

一种结构灵活的数字角色骨骼自动生成方法

黄博远, 黄铂钧, 刘椿年

(北京工业大学多媒体与智能软件技术北京市重点实验室, 北京 100022)

摘要: 数字角色骨骼是三维动画制作过程中不可或缺的关键要素。该文提出了一种结构灵活的数字角色骨骼自动生成方法, 它从三维动作捕捉系统获取骨骼关节的位置信息, 根据 XML 文件信息生成树形骨骼描述。该方法通过修改树形骨骼描述, 灵活地生成各种特殊结构的数字角色骨骼, 满足动画片对特殊数字角色的需求。

关键词: 骨骼; 角色动画; XML; 递归算法

Automatic Generation Method of Character Skeleton with Flexible Structure

HUANG Boyuan, HUANG Bojun, LIU Chunnian

(Beijing Municipal Key Laboratory of Multimedia and Intelligent Software Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022)

【Abstract】 Skeleton of digital character is one of the most important parts in 3D animation. This paper presents a method on automatic generation of character skeleton with flexible structure. After obtaining position information of skeleton joints through motion capture system, it can build a tree-shaped description of skeleton based on the corresponding XML file. By changing the XML file, it can acquire different kinds of flexible skeletons which could meet the special needs of real Cartoons.

【Key words】 skeleton; character animation; XML; recursion algorithm

动画自动生成^[1]技术是人工智能与多媒体技术相结合的产物, 属于信息领域、数字内容软件产品。目前动画的应用已覆盖动画故事片、动画广告、计算机游戏和计算机模拟等众多领域。

数字角色骨骼的自动生成是动画自动生成技术的一个底层分支。在数字空间中, 角色的运动是由骨骼控制模型来实现。构成角色动画的重要因素有两个: (1)模型——角色的形体; (2)骨骼——角色的运动。

目前, 在国内外已有一些使用基于MotionCapture等运动跟踪设备的方法来建立数字角色骨架模型^[2,3]的先例。但是这些方法主要局限于生成特定框架结构的骨骼, 骨骼的框架结构不能灵活设定。对数字角色骨骼的自动生成问题进行了探讨, 根据骨骼关节三维空间位置和对应的骨骼关节父子关系(骨骼的框架结构)这两种信息实现了数字角色骨骼的自动生成。这种方法的优势在于具有很高的灵活性, 数字角色骨骼的结构可以通过配置文件方便地进行调节, 适应了动画自动生成过程中对特殊动画角色的需求^[4](例如独臂人等)。

1 功能和结构

图1为系统框架图, 系统由3大部分组成, 分别是骨骼关节的三维空间位置数据提取模块(a)、骨骼关节的父子关系结构提取模块(b)和MAYA脚本语言生成模块(c)。

(1) 三维空间位置数据提取模块

系统中的骨骼关节三维空间位置信息来源于三维动作捕捉系统 MotionCapture。MotionCapture 可以捕获安置在演员身体特定位置上的红外线感光球的三维空间位置信息, 并将数据以 TRC 文件的形式输出。本系统读取 TRC 文件中的信息后, 采用特定的数据映射算法演算出骨骼关节在三维

空间的位置信息。

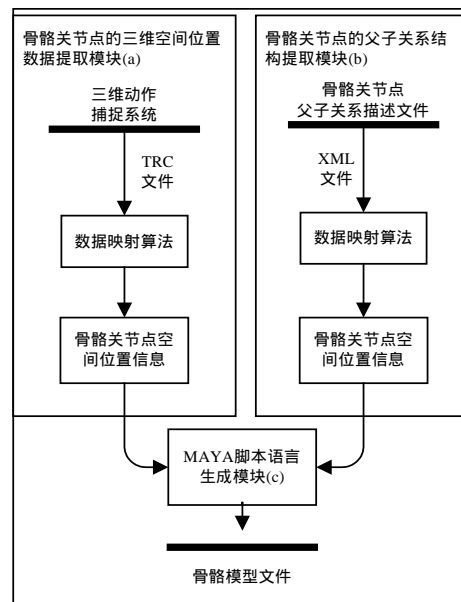


图1 系统框架

数据映射算法是可替换的, 不同模型(例如直立动物和爬

基金项目: 国家自然科学基金资助重大项目“非规范知识处理的基础理论与核心技术研究”(60496322, 60496327); 北京工业大学博士科研启动基金资助项目(00119)

