



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101879076 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 04

(21) 申请号 200910107222. 2

审查员 陈昭阳

(22) 申请日 2009. 05. 08

(73) 专利权人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南十二路迈瑞大厦

(72) 发明人 李双双 李雷

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 何平

(51) Int. Cl.

A61B 8/06 (2006. 01)

A61B 8/08 (2006. 01)

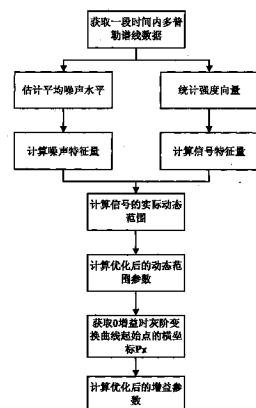
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

## (54) 发明名称

多普勒超声成像的自动优化方法及其装置

## (57) 摘要

本发明公开了一种多普勒超声成像的自动优化方法和装置,以及多普勒超声成像中动态范围参数的自动优化方法和装置,以及多普勒超声成像中增益参数的自动优化方法。所述方法主要包括:实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征量;从多普勒谱线数据中提取信号特征量,并根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;对系统动态范围参数进行调整,将其限制在与所述信号的实际动态范围相关的范围内;查找参考增益,并以此为基础对系统增益参数进行调整。按照本发明实施例的方法和装置,能够实时改善多普勒频谱的成像效果,获得在信息量、层次感、亮度、噪声含量、饱和程度等各方面综合平衡的频谱显示输出。



1. 一种多普勒超声成像的自动优化方法,其特征在于,包括以下步骤:  
实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;  
估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征量;  
从多普勒谱线数据中提取信号特征量,并根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;  
对系统动态范围参数进行调整,将其限制在与所述信号的实际动态范围相关的范围内;  
查找参考增益,并以此为基础对系统增益参数进行调整;  
其中,查找参考增益,并以此为基础对系统增益参数进行调整包括:  
在增益档位列表中寻找参考增益,使得在对系统动态范围参数进行调整之后系统显示输出的最小信号强度刚好为或者最接近于所述噪声特征量;  
在增益档位列表中获取比所述参考增益小若干个档位的增益值,作为优化后的增益参数,所述若干个档位由系统预先设定或者由用户调节重新设置。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,提取所述信号特征量包括:统计所述多普勒谱线数据中各频率点上的最大信号强度,形成强度向量,根据该强度向量计算信号特征量。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对系统动态范围参数进行调整包括:根据所述信号的实际动态范围确定一参考数值范围,当动态范围参数在该参考数值范围内时,保持该动态范围参数;当动态范围参数不在该参考数值范围内时,修改动态范围参数使其进入该参考数值范围。

## 多普勒超声成像的自动优化方法及其装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声诊断系统中的多普勒成像技术,具体涉及多普勒成像中动态范围与增益的自动优化方法及其装置。

### 背景技术

[0002] 在医用超声成像系统的频谱多普勒成像 (Spectral Doppler Imaging) 过程中,超声前端发射超声信号进入人体目标组织,检测其多普勒频移 (Doppler Frequency Shift) 信息,并实时获取其频谱或功率谱,经过特定的灰阶变换,显示在屏幕上,即为多普勒频谱,其包含着与人体组织运动或血流的速度相关信息。在灰阶变换过程中,有两个重要的图像参数:增益 (Gain) 与动态范围 (Dynamic Range, DR),其取值影响着频谱层次感、频谱亮度、频谱中有效信息含量、噪声含量、有效信息饱和程度等各方面。

[0003] 传统的系统中,通过系统预先设定或者用户实时调节来控制增益与动态范围参数。由于人体不同目标组织、不同检测人体、不同检测参数等所获得的信号与噪声均具有较大的差异,预先设定参数不能满足所有临床需求。而用户实时调节需要一定的操作时间,往往不能快速方便地调节到最优显示效果,因此对用户的操作有较高的要求。

[0004] 现有技术中,有一种自动优化增益与动态范围的方法,先在已有各种参数下获取多普勒信号,去除其中的干扰信号,再结合单独方式获取的噪声信号,对增益与动态范围进行优化,动态范围设置为高出平均噪声的有效信号的实际动态范围,增益则设置为在不丢失信号的基础上对噪声进行最小化。但其噪声信号在不发射超声能量的情况下获得,不能准确估计噪声。

