

# 一种实用的汉字字形合成方法

杨丰 王哲 余英林

(华南理工大学电子与通信工程系, 广州 510641)

**摘要** 提出一种实用的汉字字形合成方法。本方法用三次B-样条插值曲线表示字形笔划的轮廓线。根据B-样条插值曲线的连续性与唯一性,在待合成字形笔划曲线之间建立对应关系。给定合成比例系数,统一曲线控制点长度与参数取值范围,得到新的字形笔划曲线表达式,产生新的汉字字形。从实验结果看,该方法简洁,容易实现,不失为一种有效的汉字字形合成方法。

**关键词** 汉字字形,轮廓线,三次B-样条,插值

## 1 引言

随着电子出版业的迅速发展和计算机在广告业、图形艺术等方面的应用。人们越来越需要高质量的、品种繁多的各种不同风格的汉字字形,即一字多体。因此,汉字字形合成(也称生成)技术是计算机处理汉字信息不可缺少的技术。描述汉字字形的方法有三种:点阵法、向量法和轮廓线法。轮廓线法又分为向量近似表示和曲线表示。曲线表示方式能有效地表达汉字字形的图形连续信息,具有表达能力强,精度高,与坐标系的选择无关等特点,它已成为输出高质量汉字字形理想的表达方法<sup>[1]</sup>。现有的汉字字形合成技术,主要有:由书法规则自动生成一种新的字体;一种字体衍生出多种结构特征不同的字体;以及由多种字体的傅里叶系数合成新的汉字字形的方法<sup>[2]</sup>。本文基于字形笔划的轮廓线描述,提出一种实用的多种字体合成一种字体的方法。本文方法是用三次B-样条插值曲线表示字形笔划的轮廓线,将待合成的曲线分别置于 $Z_0$ 与 $Z_1$ 平面上,在B-样条插值曲线之间建立对应关系。设定比例合成系数 $r$ ,统一曲线控制点的长度与参数取值范围,在 $Z_0$ 与 $Z_1$ 平面之间产生新的字形。

## 2 基本原理

假定有2条封闭曲线 $F_0(t)$ 与 $F_1(t)$ , $t$ 为曲线控制参数,分别被置于 $Z=0, Z=1$ 的XY平面上,

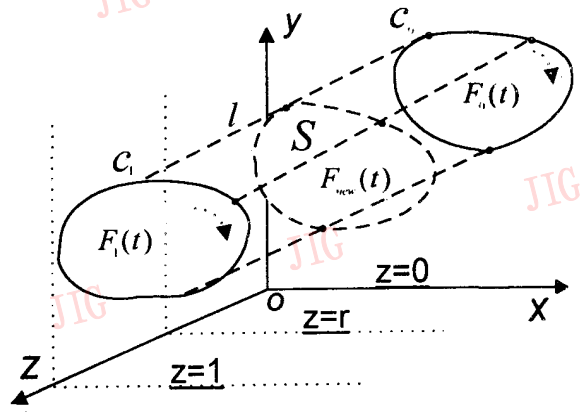


图1 原理示意图

如图1所示。设2条曲线的起始点 $c_0$ 与 $c_1$ 是相互对应的(假设2个起始点都离X轴最远), $c_0$ 与 $c_1$ 2点连接成一条直线 $l$ ,它们分别沿着曲线 $F_0(t)$ 与 $F_1(t)$ 作相同方向(顺时针或者逆时针)的运动。直线 $l$ 所扫过的曲面为 $S$ 。令 $Z_{new}=r(0 \leq r \leq 1)$ ,它垂直于 $S$ 面与 $Z=0, Z=1$ 平面平行。 $Z_{new}=r$ 平面与 $S$ 曲面相交形成一条新的 $F_{new}(t)$ 曲线。通过直线方程式,