作者简介: 黄博远(1981-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 人工智能, 多媒体技术; 黄铂钧, 学士; 刘椿年, 教授、博士生导师

收稿日期: 2006-07-10 **E-mail:** huang_larch@hotmail.com

行动物的 TRC 文件信息和骨骼关节三维空间位置信息的对应关系是不同的,映射算法要随着模型的变化而更改(本文给出人体骨骼的数据映射算法)。

(2)父子关系结构提取模块

特定骨骼的关节父子关系以 XML 文件的形式输入到系统中,变换骨骼模型的时候只需要编写相应的 XML 配置文件即可。系统读取 XML 文件后,采用统一的 XML 解析算法将文件中所描述的骨骼父子关系以树形数据结构创建在内存中。

(3)MAYA 脚本语言生成模块

在本系统中用树形数据结构表示骨骼关节的父子关系、按照骨骼生成树的深度优先遍历顺序维护骨骼关节的三维空间位置信息,以这两个数据作为 Maya 脚本语言生成器的输入,采用递归算法解释生成 Maya 嵌入式语言 MEL 脚本。将 MEL 脚本直接输入 Maya 动画软件,获得相应模型的骨骼。

2 主要算法设计

2.1 骨骼关节的三维空间位置数据的提取算法

关于捕获骨骼关节空间位置有很多方法^[5],使用三维动作捕捉系统可以捕获出真人演员所配戴Marker轨迹球的三维空间点位置信息。这些信息被记录在TRC文件中,用来描述演员身体特征并记录身体运动轨迹的点信息:

Frame#	X1	Y1	Z1
1	0.000	-117.356 87	1 585.8...
...			
79	1.300	-117.461 07	1 586.0...

这些点本身并不是人体骨骼的关节点,它们实际上反映了人体皮肤上某点位置的信息。需要一个特定的数据映射算法将人体特征点的三维空间位置信息转换成骨骼关节的三维空间位置信息。

算法将人体特征点的三维空间位置分为 3 类进行处理:

(1)包括脚趾、肘、肩等,这类部位的共同特征是肌肉组织较少,骨骼和皮肤的距离非常近,这类骨骼关节的三维空间位置信息可直接取值为相应位置人体特征点的三维空间位置信息。

(2)包括喉部、面骨等,这些部位的特点是骨骼关节距离皮肤比较近,但无法直接放置轨迹球。这类点的信息需要借助人体其它特征点来确定。例如肩部两侧各有一个特征点,可以取它们坐标值的算术平均值作为面骨的近似坐标。

(3)包括胸骨、椎骨、脊柱等,在这些骨骼关节点上,数字角色的骨骼与生物体骨骼的空间位置有很大差距。数字角色骨骼主要作用是控制整个模型的运动,它们需要放置在模型体的内部,也就是实际生物体中内脏的位置,二者实际偏差较大。在处理这类点的时候,需要忽略原始数据中某些维度的坐标值,然后结合数字角色骨骼的空间位置关系推算出符合数字角色骨骼需求的骨骼关节点三维空间位置信息。例如,胸骨、椎骨、脊柱上的骨骼关节,在数字角色骨骼中是分布于由尾骨和喉部关节确定的直线上。可以利用计算几何中的共线公式:

$$y = y_1 + (y_1 - y_0) \frac{x - x_1}{x_1 - x_0} \quad (1)$$

其中,(X0, Y0)、(X1, Y1)为几何空间中的两个点,公式所示直线为这两点所确定的直线。

根据各关节所对应特征点的纵坐标求得另外两个维度的数值。在计算这些骨骼关节的位置时,需要事先根据对

应特征点计算出它们的纵坐标和它们所在线段两个端点的三维坐标,作为演算的依据。例如:joint [5][0] = joint [4][0] + (joint [6][1] - joint [5][1]) * (joint [4][0] - joint [6][0]) / (joint [6][1] - joint [4][1])。

