

ISSN 1000-310X

应用声学

APPLIED ACOUSTICS



1989
1

1989

1

第八卷



合成孔径衍射 CT 傅里叶域插值重建算法的改进

卢建宇 韦 钰

(东南大学生物医学工程系)

1987年9月26日收到

本文在作者“合成孔径衍射CT傅里叶域插值重建算法研究”一文基础上,对重建算法作了以下两点改进:其一是将物体坐标平移从傅里叶域插值之后改到傅里叶域插值之前进行;其二是对傅里叶域覆盖区边界附近点的插值进行了特别的考虑,使其插值精度提高。作了上述两项改进之后,在本文采用的图象距离评价标准下,从计算机模拟结果看出,图象重建质量有较大提高。此外,本文还对 D. Nahamoo 等人提出的非插值算法的图象重建质量进行了定量评价,并将其结果与傅里叶域插值算法的进行比较。

一、引言

1984年, D. Nahamoo 等人^[1]提出了一种新型的超声衍射 CT 成像方法——合成孔径衍射 CT 成像方法(SADCT——Synthetic Aperture Diffraction Tomography)。它与通常的衍射 CT 成像方法^[2]相比有两个优点:1.不需将物体作 360° 步进旋转,而只需将物体 90° 旋转一次,就能得到较好的图象重建;2.它允许使用任意形式的人射波源,而不必使用实际上较难实现的大范围内的平面波源。此外, D. Nahamoo 等人还提出了合成孔径衍射 CT 非插值的重建算法。但是,在这种算法中含有一个随空间变化的滤波器,因此它的成像速度慢。为此,本文作者于 1986 年对合成孔径衍射 CT 傅里叶域插值算法进行了计算机模拟研究^[3],以提高图象重建速度。

本文在文献[3]的基础上,对原有的重建算法作了以下改进:1.将傅里叶域插值之后进行物体坐标平移改为傅里叶域插值之前进行;2.对傅里叶域覆盖区边界附近点的插值进行特别的考虑。作了上述两项改进后,傅里叶域插值

重建算法的成象质量有较大的提高。此外,本文还应用图象距离评价量对所有重建图象的质量进行定量的评价,使对各种图象重建方法优劣的评价更加客观。最后,本文还对 D. Nahamoo 等人提出的非插值算法重建的图象进行定量评价,并将其结果与傅里叶域插值算法的结果进行比较。结果表明,傅里叶域插值重建算法不但成象速度快,而且质量高。

二、SADCT 傅里叶域插值重建算法的基本原理

从亥姆霍兹方程出发,在弱散射假设成立的条件下,可以得到测量到的衍射投影数据的傅里叶变换和物体分布函数傅里叶变换在傅里叶域某条曲线上的关系,即所谓的衍射投影定理^[4]。根据 SADCT 的数据采集方式以及上述的衍射投影定理,可以获得傅里叶域上两个区域内的覆盖,分别记为 A 和 B,如图 1 所示(A、B 两区域分别与物体作 90° 旋转前、后所获得的覆盖相对应)。利用衍射投影公式^[2],还可以得到傅里叶域直角坐标和曲线坐标之间的关系,如图 2 所示(图 2 仅画出区域 A 内的情形,

