



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102800057 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 28

(21) 申请号 201210229661. 2

(22) 申请日 2012. 09. 18

(71) 申请人 苏州安科医疗系统有限公司

地址 215126 江苏省苏州市工业园区兴浦路
128 号 K 栋

(72) 发明人 姜忠德 唐昕 李鹏宇 陈铭明

(51) Int. Cl.

G06T 5/00 (2006. 01)

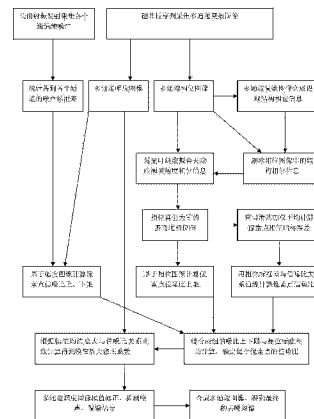
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,利用图像相位的标准差与信噪比关系曲线计算出像素点信噪比并计算得到模值放大修正系数,根据模值放大修正系数对多通道幅度图像进行模值修正。本发明的去噪方法通过对于磁共振多通道图像相位信息一致性的分析,计算像素点的信噪比,对信噪比低的像素点加上较大的幅度修正,在有效抑制噪声的同时保留信号,特别是原本已被噪声掩盖的小信号,显著提高图像质量。



1. 一种用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,利用图像相位的标准差与信噪比关系曲线计算出像素点信噪比并计算得到模值放大修正系数,根据模值放大修正系数对多通道幅度图像进行模值修正。

2. 根据权利要求1所述的用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

(1) 通过均值为零的相位标准差与信噪比的关系曲线计算出每个像素点的信噪比;

(2) 通过相位图像的幅值计算每个像素点的信噪比上限;

(3) 通过幅度图像的幅值结合各个通道的本底纯高斯噪声的标准差,计算每个像素点的信噪比的上限和下限;

(4) 根据上述步骤(1)、(2)、(3)的结果计算出每个像素点的信噪比值;

(5) 根据信号模值均值放大系数随信噪比的变化曲线得到每个像素点对应的模值放大修正系数,依此系数对所有像素点的模值进行修正;

(6) 将所有通道图像合成,得到最终的去噪图像。

3. 根据权利要求2所述的用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,所述步骤(3)具体为:关闭射频发射,采集各个通道的纯噪声,计算出各个通道的噪声标准差,根据得到各个通道的噪声标准差结合多通道幅度图像计算出每个像素点的信噪比的上限和下限。

4. 根据权利要求2所述的用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,所述步骤(1)具体为:利用多通道合成的复数图像的相位剔除所有通道图像中由于成像序列导致的相位累积,再通过傅里叶级数拟合各个通道线圈灵敏度的相位分布并从图像相位中去除,得到相位真值为零的多通道相位图,再通过窗口滑动加权平均的方法计算该图像每个像素点的相位标准差,再通过均值为零的相位标准差与信噪比的关系曲线计算出每个像素点的信噪比。

5. 根据权利要求2所述的用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,所述步骤(6)图像合成的方法为平方和开根号的方法或自适应多通道合成的方法。

一种用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法

技术领域

[0001] 本发明属于磁共振成像领域,具体涉及一种用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法。

背景技术

[0002] 信噪比是磁共振图像中最重要的参数之一,然而在磁共振成像中由于电子环境以及电子接收链路不可避免的引入一定的背景噪声,另一方面供磁共振成像的人体核磁信号是一种比较微弱的电磁信号,所以磁共振信号很容易受到噪声的干扰,提高图像信噪比一直是人们不断追求的目标。

[0003] 为了提高磁共振成像的信噪比,一方面要增加接收到的信号强度,通过优化成像序列,提高主磁场以及射频场的均匀度,应用灵敏度更高的多通道接收线圈等方法都可以改善接收到的信号强度;另一方面在电子电路的硬件设备上尽可能的减小引入的背景噪声。然而在经过上述方法的优化之后,磁共振图像的信噪比往往还存在进一步提高的空间,特别是一些低信号区域容易受到噪声的影响,一些小的信号被本底噪声掩盖,不能被有效检出,降低了图像的质量。

