

# 楚文化保护中编钟乐舞的复原与展示

杨程 孙守迁 苏焕

(浙江大学计算机学院现代工业设计研究所, 杭州 310027)

**摘要** 为了保护 and 传承中国的古楚文化, 通过数字化技术对当时的文化空间和文化活动进行了动画模拟与再现。参考文字记载、现存的图像及出土的文物, 使用3维扫描、3维建模技术对编钟、青铜工艺品、漆器、人物、服饰及建筑进行3维模型重建, 并对已经褪色的图像和文物的表面纹理, 进行图像复原。通过动作捕获技术, 从楚舞演员身上采集具有楚风格的动作信息, 赋予人物模型; 然后合并场景, 生成舞蹈动画, 并合成编钟乐曲; 最后, 利用VRML技术建立一个交互式的文化展示平台。该方法与传统的文化保护方法相比, 有更好的易接收性和娱乐性, 有利于增强观众的现场体验感和关注度, 加大文化传播的广度与深度。

**关键词** 文化遗产 编钟乐舞 保护 复原

**中图分类号**: TP391.4 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2006)10-1474-06

## Reconstruction and Exhibition of Chime Bell Music and Choreography for Safeguarding of Ancient Chu-culture

YANG Cheng, SUN Shou-qian, SU Huan

(College of Computer Science and Technology, Institute of Modern Industrial Design, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract** In order to protect ancient Chu-culture of China, virtual reality technique was used to reconstruct and imitate cultural space and historic activity. According to literal recordation, ancient images and ancient relic, we reconstructed chime bell, bronze utensils, lacquers, characters, finery and architecture by 3d scanner and 3d modeling technique, and we also recovered the fading color painted on culture relic in ancient times. Motion was collected from chu-dancers by motion capture technique. Then all models were incorporated into a scene for rendering animation, and chime bell music was combined with the animation. Finally, an interactive system to exhibit culture was founded by VRML technique. The method to protect and transmit culture heritage is more acceptable and enjoyable than traditional one, which is better to attract audiences' attention, make audiences to obtain experience, increase the extent and depth of culture transmitted.

**Keywords** cultural heritage, chime bell music and choreography, protect, reconstruction

### 1 文化遗产保护的意義

文化遗产不仅是指有形的物质文化遗产, 如古物古迹, 还包括无形的非物质文化遗产, 如民族民间的音乐、舞蹈、语言、故事、口头文学、风俗习惯、游戏、礼仪、手工艺、传统医学、建筑艺术等等。

中国近代经过了近百年的战争, 建国后又有10年文化浩劫。这些对中国古代文化遗产产生了严重的破坏, 大量古物古迹被毁, 许多民风民俗被淡化, 无形文化遗产流失严重。当传统文化被破坏而新的民族文化未被系统的建立时, 西方强国借助其经济与科技的优势, 对中国进行了广泛的文化渗透与侵蚀, 产生了消极的后果。中国的青少年一代对于西

**基金项目**: 国家重点基础研究发展规划基金项目(973计划)(2002CB312106); 国家自然科学基金项目(60475025); 湖北省教育厅重点资助基金项目(2004Z001)

**收稿日期**: 2005-10-14; **改回日期**: 2006-08-07

**第一作者简介**: 杨程(1978~), 男。现为浙江大学计算机学院博士研究生。研究方向为文化遗产的数字保护。E-mail: yangchengyc@126.com

方文化由陌生到熟悉,逐渐产生了文化认同,而中国传统文化对他们的影响却在慢慢淡化。

历史证明,任何民族和国家,如果要真正发展强大并具有影响力,有形的物质固然重要,同样重要的还有无形的精神。文化资源的丰富程度就在一定程度上反映了该民族或国家的精神力量。一个民族、地区的文化遗产,往往蕴藏着该民族传统文化最深的根源,保留着形成该民族文化的原生状态,以及该民族特有的思维方式,成为情感凝聚、认知自身及文化创造的依托。可见,文化遗产保护对于国家的发展有其积极而深远的影响。

