

R-Theta 算法的一种快速实现方式

尚兆梅 陈 波 彭 勇

(西南科技大学计算机科学与技术学院,绵阳 621010)

摘要 插值操作是 B 型超声数字图像显示前的一个重要环节。目前有很多成熟的插值算法,效果较好的有双线性插值算法,R-Theta 是一种基于双线性插值算法的算法。传统的 R-Theta 插值的图像虽然比较逼真,但程序执行时间较长,不能满足 B 超仪实时性的要求。在原算法的基础上,给出了一种 R-Theta 算法的快速实现方式,从而使程序的运行时间大大缩短。

关键词 B 超数字图像 R-Theta 算法 插值表 快速实现 MATLAB 仿真

中图法分类号 TP301.6; **文献标志码** A

在凸阵式扇形扫查的 B 超中,由于超声扫查所形成的图像是扇形的,信号采样点与显示像素点的位置并不一一对应,相邻扫查线之间还有很多空缺的像素需要填充^[1]。未经插补而直接显示的图像,扫查线之间有间隙,使得图像不均匀、不连续,图像质量欠佳。插补处理就是根据空缺像素周围的回波信号采样值的近似值,并在显示此图像之前将这些近似值插入到空缺处,使图像均匀连续。这种从超声扫查到显示扫描的变换就称为数字扫描变换,简称 DSC^[2],相应的插值算法就为 DSC 算法。

插值算法一般有最近邻插值、双线性插值、双立方插值和高次插值。最近邻插值算法是最简单也是最容易实现的算法,但是图像质量欠佳;双立方差值和高次插值不易实现,且计算量大,不能满足 B 超图像实时显示的要求;双线性插值是目前 B 超 DSC 变换中常用的一种插值算法。但是双线性插值算法虽然可产生令人满意的效果,但是程序较复杂、运行时间较长^[3]。R-Theta 算法就是双线性插值的一种特殊实现方式。介绍一种快速实现 R-Theta 算法的方式,这种算法便于编程,计算效率高,运行速度快。

1 插值算法的思想

在离散数据的基础上补插连续函数,使得这条

连续曲线通过全部给定的离散数据点。插值是离散函数逼近的重要方法^[4],利用它可通过函数在有限个点处的取值状况,估算出函数在其他点处的近似值。插值就是用来填充图像变换时像素之间的空隙。在对图像进行空间变换的过程中,图像会出现失真的现象。这是由于在变换之后的图像中,存在着一些变换之前的图像中没有的像素位置。因为原图像和目标图像的坐标不同,所以就需要计算出目标图像中的像素点的坐标在原图像中的坐标,这个过程就是坐标映射。图像之间坐标映射有两种方式:从原图像的坐标映射到目标图像的前向映射,从目标图像的坐标映射到原图像的后向映射。R-Theta 插值采用的是后向映射方式。在坐标转换的过程中,目标图像中像素点的坐标可能在原图像上的坐标值是小数,显然,在数字图像中,小数坐标是没有意义的^[5]。因此,必须考虑采用某种方法来得到目标图像中像素点在原图像中对应位置上的灰度级,这就是图像灰度级插值。

R-Theta 算法插值就是利用计算出的小数点坐标周围的四个像素点来得到小数点处的近似像素值。

2 R-Theta 算法

2.1 坐标变换

因为凸阵式扇形扫查的 B 超中,超声采集的回波数据点在空间上是扇形分布的(极坐标分布),只

有探头扫描深度和扫描角度信息,显示器上的显示像素则是以点阵分布(直角坐标分布)的,FPGA 存储原始的采样数据,所以在 FPGA 存储的图像和终端显示图像之间必须进行坐标转换(见图 1)。

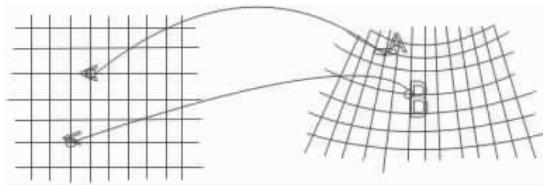


图 1 FPGA 端存储图像和终端显示的图像

假设探头的扫描线数为 N ,每根采样线上有 m 个采样点,最大扫描角度为 θ_{\max} ,显示平面上 Z 点的极坐标为 (R_1, θ_1) ,该点的直角坐标为 (x_1, y_1) ,见图 2。则采样线间的角度增量为 $\Delta\theta = \theta_{\max}/(N - 1)$ 坐标转换公式如式(1)。

$$\begin{cases} N_c = \frac{N}{2} + l, \\ N_r = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{R} m \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, N_c —采样点的列值;