$F_{new}(t)$  曲线上的每一点能从  $F_0(t)$ 、 $F_1(t)$  2 条曲线上的点求得, 因此,  $F_{new}(t)$  曲线是  $F_0(t)$ 、 $F_1(t)$  曲线的线性组合, 它可以看作是  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  2 条曲线合成的结果, 其表达式:

$$F_{new}(t) = (1-r) \cdot F_0(t) + r \cdot F_1(t) \quad (1)$$

$F_{new}(t)$  曲线在  $S$  曲面上沿  $Z$  轴上下移动, 其范围在  $[0, 1]$  之间, 不同比例系数  $r$ , 曲线  $F_{new}(t)$  的形状不同, 当  $r \rightarrow 0$ ,  $F_{new}(t) \rightarrow F_0(t)$ ; 反之  $r \rightarrow 1$ ,  $F_{new}(t) \rightarrow F_1(t)$ 。一旦给定  $r$ , 以及  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  曲线表达式, 则  $F_{new}(t)$  曲线确定下来。在这里,  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  曲线为三次 B-样条插值曲线, 它们是由若干个控制点(也称 B-样条特征多边形顶点)所构成。已知在  $Z=0$  平面上存在一组  $M$  个空间型值点, B-样条插值曲线  $F_0(t)$  通过这些空间型值点的表达式为:  $F_0(t) = (f_1(t), f_2(t), \dots, f_M(t))$ , 封闭曲线首尾端相连增加一段  $f_M(t)$  曲线。  $f_i(t)$  为第  $i$  段三次 B-样条插值曲线, 其表达式:

$$f_i(t) = \sum_{j=1}^4 c_{i+j-2}^0 \cdot N_{j,4}(t) \quad (2)$$

式(2)中  $N_{j,4}(t)$  是三次 B-样条基函数,  $C_0 = (c_0^0, c_1^0, c_{M+2}^0)$  就是一组与空间型值点对应的三次 B-样条插值曲线控制点, 其长度为  $M+3$ 。由于,  $C_0$  控制点在封闭曲线中应满足边界条件:  $c_0^0 = c_M^0, c_{M+1}^0 = c_1^0, c_{m+2}^0 = c_2^0$ , 因此, 实际上,  $C_0$  控制点长度可以看作是  $M$ 。同样, 在  $Z=1$  面上, 由  $N$  个空间型值点能得到一组控制点  $C_1$  构成  $F_1(t)$  曲线表达式。曲线  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  具有相同基函数, 因此,  $(t)$  曲线也存在相同基函数。当  $M=N$  时,  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  曲线控制点的长度以及它们的参数  $t$  取值范围相一致,  $F_{new}(t)$  曲线的控制点  $C_{new}$  直接由  $C_0$  与  $C_1$  控制点求得。即:

$$C_{new} = (1-r) \cdot C_0 + r \cdot C_1 \quad (3)$$

利用(1)、(2)式可得到  $F_{new}(t)$  曲线表达式。当时  $M \neq N$ , 不能直接用(3)式求  $(t)$  曲线表达式。要在  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  曲线之间建立对应关系, 应首先统一  $F_0(t)$  与  $F_1(t)$  曲线控制点的长度, 其次, 是它们参数  $t$  取值范围。不失一般性, 设  $M < N$ , 则要求曲线  $F_0(t)$  的控制点  $C_0$  长度为  $N$ , 也就是要将  $Z=0$  平面上  $M$  个空间型值点扩展成  $N$  个。由于, B-样条插值曲线具有连续性与唯一性, 因此, 在由  $M$  个控制点  $C_0$  所构成的曲线  $F_0(t)$  上重新进行取值, 其采样间隔  $\Delta t$  为:  $\Delta t = \frac{M}{N}$ 。这样, 能得到一组新的  $N$  个空间型值点; 相应地得到一组新的  $N$  个控制点  $C'_0$ 。在  $\{N_{j,4}(t) | j \in I\}$  所组成的线性空间里, 控制点  $C_0$ 、 $C'_0$  在各

自等间距下是唯一存在的。由此可推知: 在等间隔  $\Delta t$  下,  $C_0$  唯一确定  $C'_0$ ; 反之, 在等间隔  $\Delta t'$  下,  $C'_0$  唯一确定  $C_0$ 。在曲线  $F'_0(t)$  中, 它是由  $N$  段 B-样条插值曲线所组成, 参数  $t$  的取值范围为:  $[0, \Delta t]$ ,  $[\Delta t < 1]$ 。为了与  $Z=1$  平面上的  $F_1(t)$  曲线的参数取值范围相统一, 在这里, 将  $\Delta t$  放大到 1, 相应的  $F'_0(t)$  曲线为:  $\frac{F'_0(t)}{\Delta t}$ 。统一后的曲线  $F'_0(t)$  与曲线  $F_1(t)$  具有相同长度的控制点与参数  $t$  取值范围。再用(3)式得到曲线  $F'_{new}(t)$  控制点  $C'_{new}$ 。此时, 参数  $t$  的取值范围为:  $[0, 1]$ 。从图 1 可知:  $F_{new}(t)$  曲线的参数  $t$  实际取值范围为:  $[0, \Delta t']$ ,  $\Delta t' = (1-r) \cdot \Delta t + r$ 。因此, 曲线  $F_{new}(t)$  的表达式为:  $F_{new}(t) = \Delta t' \cdot F'_{new}(t)$ , 参数  $t$  取值范围为:  $[0, \Delta t']$ 。已知曲线  $F_{new}(t)$  表达式可以显示或者输出新的曲线形状。对于  $M > N$  一样成立, 只是将  $F_1(t)$  曲线扩展成由  $M$  个控制点所构成的曲线。