## 2 技术现状

对于文化遗产的保护措施一般分为搜集、保存、修复、展示。传统意义上对文化的展示是以文字、图形、实物为基础,通过陈列而向公众传播历史和文明的。现在,在文化保护领域,已经广泛采用数字化技术手段进行文化保护,大大加快了保护的力度与效率,同时也促进了文化遗产在数字化时代的传承。

文化遗产数字信息获取包含了 2 维信息获取和 3 维信息获取两方面。2 维信息获取包括文字、图片等资料的数字化与计算机存档。3 维信息获取包括对遗迹、文物的 3 维扫描与模型重建;对语言艺术和非语言艺术音频、视频的记录。从文化遗产保护技术的应用现状来看,主要分为以下几类:数字化记录(文字、图片、音频、视频等);虚拟博物馆;虚拟文物遗址再现与文物修复,对文化空间的重建。当然,一些文化遗产保护可能包含以上的一类或几类应用。

现有的数字保护方式主要是针对于有形的物质文化遗产,而较少关注舞蹈、技艺、口头文学等无形遗产。本文主要着重编钟乐舞这一历史文化活动的模拟与再现,不仅对活动场景中的建筑、人物、服饰、编钟等物质性的文化遗产进行了重建和复原,还对舞蹈活动这一无形文化遗产作了动态模拟和展示。

## 3 编钟乐舞活动复原

对于特定的文化空间与历史文化活动的保护,例如舞蹈、庆典、祭祀等,核心内容是针对活动中的人物行为进行复原。整个复原过程通过真人活动重演并结合运动捕获技术来完成。活动中的历史人物

可以根据历史资料中的文字描述和图像为参考,通过网格编辑技术进行重建,也可以根据古代墓葬中出土的尸骨残骸进行复原。对于历史文化活动发生的场景及场景中器件,根据物件的大小、易破损的程度以及可参考的信息量,分别采用 3 维扫描技术、基于参考图像重建和 3 维网格编辑技术进行虚拟重建。

所以,该文化活动复原包含活动场景及文物模型重建<sup>[1,2]</sup>、纹理复原<sup>[3,4]</sup>、历史人物重建<sup>[5]</sup>、运动信息采集<sup>[6,7]</sup>等相关工作。

### 3.1 模型重建

借助 3 维建模技术、3 维扫描仪对虚拟活动中的物件进行建模。在重建的对象中,有的有实物存在,有的没有实物,只有图像可以参考。有的实物体积较小,易于移动,而有的实物体积很大,且极易损坏。所以不同的情况要采用不同的方法,区别对待。

#### 3.1.1 3 维扫描

对于体积较小、便于移动而且不易破损的文物,采用 3 维扫描仪对其进行 3 维数据搜集<sup>[8]</sup>。

该设备是通过激光束扫描物体获取目标的 3 维数据信息,从而达到为物体建立 3 维计算机数据模型的目的。激光发生器射出一定能量的激光束到物体表面,扫描手柄上的两个 CCD 摄像机捕捉反射回来的激光束,处理器通过捕捉到的信息与校准目标的位置计算出特定点的空间位置信息,反馈到计算机系统,由相配套的软件系统合成所有点的信息,生成与物体形状一致的计算机空间模型。楚文化中的龙形工艺品(如图 1),就是通过激光扫描生成的模型。

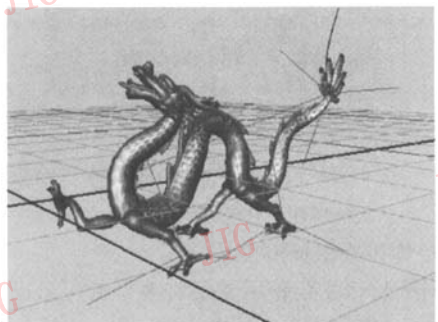


图 1 铜龙

Fig.1 Cupreous dragon

这种方法的优点是比较快捷方便,大大减少文化保护人员的工作量。但对表面光滑的物体,由于

反射引起的干扰,结果会不太理想。而且扫描的模型文件采用点云的方式对模型进行记录,所以文件一般都比较。对于一个大型的活动场景来说,要复原的物件很多,最后要将这些模型都合并到一个统一场景进行后期处理,文件太大将严重妨碍后期的计算处理。