N_r —采样点的行值;

l —该采样点所在的第 l 根采样线。

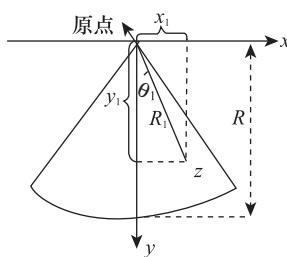


图 2 直角坐标到极坐标变换

2.2 R-Theta 算法的快速实现

设扇形图像上的 N 根扫查线是按等角增量 $\Delta\theta$ 均匀分布的,与图 2 中显示平面 Z 点最邻近的四个采样点的像素值分别为 $p_{i,j}, p_{i+1,j}, p_{i,j+1}, p_{i+1,j+1}$, Z' 和 Z'' 是位于相邻的两条超声扫描线上、且与显示平面上 Z 点在扇面的同一个弧线上的两点(见图 3)。

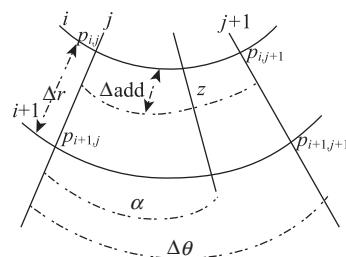


图 3 R-Theta 算法

若探头扫描角度为 θ ,扫查线上的 m 个采样点之间的差值为 1,则有:

$$\Delta r = 1 \quad (2)$$

$$\Delta\theta = \frac{\theta}{N - 1} \quad (3)$$

轴方向的两次一维线性插值后,进行一次弧度方向的线性插值,得到显示平面上 Z 点的像素值。由式(2)可知, $\Delta_{\text{add}}/\Delta_r = \Delta_{\text{add}}$,那么两次轴方向的插值运算如下:

$$Z_1 = p_{i,j} (1 - \Delta_{\text{add}}) + p_{i+1,j} \Delta_{\text{add}} \quad (4)$$

$$Z_2 = p_{i,j+1} (1 - \Delta_{\text{add}}) + p_{i+1,j+1} \Delta_{\text{add}} \quad (5)$$

式(4)、式(5)中, Z_1 和 Z_2 分别是点 Z' 和 Z'' 的像素值, Δ_{add} 为待插值点相对于采样点 $p_{i,j}$ 在轴方向上的偏差。 $p_{i,j}, p_{i+1,j}, p_{i,j+1}, p_{i+1,j+1}$ 的值分别是式(1)中计算得到的列值 N_c 和行值 N_r 为小数点时,向上和向下取整的值。

完成轴方向插值后再进行一次角度方向的插值,插补运算如下:

$$Z_{\text{value}} = Z_1 (1 - \alpha/\Delta\theta) + Z_2 (\alpha/\Delta\theta) \quad (6)$$

式(6)中, α —显示像素 Z 点相对于采样点 $p_{i,j}$ 点在角度方向上的偏差, Z_{value} 是 Z 点的像素值。

若每一帧图像都做坐标转换的运算,那么程序执行时间就会相对较长,而这个时间是不能满足 B 超机实时显示图像的要求的,因此在 R-Theta 算法的基础上,建立了坐标转换关系表。因为坐标转换的数值是固定不变的,那么预先根据公式(1)将计算好的数据以数组的形式存放到坐标转换关系表中,需要坐标转换时,只需要查表即可,这就大大提高了算法的执行速度。

2.3 算法的具体实现步骤

在给出算法实现步骤之前,先对算法描述中的一些名词进行说明。采样平面:FPGA 存储的原始图像数据和填充的 0 阶像素数据构成的二维数组平

面。数据平面:由采样平面经过坐标变换而得到的二维数组平面。显示平面:输出的二维数组平面,是数据平面的子集。采样平面到数据平面的插值表 srcTable:采样点到扇形图的坐标转换关系。完整插值表 dscTable:包括以上两个插值表。显示平面插值表 showTable:完整插值表的子集。

步骤1:假设FPGA存储的图像的高为160,宽为512,逐行逐列扫描图像,根据坐标变换公式(1)得到原始图像转换成扇形图像的行、列坐标,并将这些坐标存储到一个二维数组srcChange中。