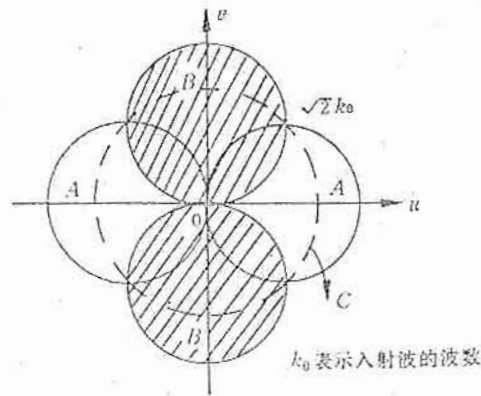


图1 傅里叶域遮盖示意图

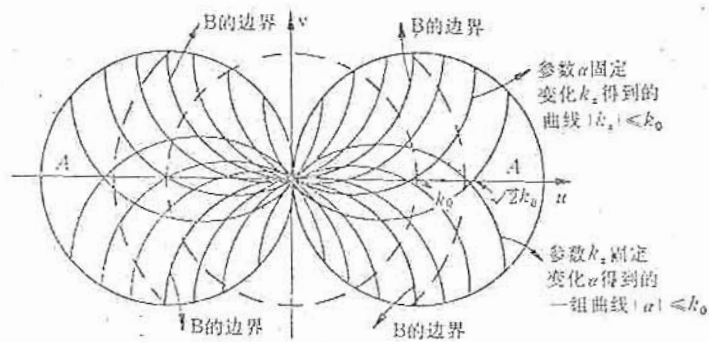


图2 曲线坐标与直角坐标间的关系

区域B则类似)。

三、SADCT傅里叶域插值重建算法的改进及其与非插值算法的比较

1. 距离评价量的定义

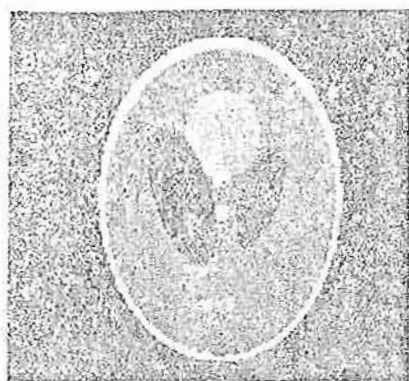
为了对重建图象的质量进行定量的评价, 本文除了用重建图象在直线 $y = -0.605$ 上(见图3(b))重建值和真实值之间的比较外, 还采用了距离评价量。距离评价量的优点是可用单一的量来反映整个图象重建的质量。主要的距离评价量有三个, 它们各反映了重建图象与原模型差别的不同侧面。它们分别是: 归一化均方根距离测量值 d_1 , 归一化绝对距离测量值 r_1 和最坏情况距离测量值 e_1 。为了使监视器屏幕上显示的图象质量与距离评价量评价的质量相吻合, 我们定义了与上述 d_1 、 r_1 和 e_1 相对应

的一组平均值修正的距离评价量(监视器屏幕上显示图象的平均亮度, 即图象的平均值是可以任意调节的)。平均值修正的距离评价量按下述方法得到: 先用标准测试模型的平均值减去重建图象的平均值, 并将其差值加到重建图象的每个像素上, 然后再求出这些平均值修正后图象的 d_1 、 r_1 和 e_1 , 并相应地记为 d_2 、 r_2 和 e_2 。此外, 本文还给出每幅重建图象的最大和最小重建值 $\max$ 和 $\min$ 。

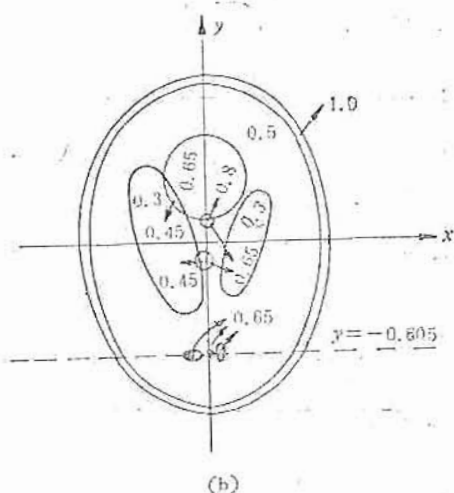
2. SADCT傅里叶域插值重建算法的改进

本文采用头部测试模型^[2]作为计算机模拟的标准模型, 如图3(a)、(b)所示。

从 SADCT 数据采集方式^[3]可知, 物体的几何中心位于坐标 $(0, d/2)$ 处。因此, 为了利用 IFFT 重建的图象的中心位于显示屏中心, 必须将物体空间坐标平移到原点(即在傅里叶域乘上一个相位因子)。由于中心不在原点的



(a)



(b)

图3 计算机模拟中使用的头部模型

(a) 照片 (b) 灰度值分布。

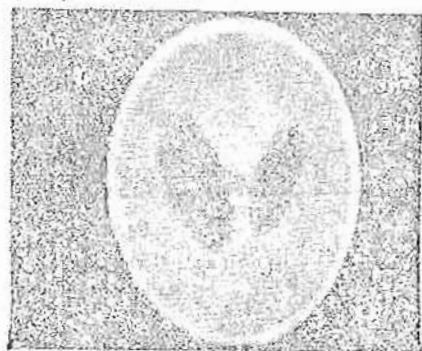
物体分布函数在其傅里叶域存在一个快速振荡的相位因子, 在进行傅里叶域插值时将产生较大的误差, 因而在插值后再进行物体坐标平移重建的图象的质量就不够理想。为此, 本文将坐标平移改在插值前进行, 从而使重建图象的质量有较大的提高。