[0004] 在序列优化和硬件条件都达到一定水平后,磁共振成像的信噪比还可以通过图像后处理去噪的方法进一步得到提高。传统的图像去噪算法有高斯滤波,小波滤波等方法,然而这些方法在滤波的同时会损失一些图像细节,而且在信号与噪声处于同等量级的情况下,这些传统方法很难把有效信号从噪声中甄别出来。更重要的是,这些方法都是一般的图像处理算法,并没有利用磁共振图像中特殊的信息,比如:传统方法一般只处理幅度信号而没有用到磁共振图像中的相位信息;传统方法都是处理单一的一幅图像而没有用到磁共振成像的多通道图像信息。

发明内容

[0005] 本发明目的是:提供一种利用磁共振图像中的相位信息以及多通道图像信息、成像效果好的用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法。

[0006] 本发明的技术方案是:一种用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法,其特征在于,利用图像相位的标准差与信噪比关系曲线计算出像素点信噪比并计算得到模值放大修正系数,根据模值放大修正系数对多通道幅度图像进行模值修正。

[0007] 优选的,具体包括以下步骤:

[0008] (1) 通过均值为零的相位标准差与信噪比的关系曲线计算出每个像素点的信噪比;

[0009] (2) 通过相位图像的幅值计算每个像素点的信噪比上限;

[0010] (3) 通过幅度图像的幅值结合各个通道的本底纯高斯噪声的标准差,计算每个像素点的信噪比的上限和下限;

[0011] (4) 根据上述步骤(1)、(2)、(3)的结果计算出每个像素点的信噪比值;

[0012] (5) 根据信号模值均值放大系数随信噪比的变化曲线得到每个像素点对应的模值放大修正系数, 依此系数对所有像素点的模值进行修正;

[0013] (6) 将所有通道图像合成, 得到最终的去噪图像。

[0014] 进一步的, 所述步骤(3) 具体为: 关闭射频发射, 采集各个通道的纯噪声, 计算出各个通道的噪声标准差, 根据得到各个通道的噪声标准差结合多通道幅度图像计算出每个像素点的信噪比的上限和下限。其中各个通道的噪声标准差通过采集各个通道的纯噪声数据统计分析得到。采集纯噪声时只打开采集窗, 不发送射频脉冲和梯度。

[0015] 进一步的, 所述步骤(1) 具体为: 利用多通道合成的复数图像的相位剔除所有通道图像中由于成像序列导致的相位累积, 再通过傅里叶级数拟合各个通道线圈灵敏度的相位分布并从图像相位中去除, 得到相位真值为零的多通道相位图, 再通过窗口滑动加权平均的方法计算该图像每个像素点的相位标准差, 再通过均值为零的相位标准差与信噪比的关系曲线计算出每个像素点的信噪比。

[0016] 进一步的, 所述步骤(6) 图像合成的方法为平方和开根号的方法或自适应多通道合成的方法。

[0017] 本发明的优点是: 充分利用磁共振成像多通道的相位信息, 通过相位的一致性分析计算像素点的信噪比, 依次对低信噪比的像素加以较大的幅度值修正。本发明可以有效地将本底噪声抑制到最低限度, 与此同时保留了有效信号, 将原本被噪声掩盖的小信号恢复出来, 不但不会损失图像细节, 而且提取出更多有用信号, 大大提高了图像的质量。

附图说明

[0018] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0019] 图 1 为本发明的去噪方法流程图。

[0020] 图 2 是去噪前的图像。

[0021] 图 3 是用本发明方法去噪后的图像。

具体实施方式

[0022] 实施例: 本发明的用于磁共振成像基于相位一致性的图像去噪方法, 如图 1 所示, 包括以下步骤:

[0023] (1) 磁共振序列采集多通道复数图像得到多通道幅度图像;

[0024] (2) 关闭射频发射, 采集各个通道的纯噪声, 计算出各个通道的噪声标准差, 根据得到各个通道的噪声标准差结合多通道幅度图像计算出每个像素点的信噪比的上限和下限;

[0025] (3) 利用多通道合成的复数图像的相位剔除所有通道图像中由于成像序列导致的相位累积, 再通过傅里叶级数拟合各个通道线圈灵敏度的相位分布并从图像相位中去除, 得到相位真值为零的多通道磁共振图像;

[0026] (4) 用窗口滑动加权平均的方法计算该图像每个像素点的相位标准差, 再通过均值为零的相位标准差与信噪比的关系曲线计算出每个像素点的信噪比;