步骤2:计算出数据平面完整插值表dscTable。

步骤3:对需要插值的区域进行标识,并记录到二维数组showTable。

步骤4:根据显示插值表showTable、R-Theta插值算法,即公式(2)一式(6)对插值区域进行插值。因为插值需要的参数都已经记录在显示插值表中showTable,所以本算法的插值速度较快。

3 实验结果及分析

为了验证快速R-Theta算法的有效性,实验中用MATLAB仿真了最近邻算法、R-Theta插值算法,并用VC实现了快速R-Theta算法。



图4 原始图像



图5 最近邻插值图像

从实验结果可以看出,快速R-Theta插值得到的图像比较逼真,和R-Theta插值得到的图像完全一样,即没有损失R-Theta插值的图像信息。而最近邻插值算法得到的图像有明显的锯齿现象。用VC实现的快速的R-Theta算法,显示一幅图片需要3 ms的时间,这满足了B超仪实时显示图像的要求。



图6 快速R-Theta插值图像

4 结束语

提出了一种快速实现R-Theta算法的方法。该方法首先得到坐标转换关系表和显示插值表,然后根据坐标转换关系表和插值表对需要插值的区域运用R-Theta算法进行插值。该方法便于编程、计算效率高、运行速度快,过渡平滑,克服了以往R-Theta算法运行时间较长的缺点,满足了B超实时显示数字图像的要求。

参 考 文 献

- 王碧春.实现基于PC机的DSC算法的研究.成都:成都电子科技大学,2002;11—14
- 刘斌,侯金睿.B超中的数字扫描变换器.中国医学装备,2005;2(11):30—31
- 陈宝平,赵俊岚.双线性插值算法的一种快速实现方式.北京电子科技学院学报,2004;12(4):21—23
- 符祥.图像插值技术综述.计算机工程与设计,2009;30(1):141—144
- 何斌,马天予,王运坚,等.Visual C++数字图像处理.北京:人民邮电出版社.2001;199—206

Fast Way of Implementation for R-Theta Algorithm

SHANG Zhao-mei, CHEN Bo, PENG Yong

(Dept. of Computer, Institute of Computer Science and Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, P. R. China)

[Abstract] Interpolation operation plays an important role before B-mode ultrasound digital images display. At present, there are various mature interpolation algorithms, among which bilinear interpolation algorithm has a good effect. And R-Theta is an algorithm based on bilinear interpolation algorithm. R-Theta interpolation images are life-like, but the program execution time is longer, and it can not meet the B-meter real-time requirements. Therefore, based on the original algorithm, a R-Theta method of rapid implementations is given, which can make the running time shortened.

[Key words] B ultrasound digital image R-Theta algorithm interpolation table fast implementation MATLAB simulation

(上接第 7789 页)

参 考 文 献

- 1 卢勤,肖绪桐.电子称重系统与工业网络的应用研究.科技促进发展,2009;(12):77
- 2 彭强.浅析 PLC 控制系统软件设计.商业科技,2010;(3):27
- 3 宋伯生. PLC 编程理论、算法及技巧.北京:机械工业出版社,2009;301—303
- 4 何玉.基于组态王的中药丸灌装生产线上位机监控系统.可编

程控制器与工厂自动化,2010;(5):67—69

- 5 王绵纬,贾石峰. PLC 和组态王在软水处理系统中的应用.电气时代,2006;(4):42—44
- 6 童启明.控制系统数字仿真与监控组态软件应用.北京:科学出版社,2006;228—237
- 7 郑文波,褚凌超. PLC 与触摸屏在自动送料系统中的应用.自动化应用,2010;(2):50—52

Renovation of Automatic Weighing System in Wrapping Machine

LIU Chao, JIN Tai-dong

(Liaoning Shihua University, Fushun 113001, P. R. China)

[Abstract] It is introduced the design of automatic wrapping system improvement of the wrapping machine. It is effectively solved weighing problem of finished product in the automatic wrapping system of electronic scale of the previous wrapping machine. Proposed this plan of automatic weighing system improvement with increasing the use of PLC and Touch Screen, in order to achieve previous function. It optimizes the automatic wrapping system improvement of the wrapping machine. It improves the automation level of producing fiber.

[Key words] wrapping machine weighing system PLC