从图2可以看出, 当 α 、 k_x 等间隔地离散时, 由曲线坐标 $\alpha-k_x$ 确定的点在直角坐标 $u-v$ 中的分布极不均匀 (见图2中各曲线的交点)。在图1所示的四个圆盘的边界附近, 这些点分布得较稀疏, 而在区域A或B的中心线附近, 点子分布较稠密。因此当区域A或B边界附近点上的值用各自区域内的点插值进行估计时, 将产生较大的误差。由于本文取图1中半径为 $\sqrt{2}k_0$ 的圆 c 内部作为插值区域, 因而一个区

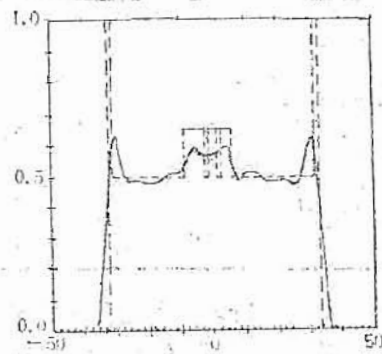
应用声学

域边界附近的点正好靠近另一个区域的中心线, 并且这些点正好落在两个区域的交叠部分。因此, 当一个要插值的点靠近一个区域的边界时, 为了提高插值精度, 可用另一个区域内的已知点进行插值。为了确定边界附近的点, 我们进行了一些实验, 最后将对应于 $|\alpha| \geq 31k_0/32$ 或 $|k_x| \geq 31k_0/32$ 的要插值点 (u, v) 定为边界附近的点。通过上述对边界附近点插值的特别考虑, 使得在交换坐标平移与傅里叶域插值次序提高成象质量的基础上, 成象质量又有较大的提高。

图4(a)是由 128×128 衍射投影数据利用傅里叶域最近邻点插值算法重建的 128×128 象素图象, 它是在文献[3]基础上作了上述两项改进后的结果。图中最高频率为 $\sqrt{2}k_0$, 频率域采样间隔为 $4k_0/128$ 。图5(a)是与图4(a)



(a)



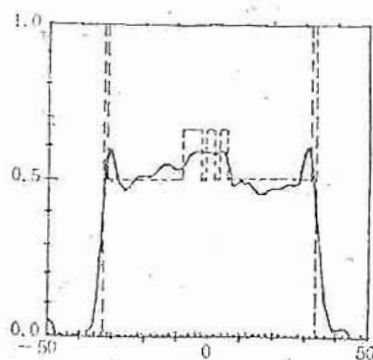
(b)

图4 (a) 改进后的 SADCT 傅里叶域最近邻点插值算法重建的 128×128 象素图象

(b) 直线 $y = -0.605$ 上重建值(实线)和真实值(虚线)之间的比较

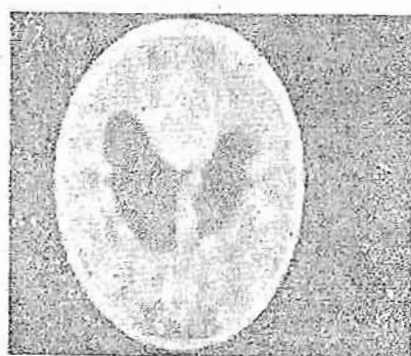


(a)

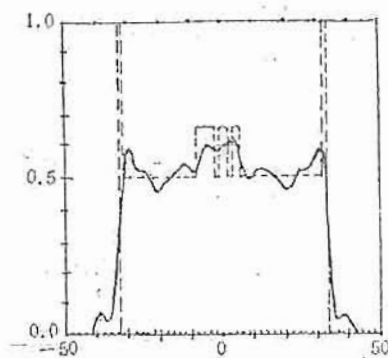


(b)

图5 (a)与图4(a)相同,只是在傅里叶域插值之后才进行物体坐标平移, (b)直线 $y = -0.605$ 上重建值(实线)与真实值(虚线)之间的比较



(a)



(b)