[0027] (5) 通过相位图像的幅值计算每个像素点的信噪比上限;

[0028] (6) 综合上述步骤(3)、(4)、(5) 的结果, 确定每个像素点的信噪比计算值;

[0029] (7) 利用信号模值均值放大系数随信噪比的变化曲线得到每个像素点对应的模值放大修正系数, 依此系数对所有像素点的模值进行修正, 抑制噪声, 保留信号;

[0030] (8) 将所有通道图像合成, 得到最终的去噪图像。

[0031] 本发明的去噪方法通过对于磁共振多通道图像相位信息一致性的分析, 计算像素点的信噪比, 对信噪比低的像素点加上较大的幅度修正, 在有效抑制噪声的同时保留信号, 特别是原本已被噪声掩盖的小信号, 显著提高图像质量。

[0032] 具体算法如下:

[0033] (1) 任意第 j 通道的复数图像: $S_j = \rho e^{i\varphi} C_j$, 其中 ρ 为真实图像, φ 为序列累积的相位, C_j 为第 j 通道的复数灵敏度分布。合成图像 $S = \rho e^{i\varphi} \sum C_j$ 。首先利用多通道合成的复数图像的相位剔除所有通道图像中由于成像序列导致的相位累积, $S_j S_j^* = \rho^2 C_j \sum C_j^*$, 再通过傅里叶级数拟合各个通道线圈灵敏度的相位分布, 即 $\text{angle}(C_j \sum C_j^*)$ 并从图像相位中去除, 得到相位真值为零的多通道磁共振图像相位: $\text{angle}(\hat{S}_j) = \text{angle}(S_j S_j^*) - \text{angle}(C_j \sum C_j^*)$ 。

[0034] (2) 用窗口滑动加权平均的方法计算该图像每个像素点的相位标准差 $\sigma(\hat{S}_j)$, 再通过均值为零的相位标准差与信噪比的关系曲线计算出每个像素点的信噪比。相位标准差与信噪比的关系曲线通过以下公式计算:

[0035]

$$\sigma_\varphi = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} (2\pi)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{n}{\sigma})^2} \arctan^2\left(\frac{\sin \theta}{\text{SNR} + \cos \theta}\right) d\theta d\left(\frac{n}{\sigma}\right)}$$

[0036] (3) 通过相位图像的幅值计算每个像素点的信噪比上限:

$$[0037] \quad \max\{SNR\}_p = \left| \frac{1}{\sin(\text{angle}(\hat{S}_j))} \right|$$

[0038] (4) 通过幅度图像的幅值结合各个通道的本底纯高斯噪声的标准差 σ , 计算每个像素点的信噪比的上限和下限:

$$[0039] \quad \max\{SNR\}_m = \frac{|S_j| + 3\sigma}{\sigma}, \text{ 以及 } \min\{SNR\}_m = \frac{\max(|S_j| - 3\sigma, 0)}{\sigma}$$

[0040] (5) 综合上述步骤(2)、(3)、(4)的结果, 确定每个像素点的信噪比计算值:

$$[0041] \quad SNR(S_j) = \begin{cases} \min\{SNR\} & SNR(\sigma_s) < \min\{SNR\} \\ SNR(\sigma_s) & \min\{SNR\} \leq SNR(\sigma_s) \leq \max\{SNR\} \\ \max\{SNR\} & SNR(\sigma_s) > \max\{SNR\} \end{cases}$$

[0042] 其中 $\min\{SNR\} = \min\{SNR\}_m$, $\max\{SNR\} = \min(\max\{SNR\}_m, \max\{SNR\}_p)$

[0043] (6) 利用信号模值均值放大系数随信噪比的变化曲线得到每个像素点对应的模值放大修正系数, 依此系数对所有像素点的模值进行修正, 抑制噪声, 保留信号。信号模值均值放大系数随信噪比的变化曲线通过以下公式计算:

$$[0044] \quad \eta = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} (2\pi)^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sigma}\right)^2} \left| \frac{n}{\sigma} \right| \sqrt{\left(1 + \frac{1}{SNR} \cos \theta\right)^2 + \left(\frac{1}{SNR}\right)^2 \sin^2 \theta} d\theta d\left(\frac{n}{\sigma}\right),$$