虚拟场景是真实环境的一个抽象表达,追求真实是我们的目标,但最终虚拟重建工作所达到的真实程度是一个相互妥协的结果。一方面要考虑重建的精度,另一方面要考虑场景文件的大小和计算量。

### 3.1.2 基于图像参考的重建

对于体积很大、不能移动或容易损坏的文物,根据实物图像及尺寸进行重建。

湖北曾侯乙墓出土的编钟,是比较大的物体,而且很难固定在一个平台上进行 3 维扫描。使用长焦镜头,从正面、侧面、顶面 3 个正交平面拍摄实物,得到 3 张参考图。以这些图像为外形轮廓参考,对模型的各个控制顶点进行定位,得到复原后的模型。图 2 是无枚甬钟(编钟的一种)基于图像参考,进行重建生成的 3 维模型。

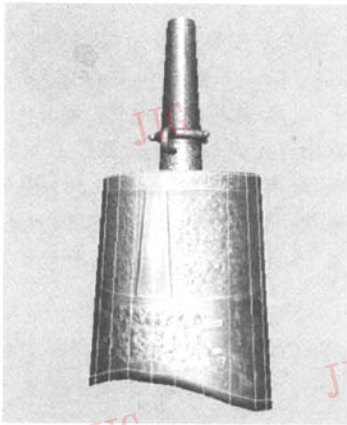


图 2 无枚甬钟

Fig. 2 Yong bell without nail

### 3.1.3 3 维网格编辑技术

对于建筑的模型它是由许多个物件组成,比较复杂,不可能用前面两种方法解决。

首先,定出该建筑多面体各个面的控制点坐标  $(X, Y, Z)$ ,再根据控制点坐标建立 3 维线数据集合  $[(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2), \dots, (X_n, Y_n, Z_n)]$ , 3 维面数据集合  $B[(X_{b1}, Y_{b1}, Z_{b1}), (X_{b2}, Y_{b2}, Z_{b2}), \dots,$

$(X_{bn}, Y_{bn}, Z_{bn})]$ ,从而形成整个建筑的 3 维空间数字结构,通过 OpenGL 绘制,一个初级的建筑数字模型就建立起来了。然后,通过网格编辑技术,对细节的建筑局部进行修改,得到最后的结果。图 3 是通过该技术重建的古建筑模型。

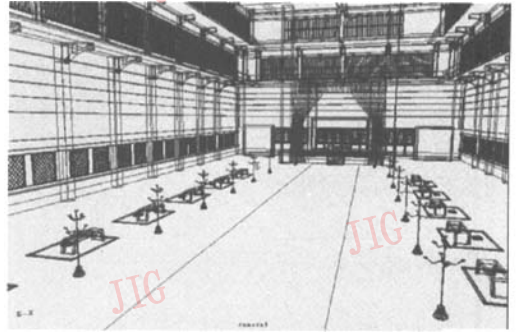


图 3 宫殿模型框架

Fig. 3 Model of palace

## 3.2 人物重建

活动中的历史人物可以根据历史资料中的文字描述和图像为参考,通过网格编辑技术进行重建,也可以根据古代墓葬中出土的尸骨残骸进行复原<sup>[5]</sup>。

### 3.2.1 基于图像的人物重建

对于历史人物的重建,不可能得到人物正面、正侧面的参考图。仅在残存的同时代的书籍、绘画、帛巾、雕刻上,留有当时人物的图像,作为建模时临摹的参考。在这种情况下,只能通过 3 维网格编辑技术进行重建工作。