### 3 字形合成算法

单个汉字字形可以看作是若干个笔划所组成。一个笔划是一个封闭区域, 利用边缘提取、轮廓线跟踪等算法, 能够将笔划区域转换成用轮廓线描述。笔划的轮廓线一般是由一组空间型值点  $\{(x_i, y_i) | i \in I\}$  所表示, 进一步可以由经过这些空间型值点的 B-样条插值曲线来表达。对于一字多体的汉字, 它们笔划的数目相同, 差异仅体现在笔划的粗细、长短和笔锋的尖钝等字形特征结构上。因此, 一字多体的笔划曲线是相互对应的。在这里, 以落笔的第一点为起始点。采用上节所介绍的方法, 先选取两种字体, 依次合成新的字形笔划, 构成新的汉字字形。再用新的字形, 按照上述原理, 与其它字体又合成新的字形, 实现多种字体的合成。具体实现字形合成算法的步骤如下:

(1) 对一字多体的汉字, 做步骤(2)~(3)。

(2) 用笔划提取算法<sup>[3]</sup>, 从汉字点阵字库中, 分解出每个汉字笔划连通区域。

(3) 用边缘提取、轮廓线跟踪等算法, 得到表示每个字形笔划轮廓线的空间型值点。

(4) 选取要合成的两种字体, 给定合成比例系数  $r$ , 按照字形笔划顺序, 依次对两条合成笔划轮廓线做步骤(5)~(9)。

(5) 利用文献[4]中的快速算法, 计算表示字形轮廓线的三次 B-样条插值曲线控制点  $C_0$ 、 $C_1$ 。

(6) 比较  $C_0$  与  $C_1$  长度。若相等转做步骤 8; 否则, 做下一步。

(7) 利用第一节所介绍的原理, 扩展长度短的笔划轮廓线的空间型值点, 并统一两条合成曲线的控制点长度与参数值的取值范围。

(8) 用式(3)计算新的曲线控制点  $C_{new}$ 。用式(2)求得新的曲线表达式, 当  $C_0$  与  $C_1$  长度不等时, 重新确定新曲线的幅值与参数取值范围。

(9) 根据新的合成曲线表达式, 显示或者输出合成笔划的形状, 即合成笔划轮廓线的空间型值点。新的型值点组成轮廓线区域, 用区域填充算法, 得到合成字形的笔划连通区域。

(10) 顺次重叠相加笔划连通区域, 重新构成新的汉字字形, 至此完成汉字字形的合成。

多种字形的合成重做步骤(4)~(10)。能够实现多种字形的合成。图 2 举例说明字形合成算法的主要过程。

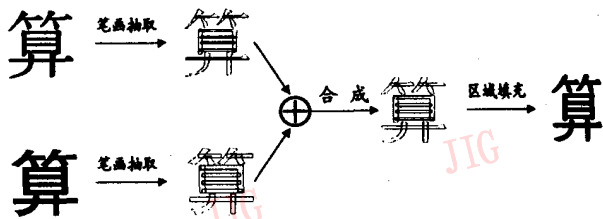


图 2 字形合成算法的主要过程

### 3 实验内容与结果

选用 4 种  $100 \times 100$  的点阵字体作字形合成仿真实验, 汉字样本为: “计算机”。根据第 2 节字形合成算法, 在 PC 机上用 C++ 语言实现。图 3 为 2 种字体合成结果, 图中的每一种合成比例系数  $r$  都一样, 分别为: 0.85, 0.65, 0.5, 0.35, 0.15 (从左到右)。



