

## 过程式多媒体作品版权保护技术<sup>1)</sup>

陈海英 于金辉

(浙江大学图书馆 杭州 310027)

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 杭州 310027)

**摘要** 我们提出一种过程式多媒体作品版权保护技术,即把绘图过程中的操作记录下来构成作品标识,作者通过重复该记录的各个操作可以再现作品的绘制过程来证明版权归属。由于作品标识与作品是分离的,所以它具有优良的抗攻击能力和更高的可信度。

**关键词** 多媒体 标识 版权保护

## Procedural Marks of Multimedia for Copyright Protection

Chen Haiying and Yu Jinhui

(Library of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

(State Key Lab. of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract** In this paper we propose a technique for copyright protection of multimedia production. The idea is to record operations corresponding to drawing pictures into procedural marks through which the author can show the drawing process to prove the ownership of the production. Since the marks are separated from the final pictures of the production, they have stronger security and higher credibility.

**Keywords** multimedia, marks, copyright protection.

## 1 引 言

多媒体数据的数字化(数字图像、数字视频、数字音频等)为多媒体信息的存取提供了极大的便利,也提高了信息表达的效率和准确性。随着因特网的日益普及,多媒体信息的交流已达到了前所未有的深度和广度。计算机的普及使得很多文学或艺术作者直接将作品以数字方式记录和存储下来,网络的飞速发展也为数字作品的传输提供了便利,但数字化技术精确、廉价、大规模的复制功能和因特网全球传播能力都给现有版权制度带来极大的冲击,如作品侵权更加容易,篡改也更加方便。所以,版权保护

是网络环境下亟待解决的问题,它所要达到的目的是保证信息的保密性、完整性、抗抵赖性。传统的版权保护是加密和防拷贝。然而,加密数据一旦解密后,就会很容易地被复制和传播。另外,传统方法保护下的数字媒体并不能有效地利用其易于传播和使用的特点,对于图像而言,加密后的图像一般不具有可识别性和可理解性,而一旦被解码,就失去了保护而可随意被复制。针对上述缺陷,一种新的版权保护技术——数字水印(Digital Watermarking)技术出现了。

收稿日期 2001 年 8 月 10 日

作者简介 陈海英,女,馆员。于金辉,男,副教授。

1)国家自然科学基金资助项目(60073024)

## 2 数字水印与水印攻击分析

数字水印技术的主要思想是通过在原始数据中嵌入秘密信息——水印(watermarking)来证实该数据的所有权,这种嵌入的水印可以是一段文字、标识、序列号等,而且这种水印通常是不可见或不可观察的,它与原始数据(如图像、音频、视频数据)紧密结合并隐藏其中,成为源数据不可分离的一部分,并可以经历一些不破坏源数据使用价值或商用价值而保存下来,只有通过专用的检测器或阅读器才能提取。

典型数字水印模型包括水印信号嵌入、水印信号恢复以及水印信号检测三部分<sup>[1]</sup>。数字水印的典型算法包括空域算法<sup>[2]</sup>、变换域算法<sup>[3]</sup>、压缩域算法<sup>[4]</sup>、NEC 算法<sup>[5]</sup>以及生理模型算法<sup>[6-8]</sup>等。这些算法主要针对图像数据(某些算法也适合视频和音频数据)。目前其他的数字水印技术,如对基于图形、矢量图和动画等媒体的数字水印技术研究得还比较少,仅见有基于三角面片几何图形的水印嵌入算法<sup>[9]</sup>。

基于数字水印的版权保护可以从多方面进行,比如标题与注释、篡改提示和完整性保护、版权所有者保护以及授权拷贝等。

所谓水印攻击分析,就是对现有的数字水印系统进行攻击,攻击的目的在于使相应的数字水印系统的检验工具无法正确地恢复水印信号,或不能检测到水印信号的存在。目前常见的水印攻击方法有:

(1)IBM 攻击。其原理为:设原始图像为  $I$ ,加入水印  $W_A$  的图像为  $I_A = I + W_A$ ,攻击时,攻击者首先生成自己的水印  $W_F$ ,然后创建一个伪造的原图  $I_F = I_A - W_F$ ,也即  $I_A = I_F + W_F$ ,此后,攻击者可声称他拥有  $I_A$  的版权。由于  $I_F$  已经受到  $W_F$  的干扰,原作者能否成功检测出自己的水印还是个问题。

(2)StirMark 攻击。StirMark 攻击首先模拟图像用高质量打印机输出,然后再利用高质量扫描仪扫描,重新得到其图像在这一过程中引入的误差。另外,StirMark 还可以对水印载体图像进行几何失真攻击,即它可以以几乎注意不到的轻微程度对图像进行拉伸、剪切、旋转等几何操作。