图6 (a)与图4(a)相同,只是未对边界附近点的插值进行特别的考虑 (b)直线 $y = -0.605$ 上重建值(实线)与真实值(虚线)之间的比较

表1 重建图象距离值之间的比较

图号	说明	d_1	r_1	d_1'	d_2	r_2	e_2	max	min
3	测试模型	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.6
4	改进后傅里叶域最近邻点插值	0.3367	0.1634	0.4617	0.3367	0.1634	0.4616	0.9202	-4.976×10^{-2}
5	最近邻点插值后坐标平移	0.3596	0.2017	0.5084	0.3596	0.2017	0.5082	0.9795	-9.540×10^{-2}
6	未对边界附近点插值特别考虑	0.3740	0.2151	0.5416	0.3740	0.2152	0.5415	0.9120	-0.1095
—	非插值算法	1.041	1.010	0.8365	0.5091	0.4224	0.6020	0.7724	-0.4149

相对应,但在傅里叶域插值之后才进行物体坐标平移重建的图象。图6(a)是与图4(a)相对应,但不对边界附近点的插值进行特别考虑重建的图象(即一个区域边界附近点的插值利用本区域内已知点进行)。图4(b)—图6(b)是与图4(a)—图6(a)相应的在直线 $y = -0.605$

(见图3(b))上的重建值(实线)和真实值(虚线)之间的比较。

由 D. Nahamoo 等人提出的非插值法重建的图象见文献[3],其距离测量值列于表1。从表1及图4可以看出, SADCT 傅里叶域插值重建算法不但重建速度快,而且成象质量高。

四、结 论

从图4—图6以及表1可看出,在傅里叶域插值前进行坐标平移比在插值后进行坐标平移重建图象的质量高得多;傅里叶域覆盖区A和B边界附近点的插值精度对图象重建的质量有很大的影响,此外,从表1中图4的距离评价量与非插值算法重建图象距离评价量的比较可以看出,SADCT的傅里叶域插值算法重建图象的质量较高。另外,从本文图象重建的结果来看,距离评价指标的优劣与对重建图象进

行直观观察或用直线 $y = -0.605$ 上重建值与真实值之间比较进行重建图象质量判别的结果相一致。然而,使用距离评价量却比较简单,且易于进行定量评价。

参 考 文 献

- [1] Nahamoo D., Pan S. X. and Kak, A. C., *IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics*, 31-4(1984), 218—229.
- [2] Pan S. X. and Kak A. C., *IEEE Trans. on Acoust. Speech Signal Processing*, 31(1983), 1262—1276.
- [3] Lu Jian-yu, The Proceedings of the China-Japan Joint Conference on Ultrasonics, 1987, 395—399.
- [4] Herman G. T., *Image Reconstruction from Projections*, Academic Press, 1980, 157—160.

基于声韵分割的汉语单音节识别方法

徐近霏 杨子云 沙宗先

(哈尔滨工业大学)

1987年7月30日收到

本文提出一种以声韵分割为基础的汉语无调单音节识别方法。这种方法由于引入声韵分割信息和声韵分段判别,显著改善了单音节的正识率。用三男一女的发音对全部403个汉语无调音节考核结果表明,第一位平均正识率为83.9%,前三位平均正识率为96.0%。

一、引 言

国内已推出的语音识别装置都是以词为单元、采用整体匹配方法进行识别。因而要求对每个词进行训练并建立模板。在用于汉语文本读入时,词汇量要扩大到几万,这种方法将引起内存空间、识别和训练时间等困难。利用音节作为识别单元是解决这些困难的有效途径。因为汉语音节类型有限,结构简单,而且有较稳定的声学特性。汉语音节由声母、韵母和声调三部分构成,根据基频与共振峰基本无关的结论^[1],可以分别进行声调识别和无调音节识别,从而把全部识别单元由1280个有调音节进一步压缩到403个无调音节。但是汉语单音节词表具有高度混淆性,有大量彼此相差仅一个辅

应用声学

音、元音或鼻尾音的相似音节对,如ban、dan、bang、ben等。采用整体识别时,这种微小差异将被整体匹配的随机误差所淹没,产生严重误识。

本文提出一种基于声韵分割、并对声母和韵母分别进行分段矢量量化和判别的汉语无调单音节识别方法。试验表明,这种方法可以显著提高单音节的识别精度。

二、识别方法

识别系统框图见图1。

1. 特征计算和头尾判定

语音经预放和带通滤波(100—4500 Hz)后,用A/D进行10KHz采样和12bit量化;用快速信号处理器TMS320,以帧长12.8ms、帧