这种方法要求重建人员有较高的艺术创作能力并对人体解剖学有相当程度的了解。因此复原的结果在一定程度上受制于复原者的能力和审美偏好,主观性因素较多。

图 4 和图 5 是以长沙陈家大山楚墓出土的女性画帛为摹本,通过 3 维网格编辑对楚国舞女头部进行重建的重要过程及结果。

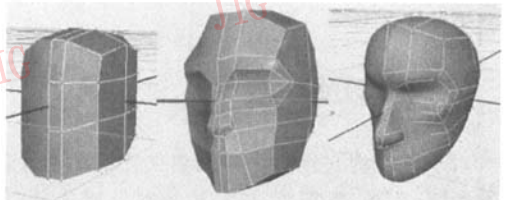


图 4 重建过程

Fig. 4 Reconstruction process

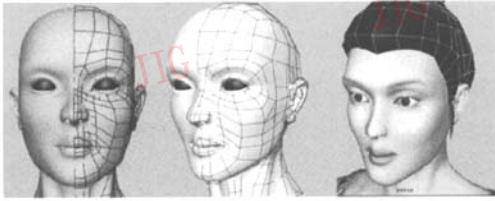


图 5 重建过程及结果

Fig. 5 Reconstruction process and result

### 3.2.2 基于人骨的重建

在文化考古过程中,总是伴随着尸骸的发现。通过对尸骨进行复原,即可得到同时代文化活动中人物角色的模型。以头骨为例,重建方法基于以下两点:

(1) 人类面部解剖学的研究,及软组织(皮肤、脂肪、肌肉)与头骨之间的关系。

(2) 对不同人种、性别、年龄的个体的面部数据进行搜集。

先选择较完整的头骨,最好带有下颚。通过 CT 扫描,得到头骨的 3 维网格模型。在模型上标注解剖学上的关键点,这些标记点可以记录头骨的关键特征。通过头骨、牙齿、盆骨等相关信息,可以鉴定出该个体的种族、性别和年龄。基于以上判断,可以得到相应的头部软组织数据。

根据头骨上各个标记点的 3 维坐标及其软组织厚度,可得到相应的面部特征点的 3 维坐标。通过插值计算,连接这些特征点,生成最终的面部模型,NURBS 曲面建模技术可以达到该目的。

### 3.3 纹理贴图的复原

大部分文物由于年代久远,表面由于受到物理及化学侵害,大多已破损、褪色、变色。所以当得到 2 维纹理后,还需要在图像处理软件中对采集到的纹理进行修复。

对于文物表面纹理的复原<sup>[3,4]</sup>,首先对文物拍照得到 2 维纹理,然后参考原物对 2 维纹理进行色块分区,再通过对色彩的明度、色相、纯度及对比度进行分块调节,来修改图像的最后结果。颜色的调节涉及到化学、物理、考古和艺术等领域的综合应用,是一个复杂的过程。

将从文物表面得到的 2 维纹理,以特定的映射方式赋予 3 维物体。对于复杂的 3 维物体,还需要预先在 3 维软件中,将物体上每个点的  $u$ 、 $v$  纹理坐标进行指定,然后再进行纹理包裹。赋予文物修复

后的纹理。如图 6 所示,左边是纹理修复后的数字编钟,右边是在湖北博物馆拍摄的编钟照片。

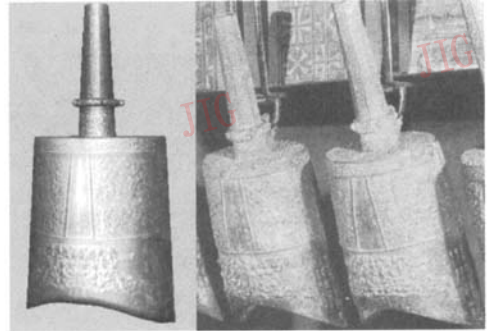


图 6 校正颜色前后的纹理

Fig. 6 The chime bell after color calibration and the one before color calibration

### 3.4 动作采集

动作的复原是相当困难,其过程也是极为繁琐的。因为人体动画作为计算机动画中最富挑战性的领域,其运动的指定非常繁复,计算量也非常之大。计算机中的人体运动控制技术主要有关键帧技术、运动学及动力学、动作捕获等技术。基于运动捕获的运动控制技术是其中最有效的,最有前途的技术。

运动捕获<sup>[6,7]</sup>是指首先从摄像机视频序列中跟踪人体模型的各个关节点,然后恢复 3 维人体运动序列。其中,特征跟踪和 3 维人体运动序列重建是两大关键技术。在视频动画系统中,将人体运动简化为人体骨架的运动。人体骨架由多个关节点组成。根据人体骨架模型设计了一套紧身衣,在每个关节点处附上感光标记点,运动捕获的目标就是捕获这些感光点的 3 维运动序列。

