 结构分为头部、躯干、手臂(又分为左手臂和右手臂),手(左手和右手)和腿(又分为左腿和右腿)这个 8 个部位。在 VRML 文件中依次标示各个节点语句的节点名为 DEF RightLeg,DEF LeftLeg,DEF Troso,DEF RightHand,DEF LeftHand,DEF RightArm 和 DEF LeftArm。

解析 VRML 各个节点语句中的全部节点值和相应的索引值依次记录到场景 CSceneGraph3d 的各个网格 CMesh3d 结构对象中,并且根据每个网格对象产生相应的 OpenGL 的显示列表。在程序初始化或界面发生变化的时候遍历场景的各个网格结构对象,调用相应的 OpenGL 的显示列表<sup>[5]</sup>。

为了达到界面可视化和交互化的要求,在视图类 CMeshView 中定义了相应的场景的旋转,缩放和平移,并通过鼠标和键盘完成界面的交互,实例界面如图 4 所示。

### 4.3 VRML 三维人体模型的控制比较

在实验中,对 VRML 三维人体的胸围,腰围和臀围分别进行了 1:1.2,1:1.2 和 1:1.25 的放宽,并且根据该人体模型的特征体型 Y 依次对腹部,胯部进行了补充建模加以修正,得到了放大并不失真的目标模型(如图 5(b)所示)。

比较控制前后 VRML 三维人体模型(如图 5 所示),可以发现胸围、腰围、臀围处发生了比较明显的放大变化,而整体的外观不失真,手臂的相对位移缩放也十分准确,而且控制的准确度也较高,直接根据界面中的输入数值就可以实现控制的效果。在保证 VRML 三维人体模型逼真地展示人体模型的同时,对 VRML 处理变换,产生了新的 VRML 人体模型,为三维模型形体库又增加了新的样本,使得以后在选择三维虚拟人体建模的时候,多了更充裕的选择空间。