[0045] 修正后的信号为：

$$[0046] \quad \hat{S} = \frac{S}{\eta}.$$

[0047] (7) 将所有通道图像合成, 得到最终的去噪图像。

[0048] 其中各个通道的噪声标准差 σ 通过采集各个通道的纯噪声数据统计分析得到。采集纯噪声时只打开采集窗, 不发送射频脉冲和梯度。

[0049] 在各个通道图像都经过去噪处理之后, 再将多通道图像合成为最终的图像。合成方法可以采用平方和开根号(SOS)的方法, 也可以用自适应多通道合成(ACC)的方法。

[0050] 将上述算法采用计算机实现, 运用到磁共振成像中得到图像如图 3 所示, 相对于去噪前的图像, 如图 2 所示, 可以看出本去噪方法具有很好的去噪效果。

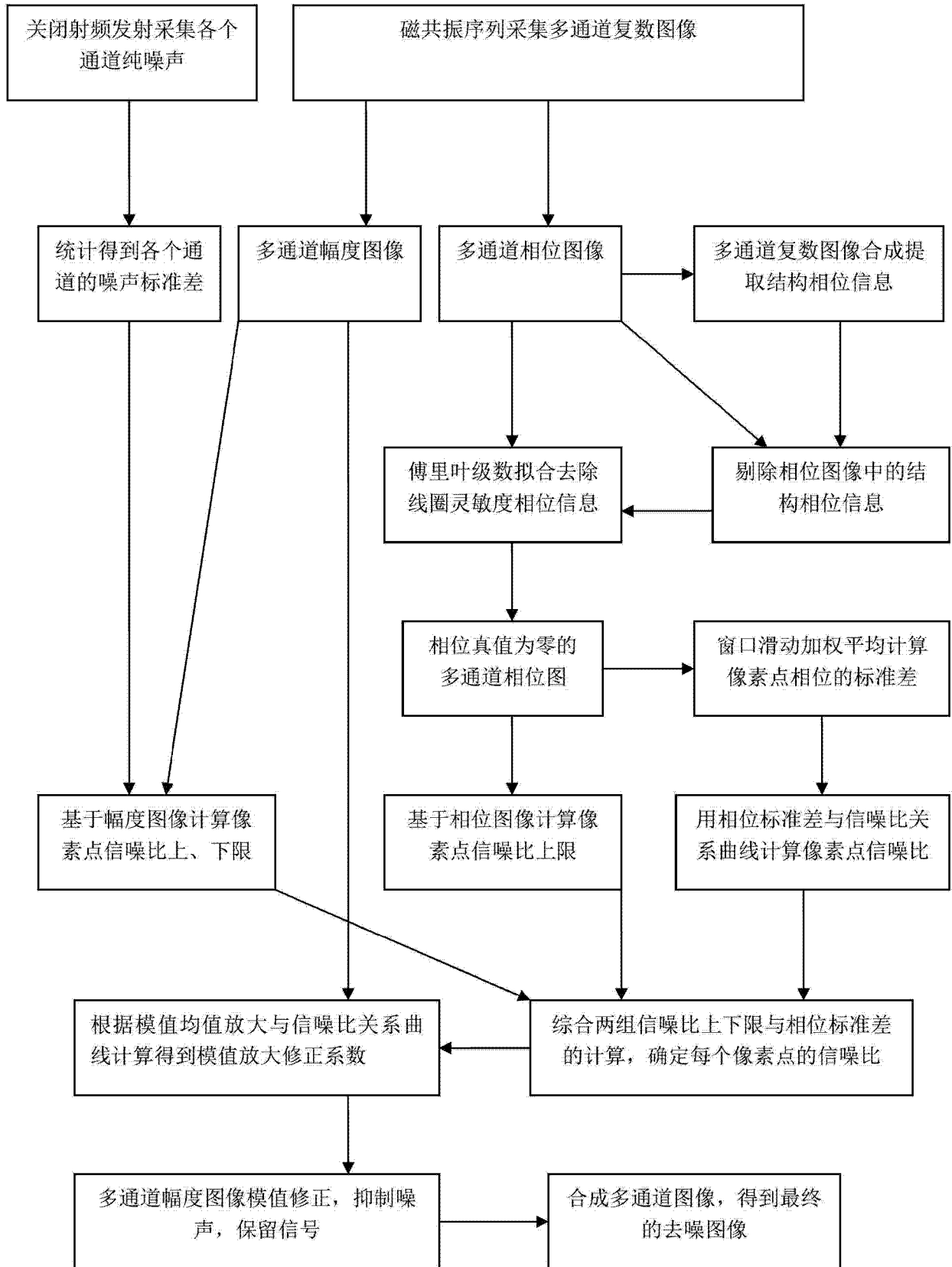


图 1

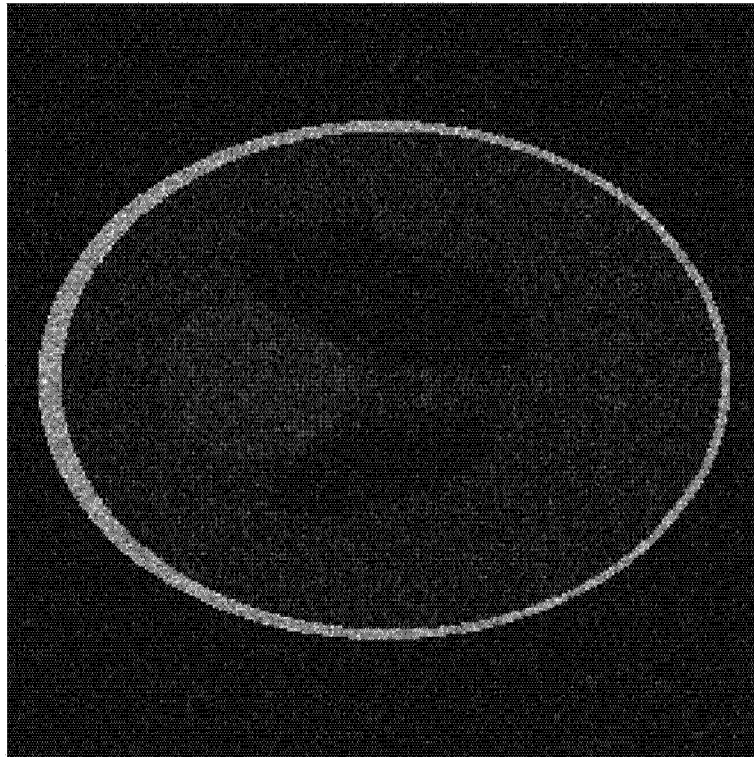


图 2

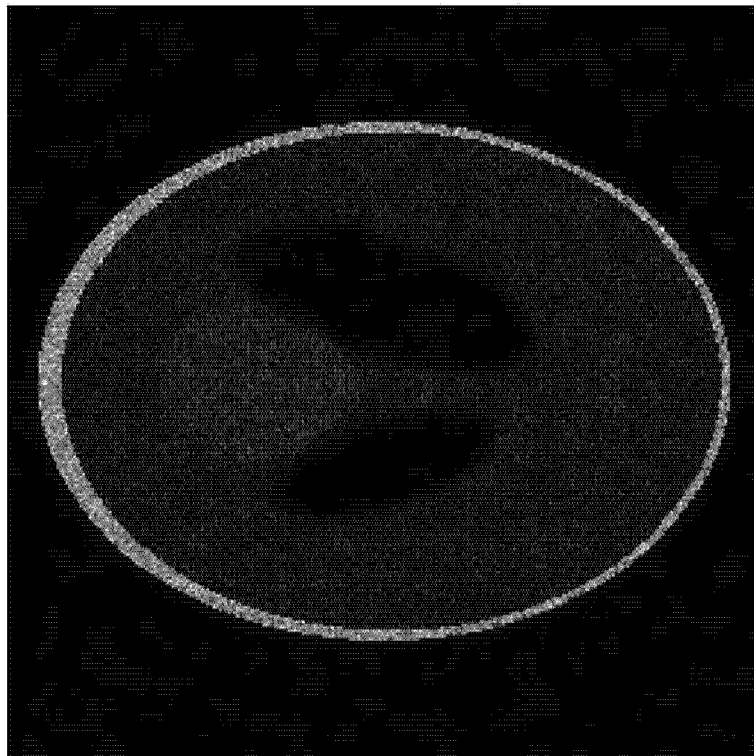


图 3