第 19 卷 第 5 期　　自 动 化 学 报　　Vol. 19, No. 5
1993 年 9 月　　ACTA AUTOMATICA SINICA　　Sep., 1993

短文

基于边界生长反混淆的快速纹理覆盖[1)]

陈维南　　张　颖
（东南大学自动化所，南京　210018）

摘　　要

将物体表面细节看成纹理，就可以通过覆盖技术描绘物体表面细节．本文提出一种基于边界生长反混淆的快速纹理覆盖技术，它不仅加快了覆盖速度，还保证了图形显示质量，有较强的适应性．文中给出了在人体模型上纹理覆盖的实验结果．

关键词：纹理覆盖，图形反混淆，边界生长．

一、前　　言

物体表面细节的描写是产生图案真实感的重要因素．如服装 CAD，传统的平面花型设计无法预测穿在不同型体上的总体效果，而立体绘图在图案复杂时难度太大．纹理覆盖将平面图案覆盖在型体表面，不仅可观察立体效果，还可对物体表面细节进行描述，甚至在模特儿型体上直接进行图案修改．近年来发展的纹理覆盖技术[1,4]一般研究覆盖物是计算机生成的一些典型物体的情形，并且存在精度、速度等方面的问题，真正用于实际尚存在一段距离．

本文提出的纹理覆盖技术是建立在由摄像机摄入的具有复杂曲面表面型体上的，同时利用图像的相似性提出了边界生长的纹理衔接反混淆技术，提高了显示精度．该方法具有快速性、适应性，在人体织物花型 CAD 系统中应用效果良好．

二、纹 理 映 射

1. 基本原理

本文将“纹理”定义为空间域上光亮度和色彩的分布．对二维欧氏空间，纹理定义为二维实函数 $t(u,v): R^2 \to R^+$；它可以由数学模型产生，也可以由一幅图象给出．

纹理映射的主要思想是将一给定纹理函数映射到物体表面．这种映射涉及到纹理（T）、景物（E）和屏幕（S）三个空间的映射，通常 $T = S = R^2$，$E = R^3$．若以

本文于 1991 年 1 月 3 日收到．
1）国家自然科学基金资助的课题．

$I(\cdot):S\to R$ 表示屏幕空间某一区域的光亮度或色彩函数，则纹理映射的目的就是求解 $I(S)$. 具体步骤如下:

1) 建立 S 到 E 的映射 $g_1:S\to E$, (1)

即找到三维物体在二维平面的表示，这是逆透视过程.

2) 建立映射 $g_2:E\to T$, (2)

即确定物体表面对应的纹理,这是曲面片参数化过程.

若设 S_e 为 S 空间中一区域,即 $S_e\subset S$, 则存在区域 $dA\subset T$ 与之对应的充要条件是 S_e 可见.

由(1),(2)式知, $dA=g_2[g_1(S_e)]$, 区域 S_e 亮度函数由下式褶积给出:

$$I(S_e)=\iint_{dA}H(u-\xi,v-\eta)t(\xi,\eta)\mathrm{d}\xi\mathrm{d}\eta. \tag{3}$$

其中 $H(u,v)$ 为点扩散函数 (PSF), 通常取 $H(u,v)=\mathrm{const}$.

2. 纹理空间 T 到屏幕空间 S 的直接变换

g_1 映射实质是物体曲面表面在二维空间的表示，有许多近似表示 g_1 的方法. 本文采用人工纹理方法，通过单摄像机即可得到物体曲面的表征曲面片簇. 考虑到在服装 CAD 中平面纹理与实际纹理的对应顺序已经确定,因此可以确定从纹理空间到屏幕空间的直接映射关系. 这种映射 $f:T\to S$ 满足

$$e_i=f(Pi),\ i=1,2,3,4. \tag{4}$$

其中 e_i 为屏幕空间区域 S_e 的四个顶点矢量; P_i 是纹理空间中对应区域 $dA=f^{-1}(S_e)$ 的四个顶点矢量. (4)式表示 f 保证区域间顶点对应. 因为无法精确知道 dA 的边界曲线方程,所以用直线段来逼近,这样会产生误差,其大小与象素域 S_e 的选取有关. 为缓和计算量和误差的矛盾,采用 dA 和 S_e 双线性细分,这同以后图形反混淆技术结合起来，就会使显示的质量显著提高.

双线性细分方法,以公式(5),(6)表示如下:

$$P(u,v)=b\cdot[a\cdot P_1+(1-a)P_4]+(1-b)\cdot[a\cdot P_2+(1-a)\cdot P_3], \tag{5}$$

$$e(u,v)=b\cdot[a\cdot e_1+(1-a)e_4]+(1-b)\cdot[a\cdot e_2+(1-a)e_3], \tag{6}$$

其中 a,b 为 u,v 二个方向上的划分比例. 显然, $0\leqslant a,\ b\leqslant 1$.