首先根据摄像机视频跟踪,得到图像中特征点的 2 维坐标。然后建立空间 3 维特征点坐标与图像中对应特征点坐标之间的相互关系,这种关系需要通过摄像机定标来确定。图像点坐标  $(u, v)$  与空间点  $(X_w, Y_w, Z_w)$  之间的关系可表为

$$z_c \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{d_x} & 0 & u_0 \\ 0 & \frac{1}{d_y} & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R & 0 \\ 0^T & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} = MX_w$$

$d_x$  和  $d_y$  分别为摄像机的  $x$  方向和  $y$  方向的单

位像素物理尺寸,  $f$  为摄像机的焦距,  $z_c$  为空间点在摄像机坐标系中的  $z$  方向长度,  $M$  为变换矩阵,  $(u_0, v_0)$  为图像物理坐标系的原点在图像坐标系中的位置。

已知特征跟踪和定标结果, 可以恢复 3 维人体运动序列。其基本思路是利用空间点与图像点之间的变换关系恢复图像点的 3 维坐标, 采用最小二乘法得到解析解。

如图 7 所示, 在穿有紧身衣的舞蹈演员身上粘附 36 个感光点。如图 8 所示, 采集到楚舞演员的人体骨架运动信息后, 将先前创立的人物角色模型, 蒙附在生成的人体骨架上, 就得到了舞蹈动作。



图 7 穿紧身衣的舞蹈演员

Fig. 7 Dancer wearing close-fitting suit

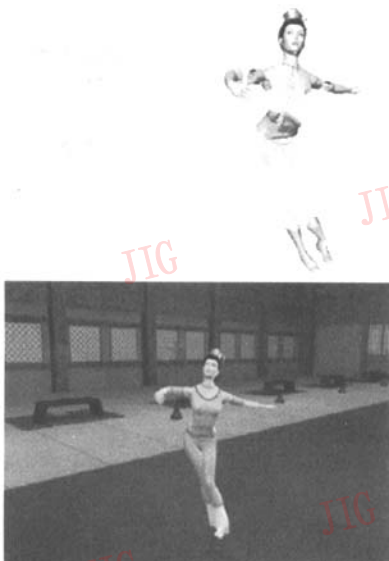


图 8 舞蹈动作

Fig. 8 Dancing motion

最后, 将角色模型、物件模型及建筑模型合并到统一的场景中(图 9), 进行渲染计算。

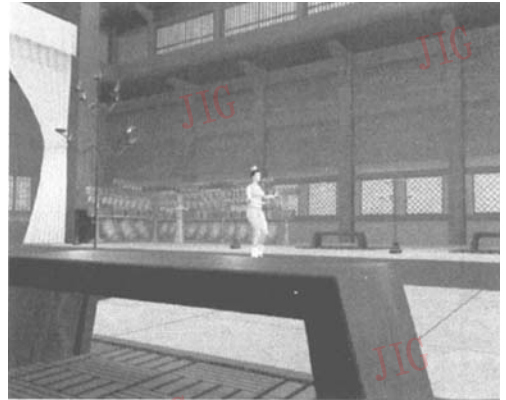


图 9 合并场景

Fig. 9 Combination of scenes

#### 4 编钟乐舞活动的交互展示

在数字化复原和模拟的基础上, 从人的认知特点出发, 建立多通道的网络交互展示模型, 及体验式的展示模型, 为用户提供全方位展示服务, 引发人们对其的兴趣和关注, 最终实现编钟乐舞文化的传承。

