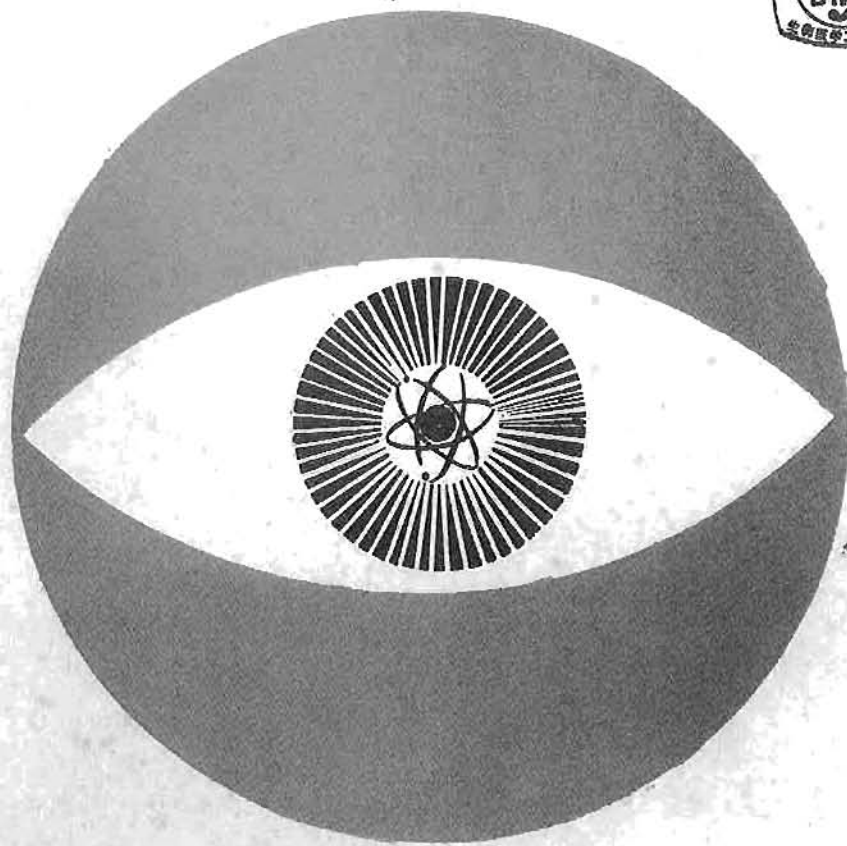


E

中国电子学会生物医学电子学会
中国生物医学工程学会生物医学测量专业委员会

1986年联合学术年会

第七届



论文摘要 汇编

1986年11月8—10日 武汉

一九八六年十一月

《合成孔径衍射CT付里叶域插值重建算法的研究》

卢建宇

南京工学院生物医学工程系

1984年D. Na hamoo等人[1]提出了不用插值的合成孔径衍射CT的重建算法。该算法的计算量很大, 约为 $N^2 + N^2 \log_2 N$ 的数量级。为了减小计算量, 我们采用了付里叶域双线性插值的方法进行合成孔径衍射CT的图象重建, 将计算量减小到 $N^2 \log_2 N$ 的数量级。

合成孔径衍射CT数据采集的原理如图1: 其中 L_t 和 L_r 分别表示发射和接收换能器移动线, 换能器在 L_t 和 L_r 上都有 N 个等间隔的移动位置。对于每个发射换能器的位置, 可对应有 N 个接收换能器的位置。因此, 由上述数据采集装置能获得 $N \times N$ 个测量数据。

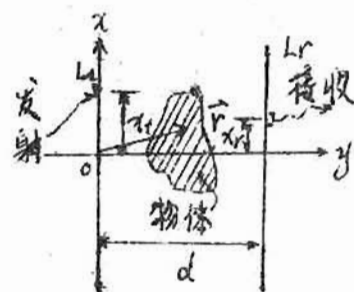


图1 数据采集原理

L_t 和 L_r 之间的声场 $\Phi(\vec{r})$ 假定满足下述非齐次亥姆霍兹方程

$$(\nabla^2 + k_0^2)\Phi(\vec{r}) = -F(\vec{r})\Phi(\vec{r}) \quad (1)$$

式中 $F(\vec{r})$ 是与物体折射率分布有关的分布函数, k_0 是物体周围均匀介质的波矢。我们的目的就是由测量到的散射场数据重建出 $F(\vec{r})$ 。

引用玻恩近似, 我们得到下述两个衍射投影定理的具体表示式:

$$\tilde{F}(\vec{\wedge} - \vec{K}) = -\frac{2j\beta e^{-j\beta d}}{A_r(\alpha)A_t(k_x)} \tilde{P}_{sa}(\alpha; k_x) \quad (2)$$

$$\tilde{F}(Q^{-1}(\vec{\wedge} - \vec{K})) = \frac{2j\beta e^{-j\beta d}}{A_r(\alpha)A_t(k_x)} \tilde{P}_{sb}(\alpha; k_x) \quad (3)$$