为了避免产生更大的误差,选取 f 的形式为

$$e=A\cdot P+\boldsymbol{b}, \tag{7}$$

其中 $A=\begin{pmatrix}a_{11}&a_{12}\\a_{21}&a_{22}\end{pmatrix}$, $\boldsymbol{b}=\begin{pmatrix}b_1\\b_2\end{pmatrix}$, a_{ij}、b_j 为常数. 由(4),(5)和(6)式确定的点对应关系代入(7)式后得 8 个方程,联立起来确定 A,b 中的 6 个未知系数,因而产生矛盾解. 为控制混淆，从其中选择产生混淆尽可能小且便于控制的 6 个方程来确定变换系数. 为实现方便,对由(5)、(6)式产生的点矢量进行规范整定.

3. 图形反混淆

无论是细分方法还是 Mip 法,产生图形混淆是难以避免的. 描述对象愈复杂，混淆愈严重. Crow[2]、Glassner[3] 等人提出了一些改进精度的反混淆技术，但都以牺牲快速性为代价. 本文利用图象相似性,提出一种基于边界生长的图形快速反混淆技术.

变换式(7)只能保证三点满足对应关系，另外一点通常不满足（4）式。如图 1 所示 dA' 为区域 dA 整定后的区域，顶点为 $P'_i, i=1,2,3,4$.经变换得到的实际区域 dA''（平行四边形 $P''_1P''_2P''_3P''_4$）。dA' 与 dA'' 不完全吻合，产生纹理不衔接。采用沿“裂缝”(图 1(*b*) 中的阴影所示)生长的方法来消除这种不衔接现象。比如选 $P''_4P''_3$ 上点为生长点，按分属的线段属性确定优先生长方向开始生长过程。