(3)马赛克攻击。其攻击方法是首先把图像分割成为许多个小图像,然后将每个小图像放在 HTML 页面上拼凑成一个完整的图像。

(4)串谋攻击。所谓串谋攻击是利用同一原始多媒体数据集合的不同水印信号版本来生成一个近似的多媒体数据集合,以此来逼近和恢复原始数据。其目的是使检测系统无法在这一近似的数据集合中间测出水印信号的存在,其中最简单的一种实现就是平均法。

(5)跳跃攻击。随机地删除一定数量的像素列,然后用另外的像素列补齐即可。

## 3 图形、矢量图和动画等媒体的版权保护技术

目前对基于图形、矢量图和动画等媒体的数字水印技术研究得还比较少。但这类图像的制作比较费时,尤其是动画作品,投资巨大,制作周期长,被盗版后会给生产者造成巨大损失。所以在多媒体作品中图形、动画作品的版权保护更为重要。

前面所述数字水印技术都是将数字水印嵌入或搭载到多媒体作品中,我们把这种技术称作“嵌入式”技术。针对嵌入式数字水印易于受攻击的缺点,我们对图形、矢量图和动画等媒体提出一种“过程式”的数字作品版权保护技术。在过程式保护技术中,作品的标识与作品是分离的,这样现有的数字水印攻击手段就无法攻击作品的标识,在原作者与盗版者发生版权纠纷时,原作者可以用盗版者无法攻击和伪造的作品标识来证明作品的版权归属。

### 3.1 过程式标识的原理

我们知道,对于图形、矢量图和动画这类数字作品的制作总是需要一个过程来实现的,即一幅图是由一系列操作  $OP_1, OP_2, OP_3, \dots, OP_N$  累积的结果( $N$  为完成一幅图所需操作的总个数),这里每一具体操作可以用交互绘图系统中所画的某曲线或着色等,也可以是控制各个操作的程序代码等。如果我们把绘图的操作过程记录下来,则该记录就可以作为作品的标识,我们通过重复该记录的各个操作可以再现作品的绘制过程来证明版权所有。相应地我们把这种标识称为“过程式”标识,简称过程标识。

考虑到一幅图像往往需要很多操作才能完成,若把每一操作都记录下来势必造成过程标识文件很大。为减少过程标识所占据的空间,我们可以把过程标识进行分段。设完成某图像作品一共需要  $N$  个操作,我们可以在  $N$  个操作中选  $M$  段( $M \leq N$ ),每一段可以包含若干个操作, $M$  的大小以及这  $M$  段

的起始操作与终止操作位置可由作者根据需要选定。由于动画作品所需的绘画操作要比单幅图像要多几个数量级,故分段对减小动画作品过程标识所占空间具有更重要的意义。

### 3.2 过程标识的实现方法

在本节我们先给出用一些常用商用软件如 Photoshop, CorelDRAW 和 3DS MAX 生成过程标识的方法,然后介绍一个用过程动画(Procedural animation)的程序作为过程标识的例子。

(1) Photoshop 是一交互绘图系统,其基本工作方式是位图方式。Photoshop 可提供历史记录调板,它让用户跳到在当前工作阶段中创建的图像的任何状态。每次用户对图像进行一次更改,该图像的新状态就被添加到调板中。例如,如果用户选择绘画和旋转部分图像,则每个状态会在调板中单独列出。用户若要在工作阶段中保留某个状态,应建立该状态的快照。“快照”命令让用户建立图像任一状态的临时拷贝(或快照)。可以存储多个快照或图像状态以备在以后作为作品标识使用,用户要为存储的每个状态创建一个新文件,将新文件作为单独文件存储。这些文件便可以作为作品的过程标识,图 1 给

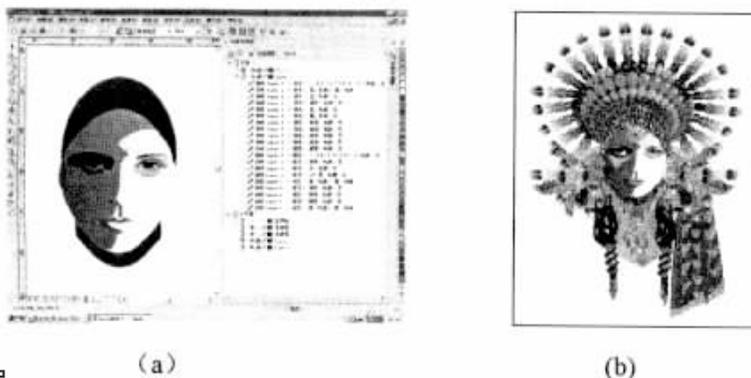
出一个例子。

在图 1 中的右下角为最终完成的作品,其他 7 幅图像则记录了该作品的制作过程。若要发生作品版权纠纷,作者通过展示该作品制作过程的 7 幅图(即该作品的标识)可以充分证明对该作品的所有权。在这里我们把制作过程中作者使用的界面也拷贝下来,其中记录着作者调整的各个参数,这使该标识的可信度更高。