式中 $\tilde{F}(\vec{w})$ 是 $F(\vec{r})$ 的付里叶变换表达式, $\vec{w} = (u, v)$, $\vec{\wedge} = (\alpha, \beta)$, $\vec{K} = (k_x, k_y)$, 且 $\beta = \sqrt{k_0^2 - \alpha^2}$, $k_y = \sqrt{k_0^2 - k_x^2}$, $|\alpha| \leq k_0$, $|k_x| \leq k_0$, $\tilde{P}_{sa}(\alpha; k_x)$ 和 $\tilde{P}_{sb}(\alpha; k_x)$ 分别是物体绕 $(0, d/2)$ 逆时针旋转 90° 前后所测量到的散射场的付里叶变换; $Q = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ 是 90° 旋转矩阵。 $A_r(\alpha)$ 和 $A_t(k_x)$ 分别是与接收换能器和发射源性质有关的因子, d 是图 1 中 L_r 与 L_t 之间距离。

为了使用 IFFT 计算 $\tilde{F}(\vec{w})$ 的付里叶逆变换, 以重建分布函数图象 $F(\vec{r})$, 必须利用已知曲线坐标上离散点 (α_j, k_{xj}) 上 $\tilde{F}(\vec{w})$ 的值, 求出矩形网格上的 $\tilde{F}(\vec{w})$ 的值。为此, 我们推导出了如下的坐标变换关系式:

若 $\vec{w} = (u, v)$ 位于区域 $\{\vec{\wedge} - \vec{K} \mid (|\alpha| \leq k_0, |k_x| \leq k_0)\}$, 并在第 I 象限或第 III 象限内, 则有

$$\begin{cases} \alpha = \frac{1}{2}(u - \sigma_1) \\ k_x = -\frac{1}{2}(u + \sigma_1) \end{cases} \quad (4)$$

其中

若 \vec{w}

$\leq k$

若 \vec{w}

插值

值;

$$k_x) \quad (2)$$

$$b(a, k_x)$$

(3)

$$r); \vec{\wedge} = (a,$$

$$= \sqrt{k_0^2 - k_x^2},$$

$(a; k_x)$ 分别
的散射场的

$$.(a) \text{ 和 } A_t(k_x)$$

图 1 中 L_r 与

重建分布函数

k_{xj}) 上

我们推导出了

$$, |k_x| \leq$$

(4)

$$\text{其中 } \sigma_1 = |v| \cdot \sqrt{\frac{4k_0^2}{u^2+v^2} - 1} \quad (5)$$

若 $\vec{w} = (u, v)$ 在第 II 或第 IV 象限内, 则有

$$\begin{cases} a = \frac{1}{2}(u + \sigma_1) \\ k_x = -\frac{1}{2}(u - \sigma_1) \end{cases} \quad (6)$$

若 $\vec{w} = (u, v)$ 位于区域 $\{Q^{-1}(\vec{\wedge} - \vec{K}) \mid (|a| \leq k_0, |k_x| \leq k_0)\}$, 并在第 I 象限或第 III 象限, 则有

$$\begin{cases} a = -\frac{1}{2}(v - \sigma_2) \\ k_x = \frac{1}{2}(v + \sigma_2) \end{cases} \quad (7)$$

$$\sigma_2 = |u| \cdot \sqrt{\frac{4k_0^2}{u^2+v^2} - 1} \quad (8)$$

若 $\vec{w} = (u, v)$ 在第 II 或第 IV 象限时, 则有

$$\begin{cases} a = -\frac{1}{2}(v + \sigma_2) \\ k_x = \frac{1}{2}(v - \sigma_2) \end{cases} \quad (9)$$

由给定的 (u, v) 求出相应的 (a, k_x) 后, 利用双线性插值公式, 并经过适当的加窗处理, 就能求得矩形网格上的 $\tilde{F}(\vec{w})$ 值; 再利用 IFFT 就能重建图象 $F(\vec{r})$ 。

我们用上面介绍的付里叶域插值图象重建方法，在计算机 VAX-11/730 和 Model S575V3 图象处理系统上进行了模拟研究，获得了比较好的重建图象。

参考文献：

1. D. Nahamoo, S. X. Pan and A. C. Kak, 《Synthetic aperture diffraction tomography and its interpolation-free computer implementation》, IEEE Trans. on Sonics & Ultrasonics, Vol. SU-31, No. 4, 1984, 7, pp. 218-229.

本文介绍利用 X 光机的台略加改装的三种主要处理反差增强处理和窗口处理，信息。

轮廓处理波器构成，如偿频率、频响的效果。应该当比例叠加，即按行的方作