2.2 骨骼关节的父子关系结构提取算法

(1)基于 XML 的骨骼结构描述

任何类型角色无论是人、直立动物还是爬行动物的骨骼,都可以描述成一个以某个关节为根关节逐步扩展生成的树形结构。整个骨骼是一个由蕴含父子关系的关节点构成的树形结构数据。图 2 给出了一个简单人体骨骼的树形结构描述,系统选择尾椎作为根关节,root 下包含躯干子树(back1)、左腿子树(left_crotch)和右腿子树(right_crotch);其余各节点分别从属于对应的子树。

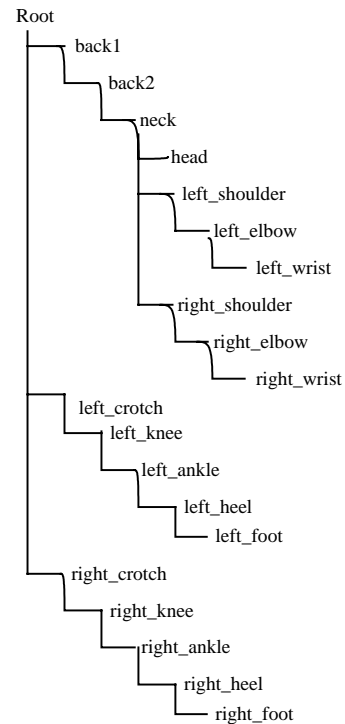


图 2 简单人体骨骼的树形结构描述

因为 XML 是一种“元”标记语言,它既能描述文档内容,也能描述文档内部结构关系,所以使用 XML 可以方便地描述这种树形结构信息。XML 文档结构清晰,具有良好的可识别性,通过 XML 解析器可以方便的获得 XML 文件中所蕴含的结构和内容信息。通过修改 XML 配置文件中的骨骼结构信息,系统便可以自动生成不同结构的骨骼。图 3 给出了一个简单骨骼结构 3 种描述方式的示例,从中可以看出它们的对应关系。

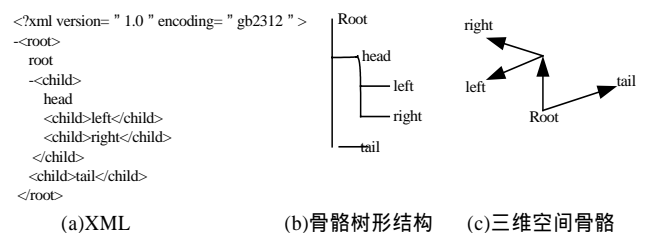


图 3 骨骼结构的 3 种描述方式

(2)树型骨骼的设计与生成

系统在内存中以树形结构存储骨骼关节的父子关系信息。整个骨骼生成树的根节点就是骨骼的根关节,树形节点

之间的父子关系就代表了骨骼关节之间的父子关系。图 4 给出了一个人体骨骼结构。

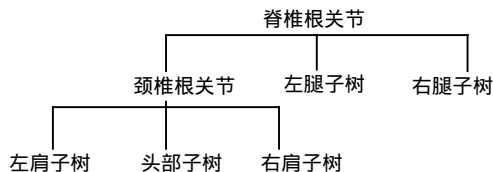


图 4 树形人体骨骼结构

在该结构中节点数据结构的形式如下：

```
class treeNode {
    float x,y,z;
    Vector children;}

```

3 个浮点型数据表示当前骨骼关节的三维空间位置，在 children 向量表中存放了当前节点的子节点。

骨骼生成树是按照之前描述的 XML 文件生成的，采用 Java 语言的 Dom4j-XML 文件解析器，将 XML 骨骼结构文件读入系统：

```
Element root = doc.getRootElement();
```

在 root 节点中存储了 XML 的根节点，也就是骨骼的根关节。采用递归算法根据 XML 文件所描述的结构构造整棵骨骼树：

```
void buildTree(Element e, String[] data){
    1)将三维空间位置信息赋值给树节点的浮点型成员变量
    2)遍历所有子节点递归调用 buildTree 方法}

```

其中，e 为 XML 中的当前节点(初始状态时为 XML 的根节点)，data 为骨骼关节的三维空间位置信息。通过调用根节点的 buildTree 方法，就可以递归构造出整棵骨骼树。树中节点的构造顺序是最终生成树的深度优先遍历顺序。

2.3 MAYA 脚本语言的生成

本系统根据骨骼关节的三维空间位置信息和树形数据结构所表示的骨骼关节父子关系，利用解释算法生成一段 MEL 语言脚本。将此脚本导入 Maya 中，便可自动的构建出符合数据描述的三维空间骨骼。

MEL 语言生成骨骼的命令：joint

语法描述: joint [flags] [String...]