(2)在 CorelDRAW 中的绘图是由一系列相互堆叠的对象组成的,这里的对象是指圆、多变形、矩形、直线、曲线或一行美术字等。每个对象都有不同的属性,如外观尺寸大小、形状、颜色等。这些信息包括对象在绘图页面中的位置、创建它们的顺序以及定义的属性值都将作为对象描述的一部分在 CorelDRAW 中被保存。CorelDRAW 用对象管理器将各个对象组合起来,我们可以通过对象管理器中的结构树发现隐含在五颜六色的图形下的许许多多特性以及各种物体之间的联系,该结构树即可作为作品的过程标识,如图 2 所示。在图 2(a)左半部分为一个人的面部形象,图 2(a)右半部分为对象管理器记录的该图像的有关信息。实际上该作品的完整图像是图 2(b),它由高达 4 177 个对象组成并全部被记录下



图 1



万方数据

图 2

来,显然这个记录可以作为作者版权的充分证明。

(3)在用商用软件 3DS MAX 制作动画时,3DS MAX 中任一种对象(不仅是几何物体)均能被解释为函数,它能接受输入参数并输出一些结果。比如球体以半径为参数,材质以“漫射颜色”为参数;弯角调节器以“角度”为参数等等。处于某一背景下的所有对象均有转移参数,例如旋转和缩放等等。在场景中,每一种动画的参数都会在 Track View(轨迹视图)中给出一个 Animation Track(动画轨迹),见图 3。动画则是由轨迹视图中功能曲线上若干关键帧来描绘的,所有与动画关键帧相关的操作我们均可在轨迹视图中处理,包括创建、删除和编辑。若用户对自己创造出来的动画片段满意便可以将带有参数控制信息的场景动画存入一个以“.max”为后缀的文件作为该段动画的过程标识。

(4)对于一些物体运动如流水、火焰、烟雾等,由于其运动遵循一定规律,所以我们可以用适当的数学模型来描述它们的运动与外观,进而编制相应的程序来表现它们的动画。这种完全用模型表示某一运动过程的动画叫过程动画。例如动画家在表现卡通烟雾的时候对烟雾的空间结构和运动方式等已有一定的知识,然后把这些知识转化成一系列二维画面上的视觉符号。由于绘画过程在时间上是顺序进行的,我们可以把它分解为若干绘画步骤,结果该物体的结构信息通过这些绘画步骤反映出来:物体的静态结构体现在一幅画面内,物体的动态结构则体现在多个画面内。根据对手工绘制的卡通烟雾进行分析<sup>[10]</sup>,我们提取它的静态结构与动态结构,然后在此基础上构造一个计算机卡通烟雾模型,其结构可以简略地表示如下:

该模型的具体实现方法可参阅文献[10],最后编制的模型程序便可直接作为作品的过程标识。应该指出,处理不同的物体往往需要建立不同的模型,如卡通流水<sup>[11]</sup>。尽管如此,用模型的程序作为相应

作品的过程标识的思想并不失其一般性。

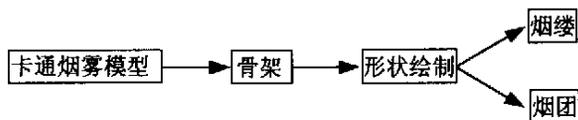


图 4

### 3.3 不同过程标识的优缺点

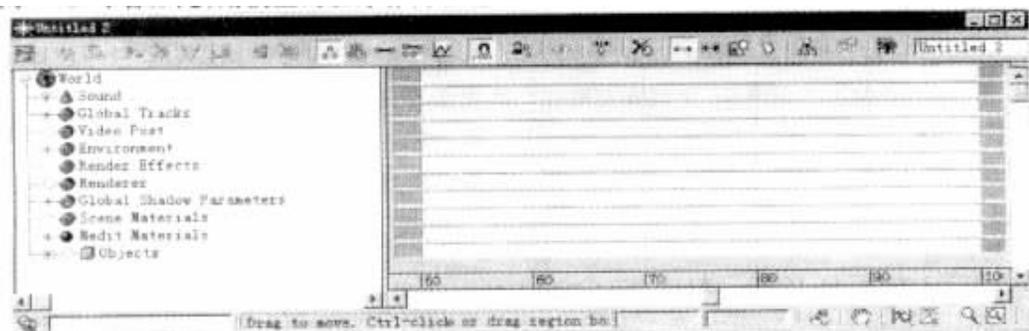
上述四种过程标识各有优缺点,且由于应用对象及场合不同互相难以替代。

(1)由于 Photoshop 采用位图工作方式,所以相应的过程标识只能由若干位图组成,其优点是直观,但缺点是标识所占空间较大,若像图 1 那样记录界面信息所需图空间还要大。一个减小标识占据空间的方法是适当缩小标识位图的尺寸,但这样做会使标识的可信度降低,实际中可以均衡这两个因素而做出是否对标识缩小以及缩小多少的决定。