该平台包括 3 个子系统: 网络多媒体点播系统、体验展示系统、信息交互系统。

##### 4.1 网络多媒体点播系统

该系统为用户提供编钟乐舞的 3 维动画、视频、音频、相关文献等多媒体信息的点播服务(图 10)。用户只要通过互联网就能获得各类信息, 并对编钟

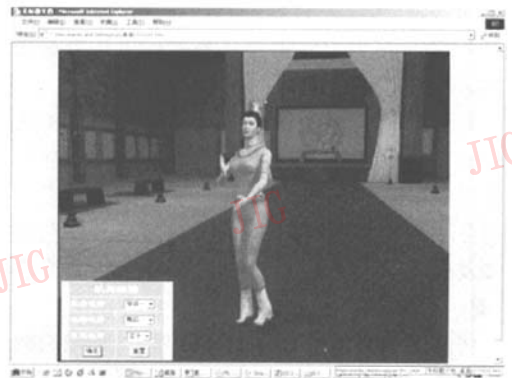


图 10 点播系统界面

Fig. 10 Interface of order program system

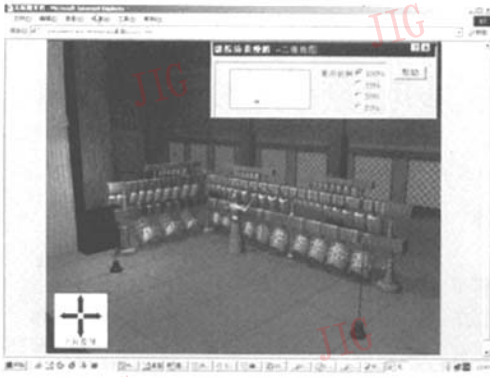


图 11 虚拟场景漫游界面

Fig. 11 Interface of virtual scene

乐舞活动产生全面的了解和深刻的体验。

#### 4.2 体验展示系统

通过 3 维建模软件建立虚拟的楚国宫殿,利用 VRML 技术让用户在编钟乐舞的表演场所进行虚拟漫游(图 11),加强现场体验感。由于网络速度和用户计算机性能等条件限制,对于大型 3 维场景的交互展示,目前还很难在网络上进行普及。

#### 4.3 信息交互系统

根据该网络平台用户的注册信息,向不同年龄段、不同文化背景的用户,推荐相关的乐舞信息;同时收集访客使用该系统的相关信息,如兴趣点,关注度等,对用户的行为、喜好等信息进行分析,为系统的完善与资料库的更新提供依据。

## 5 结 论

计算机及网络技术的飞速发展,使得各地政府

与研究机构越来越倾向于借助网络媒体,对文化遗产进行展示、宣传,让人们有更多机会也更加方便地了解和学习这些文化。展示的方式也不再仅限于文字说明、图片和 3 维模型。大量清晰的动态视频、音频充斥于网络,而大部分参观者则越来越偏爱可参与、可交互的人性化传播方式,希望在愉悦的环境里接受人类悠远的千年文明。

### 参考文献 (References)

- 1 Zheng J Y, Zhang Z L, Abe N. Virtual recovery of excavated archaeological finds [A]. In: IEEE Multimedia Computing and Systems Conf[C], Fukuoka, Japan, 1998: 348 ~ 357.
- 2 Zheng J Y, Zhang Z L. Virtual Recovery of Excavated Relics[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1999, 19(3): 6 ~ 11.
- 3 WEI Bao-gang, LU Dong-ming, PAN Yun-he, et al. Interactive image segmentation using multiple color spaces[J]. Chinese Journal Computers, 2001, 24(7): 770 ~ 775. [魏宝钢, 鲁东明, 潘云鹤等. 多颜色空间上的交互式图像分割[J]. 计算机学报, 2001, 24(7): 770 ~ 775.]
- 4 Hua Zhong, Lu Dong-ming, PAN Yun-he. Research on virtual color restoration and gradual changing simulation of dunhuang frasco[J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(2): 181 ~ 186. [华忠, 鲁东明, 潘云鹤. 敦煌壁画虚拟复原及演变模拟模型研究[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(2): 181 ~ 186.]
- 5 Vanezis P, Vanezis M, McCombe G, et al. Facial reconstruction using 3-D computer graphics [J]. Forensic Science International, 2000, 108(2): 81 ~ 95.
- 6 Arikan O, Forsyth D A. Interactive motion generation from examples [A]. In: Proceedings of SIGGRAPH[C], Atlanta, USA, 2002: 483 ~ 490.
- 7 Luo Zhong-xiang, Zhuang Yue-ting, Liu Feng. Video based character animation[J]. Journal of Research and Progress on Computer, 2003, 40(2): 269 ~ 276.
- 8 InSpeck FAPS Fringe Acquisition and Processing Software Version 6.0 User's Guide[M]. Montreal, Canada: InSpeck Inc., 2002.