先选择一个骨骼节点 A，再使用骨骼节点生成命令生成节点 B，就建立了 A->B 两个节点的父子关系，其中 A 为 B 的父亲节点。

MEL 脚本语言解释算法：

```
void desolve(){
    (1)生成当前关节点
    (2)遍历当前树节点的所有子节点递归演算当前子节点对应的 MEL 语言脚本}

```

通过调用树根节点的 desolve()方法，就可以递归的遍历整棵骨骼生成树，演算出对应的 MEL 语言脚本。



图 5 骨骼简单示意图

如图 2 所示的简单结构人体骨骼，在处理后将生成如下形式的脚本，与之相对应的数字角色骨骼如图 5 所示。

```
joint -p 0 10 -1;
select -r joint1;
joint -p 0 13 -0.6;
select -r joint2;
...
```

3 系统实现

根据系统结构设计，并将上述算法集成在一起，完成了人体骨骼自动生成的实验。实验的主要设备包括三维动作捕捉系统、MAYA 动画软件、图形处理服务器。实验的主要步骤如下：

(1)通过 MotionCapture 三维动作捕捉系统捕获出真人演员所配戴 Marker 轨迹球的三维空间点位置信息。使用真人演员，穿上黑色紧身衣，身上的所有特定部位都安装上一种被称做“Marker 轨迹球”的红外线感光球。演员在动作捕捉台上的一举一动，都会被系统中的摄像机镜头捕捉，从各个角度通过球的红外光线将演员的动作反射到计算机中，这样感光球的空间位置便可以被演算出来并存储到特定格式的文件中(TRC)。数据通过骨骼关节的三维空间位置数据提取模块，分析演算成骨骼关节的三维空间位置数据。

(2)按照设计好的人体骨骼关节结构编写一个与之相对应的 XML 配置文件。通过骨骼关节的父子关系结构提取模块，系统将 XML 配置文件所描述的骨骼关节的父子关系转化为内存中的树型结构。

(3)将骨骼关节的三维空间位置数据和骨骼关节的父子关系结构数据提供给系统中的 Maya 脚本语言生成器，解释程序按照数据所提供的信息生成一段可以直接被 MAYA 动画软件所识别的 MEL 脚本语言。将 MEL 脚本语言导入 MAYA 动画软件，得到正常人体骨骼如图 6。通过修改 xml 配置文件，可以方便更改人体骨骼结构，生成的独臂人的骨骼如图 7 所示。

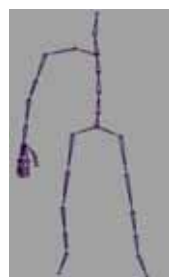
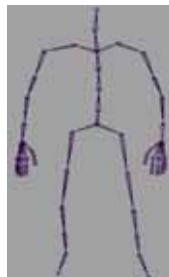


图 6 实验生成的正常人体骨骼 图 7 特殊结构的人体骨骼

4 总结

随着电脑图形技术的发展，三维动画技术在电影、电视和交互式游戏等娱乐行业得到了前所未有的发展。由于动画自动生成具有潜在的发展前景，因此动画自动生成技术的研究已成为目前的一个研究热点，而角色技术正是其中的一项核心技术。本文提出了一种数字角色骨骼的自动生成技术，可以通过修改 XML 骨骼结构描述文件，自动地生成各种特殊结构的数字角色骨骼，满足了现代动画产业对数字角色的多样化需求。在实现过程中，运用了 MAYA、MotionCapture 等在工业中广泛应用的动画软硬件，在提高了数字角色骨骼产品质量的同时，扩大了系统的适用范围，适应了动画产业的发展需求。

(下转封三)