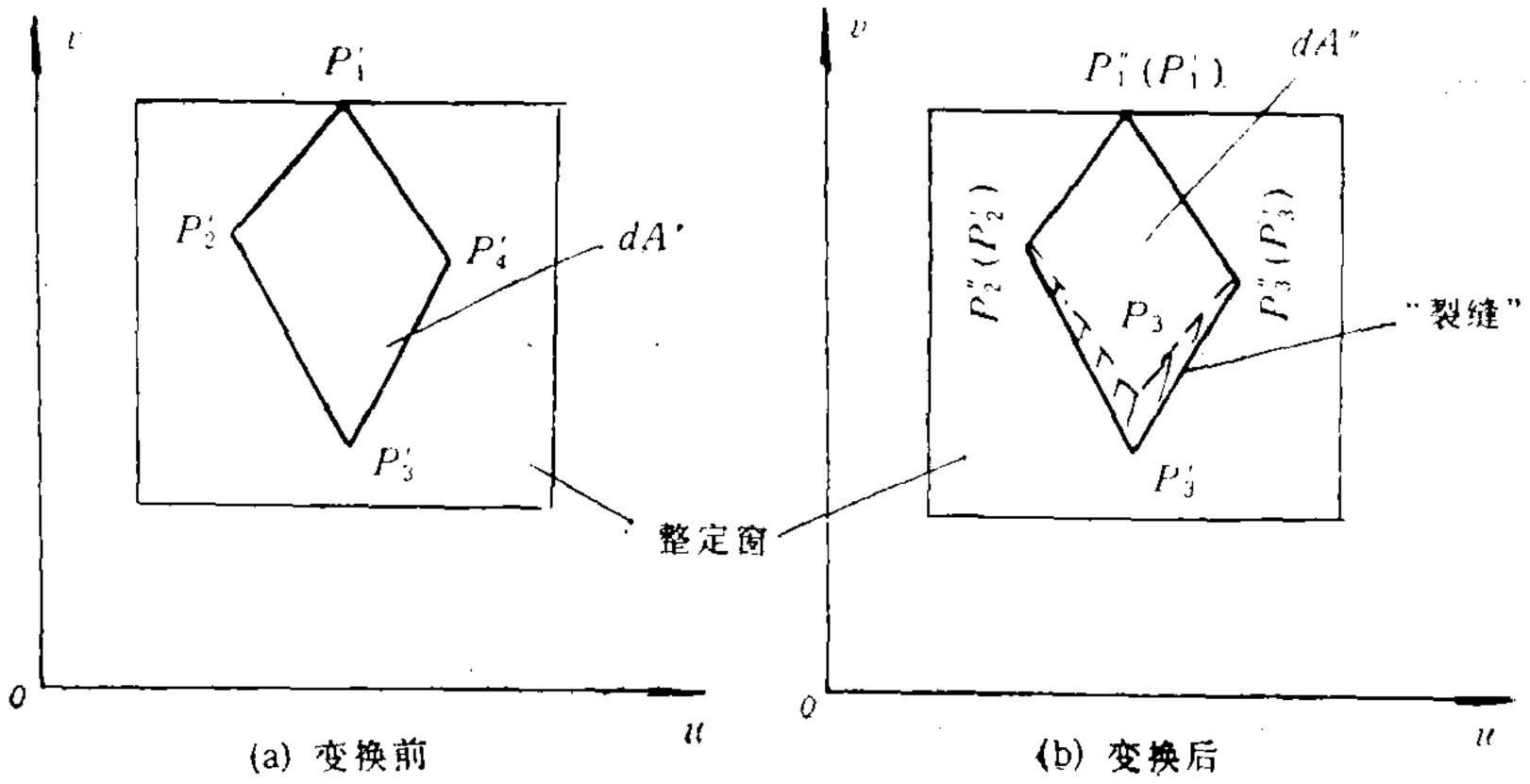

图 1　变换式(7)的示意

三、实 验 结 果

利用本文方法进行实际模特儿着装实验的结果见图 2，图 3。结果表明该方法进行纹理覆盖是成功的。它实现了不规则未知物表面上的纹理覆盖，具有快速、精度高等特点。应用在服装 CAD 的立体图形及图象合成中，显著提高了系统的快速性、逼真性、适应性。

图 2　模特形体及人工纹理

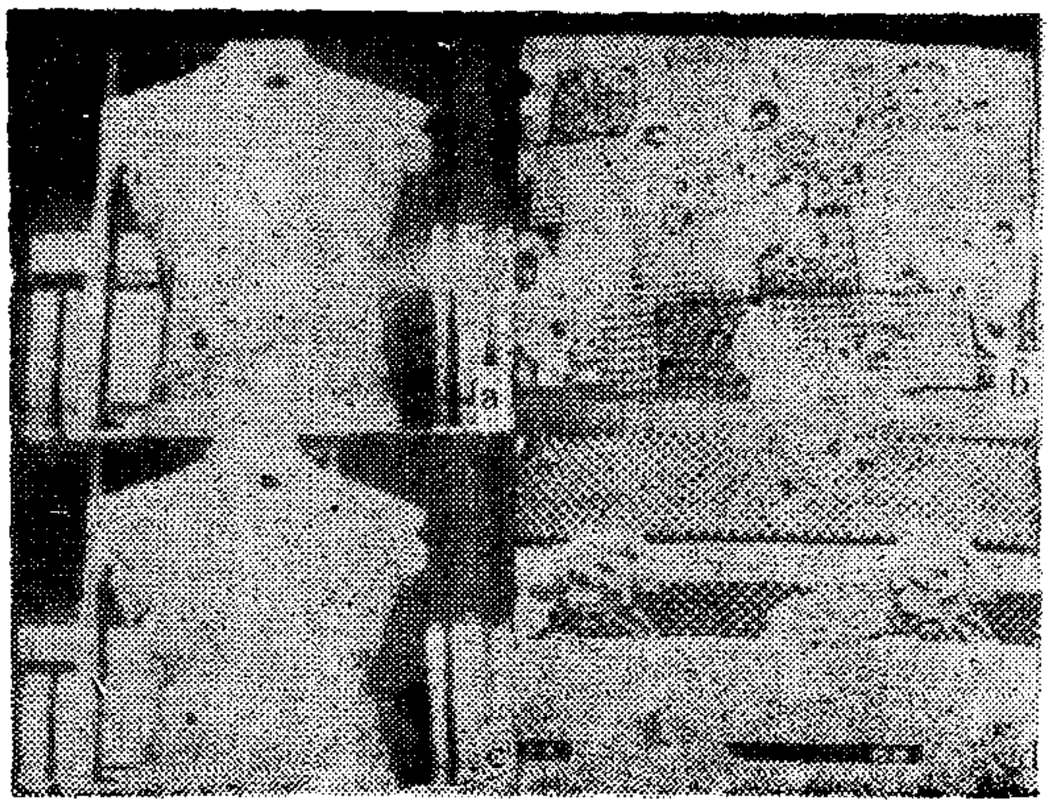

图 3　纹理覆盖

(a) 覆盖结果　(b) 平面纹理图案
(c) 覆盖结果　(d) 平面纹理图案

参 考 文 献

[1] Williams, L., Pyramidal Parametrics, *Computer Graphics*, **17**(1983), (3), 1—11.
[2] Crow, F. C., Summed-Area Tables for Texture Mapping, *Computer Graphics*, **18**(1984), (3), 207—212.
[3] Glassner, A., Adaptive Precision in Texture Mapping, *Computer Graphics*, **20**(1986), (4), 297—306.
[4] Peachey, D. R, Solid Texturing of Complex Surfaces, Computer Graphics, **19**(1985), (3), 279—286.

TEXTURE MAPPING BASED ON BOUNDARY-GROWING ANTIALIASING

CHEN WENNAN ZHANG YING

(*Automatic Research Institute of Southeast University, Nanjing* 210018)

ABSTRACT

Viewing the details on the surface of a subject as a texture, we can describe the subtlety by using "Texture Mapping" technique. This paper presents a new texture mapping method based on boundary growing aliasing. The technique presented not only speeds up the mapping procedure, but also achieves a high level of veality. It has a strong adaptability. Finally, experimen• results are given.

Key words: Texture mapping; aliasing; boundary-growing.