图 3 2 种字体合成结果

图 4 为多种字体的合成结果, 其中(a)~(d) 3 种字体的合成; (e) 4 种字体的合成。在 3 种字体合成过程中, 第 1 次字体合成时, 比例系数  $r$  取值为: 0.5, 所产生的新字体再与另外一种字体进行第 2 次合成。为了充分体现 3 种字体的合成效果, 新字体置于  $Z=0$  平面上(4 种字体合成时一样), 其比例系数  $r$

取值为: 2/3。3 种字体在新字体中所占的比例相同。同样, 在 4 种字体合成时, 第 3 次比例系数  $r$  取值为: 0.75。

### 4 结 论

汉字字形的设计是一项复杂而繁重的工作, 人们借助于计算机寻找能替代手工设计的各种字形生成算法, 无疑起着拓宽字体品种, 缩短设计周期, 降低设计成本以及提高字形质量等作用。本文用 B-样条插值曲线表示汉字字形笔划轮廓线, 实现多种字体的合成。实际上, 是在现有的字体基础上, 进一步开发新的字体, 本文中的算法没有繁琐的计算公式, 原理简单, 容易实现。同时, B-样条曲线与 Bezier 曲线可以相互转换, 本方法也适用于 Bezier 曲线所构

计算机 计算机 计算机

(a) 宋体、仿宋体和黑体 (b) 宋体、楷书和黑体 (c) 仿宋体、楷书和黑体

计算机 计算机

(d) 仿宋体、楷书和宋体 (e) 仿宋体、楷书、宋体和黑体

图 4 多种字体合成结果

造的字形合成。笔划的基本形状与笔划之间的间架结构是汉字字形设计中主要考虑的问题。如果只注重笔划的基本形状而忽略间架结构,字形显得松散无力;相反,没有笔划的特有风格,字形将是生硬呆板。本文所介绍的方法明显只注重笔划的基本形状,间架结构仅依赖原有的字体,因而,在新的字体中存在不合理的间架结构(如楷书与黑体的合成),这也是一些汉字字形合成算法的弊病。因此,在原有的字形合成算法基础上,将进一步研究字形间架结构的自动处理。

### 参考文献

1 董耀美,陈海明. 一个高质量汉字笔划字形到轮廓字形的转换系统. 软件学报, 1996, 7(5): 257~268.

- 2 潘志庚,马小虎,张明敏,石教英. 基于 Fourier 级数描述器的多种汉字字形自动生成. 软件学报, 1996, 7(6): 331~338.
- 3 Ma Xiao Hu, Pan Zhigeng, Zhang Fuyan. The Automatic Generation of Chinese Outline Font Based on Stroke Extraction. J. of Comput. Sci. & Technol. 1995, 10(1): 42~52.
- 4 Chung K-L, Yan W-M. A Fast Algorithm For Cubic B-Spline Curve Fitting. Computer & Graphics, 1994, 18(3): 327~334.

杨丰 华南理工大学电子与通信工程系博士生,从事汉字信息处理、小波分析在计算机图形学中的应用以及生物医学信息处理等研究。



王哲 1970 年出生。1992~1995 年于河北工业大学电气工程系分别获得学士,硕士学位。现为华南理工大学电子与通信工程系通信与电子系统专业博士研究生。主要研究方向包括进化算法。图象处理及神经网络。



余英林 1932 年生。1961 年获中国科学院电子系博士学位。现为华南理工大学电子与通信工程系教授,博士生导师。目前的主要研究方向包括图象与图形处理,信号处理,模式识别,神经网络,进化计算,模糊技术等。



## A Practical Method of Chinese Fonts Composition

Yang Feng, Wang Zhe, Yu Yinglin

(Dept. of Electronic & Communication Engineering, South China Univ. of Tech., GuangZhou 510641)

**Abstract** This paper presents a practical method of Chinese fonts composition which uses uniform cubic B-spline interpolating curves to express Chinese stroke outline. It builds correspondence relationship between composited curves based on continuity and uniqueness of B-spline interpolating curve. If composition ratio coeff. and unified control point's length of B-spline curves and range of their parametric values are given, new fonts are generated by new stroke outline expression. Simulation results show it is a simple, easy and effective method of font composition.

**Keywords** Chinese font, Outline, Cubic B-spline, Interpolation