(2)由于 CoreDRAW 采取矢量图工作方式,图像所占空间较小。但在对象管理器中记录图形特性以及各种物体之间的联系的结构树是用文字表示的,它不如上面的位图标识那样直观,所以单独用结构树中的文字信息很难对作品制作步骤进行准确判断,我们还需要把绘制图像作品用“Draw”格式保存并与结构树结合使用才能有效地进行判断,相应地保存格式文件也增加了空间。具体占据空间大小则与作品复杂程度有关。

(3)在 3DS MAX 等软件环境下制作的动画作品,其过程标识的特点与 CoreDRAW 的类似,故不赘述。

(4)一般情况下,用数学模型来描述某个运动过程的程序所占空间较小。但不是所有物体的运动都能用模型描述。



万方数据

图 3

## 4 讨 论

本文提出了用于版权保护的过程式数字多媒体作品标识技术。其思想简单,在不同的图像、图形以及动画软件条件下均可容易实现。与嵌入式水印技术相比过程标识有如下优点:

(1) 抗攻击性强。由于过程标识与作品是分离的,盗版者根本无法对作品标识直接进行攻击,这样在第1节中所列各种攻击技术对过程标识完全失效。盗版者也无法对过程标识进行伪造。因为在绘图过程中各个操作可以产生一些随机以及局部遮挡等效益,这些都可以在过程标识中准确记录下来。而盗版者手中只有数字作品的最终画面,用其分解出上述绘制过程非常困难。对于动画作品,盗版者充其量只能根据最终画面来估计物体的静态参数、运动参数以及镜头运动参数,即使花费很大的劳动,盗版者也无法像原作者那样逐步展现作品的绘制过程,所以过程标识几乎是不可被攻击的。

(2) 可信度高。过程标识实际上相当于产品的配方工艺流程,各个操作对应于配方,各个操作的顺序排列对应于工艺流程,所以我们可以把过程标识看成是一种“内在的”作品标识。由于嵌入式水印只能在最终完成的图像作品上嵌入,它是一种“外在的”标识。即使盗版者在数字多媒体作品中加上自己的水印(如IBM攻击),盗版者也无法展示图像、图形或动画的各个操作以及操作排列顺序,所以过程标识的可信度远比嵌入式标识来得高。

过程标识的缺点是由于作品与作品标识分离使得标识检验不便。由于过程标识所记录的信息较多,占据空间要比嵌入式水印信号大。但过程标识是为了保护图像、图形以及动画一类数字作品的版权而提出来的,考虑到这类作品的制作过程复杂,花

费劳动多,所以多付出一定的空间也是值得的。

## 参 考 文 献

- 1 向辉. 基于信息重组思想的多媒体数据压缩与多媒体数据安全技术研究. 博士学位论文, 杭州: 浙江大学CAD&CG国家重点实验室, 1999
- 2 Van Schyndel R, Trikel A, Osborne C. IEEE Proceedings on International Conference on Image Processing. Astin, Tex., IEEE Press, 1994, 86~90
- 3 Zhao J, Koch E. Embedding robust labels into images for copyright protection. Proceedings of the KnowRight '95 Conference on Intellectual Property Rights and New Technologies, Vienna, Austria, 1995, 241~25.
- 4 Hartung F, Girod B. Watermarking of MPEG-2 encoded video without decoding and re-encoding. SPIE Proceedings on Multimedia Computing and Networking, San Jose, 1977, 3020:264~273
- 5 Cox I J, Matt L Miller. A review of watermarking and the importance of perceptual modeling. SPIE Proceedings on Human Vision and Electronic Imaging, 1997, 3016:92~99
- 6 韦志辉等. 基于小波域中视觉门限模型的数字水印技术. 东南大学学报, 1998, 28(5):44~48
- 7 黄继武, SHI YunQ, 姚若河. 基于块分类的自适应图象水印算法. 中国图象图形学报, 1999, 4(8):640~634
- 8 易开祥, 石教英. 一种自适应二维数字水印算法. 全国第二届信息隐藏学术研讨会论文集, 北京, 2000, 108~112
- 9 Emil Prau et al. Robust mesh watermarking. <http://www.cs.princeton.edu/gfx/proj/meshwm>, 1999
- 10 于金辉, 徐晓刚, 彭群生. 计算机生成卡通烟雾动画. 计算机学报, 2000, 23(9):987~990
- 11 于金辉, 徐晓刚, 彭群生. 用随机正弦波拟合卡通流水. 计算机研究与发展, 2001, 38(5):519~523

(责任编辑 芮国章)