[0005] 现有技术中,还有一种自动校正增益的方法,其获取一段多普勒子数据,计算出其中的噪声特征与信号特征,然后根据噪声特征与信号特征的比较结果来进行增益校正。但由于该方法并没有同时考虑到动态范围的影响,单独校正增益参数限制了频谱显示的进一步优化。

[0006] 现有技术中,还有一种自动频谱优化方法,基于某噪声模型或者预先的经验测量计算出噪声阈值,由此截除谱压缩曲线中低于该噪声阈值的部分,再结合某信号幅度统计值,对灰阶变换曲线进行优化。该方法虽然在优化过程中可能造成了动态范围的更改,但并非直接通过优化增益与动态范围参数的方式来进行。

[0007] 可见现有技术中存在一定的缺陷,需要进一步地改进。

### 发明内容

[0008] 本发明提出一种多普勒超声成像中动态范围与增益的自动优化方法,对动态范围和增益两个参数进行校正与优化,实时改善多普勒频谱的成像效果。

[0009] 为了实现这一目的,本发明所采取的技术方案如下:

[0010] 按照本发明实施例的第一方面,提供一种多普勒超声成像的自动优化方法,包括以下步骤:实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;估计多普勒谱线数据中所包含的平均

噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征量;从多普勒谱线数据中提取信号特征量,并根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;对系统动态范围参数进行调整,将其限制在与所述信号的实际动态范围相关的范围内;查找参考增益,并以此为基础对系统增益参数进行调整。

[0011] 按照本发明实施例的第二方面,提供一种多普勒超声成像中动态范围参数的自动优化方法,包括以下步骤:实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征量;从多普勒谱线数据中提取信号特征量,并根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;根据所述信号的实际动态范围确定一参考数值范围,当动态范围参数在该参考数值范围内时,保持该动态范围参数;当动态范围参数不在该参考数值范围内时,修改动态范围参数使其进入该参考数值范围。

[0012] 按照本发明实施例的第三方面,提供一种多普勒超声成像中增益参数的自动优化方法,包括以下步骤:实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征量;在增益档位列表中寻找参考增益,使得系统显示输出的最小信号强度刚好为或者最接近于所述噪声特征量;在增益档位列表中获取比所述参考增益小若干个档位的增益值,作为优化后的增益参数,所述若干个档位可以由系统预先设定或者由用户调节重新设置。

[0013] 按照本发明实施例的第四方面,提供一种多普勒超声成像的自动优化装置,包括以下模块:采集模块,用于实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;噪声估计模块,用于估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征值;信号提取模块,用于从多普勒谱线数据中提取信号特征量;计算模块,用于根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;第一优化模块,用于对系统动态范围参数进行调整,将其限制在与所述信号的实际动态范围相关的范围内;第二优化模块,用于查找参考增益,并以此为基础对系统增益参数进行调整。

[0014] 按照本发明实施例的第五方面,提供一种多普勒超声成像中动态范围参数的自动优化装置,包括以下模块:采集模块,用于实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;噪声估计模块,用于估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征值;信号提取模块,用于从多普勒谱线数据中提取信号特征量;计算模块,用于根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;动态范围参数优化模块,根据所述信号的实际动态范围确定一参考数值范围,当动态范围参数在该参考数值范围内时,保持该动态范围参数;当动态范围参数不在该参考数值范围内时,修改动态范围参数使其进入该参考数值范围。

[0015] 按照本发明实施例的第六方面,提供一种多普勒超声成像中增益参数的自动优化装置,包括以下模块:采集模块,用于实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;噪声估计模块,用于估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征值;查找模块,用于在增益档位列表中寻找参考增益,使得系统显示输出的最小信号强度刚好为或者最接近于所述噪声特征量;调整模块,用于在增益档位列表中获取比所述参考增益小若干个档位的增益值,作为优化后的增益参数,所述若干个档位可以由系统预先设定或者由用户调节重新设置。

[0016] 按照本发明实施例的方法和装置,基于优化后的动态范围参数与增益参数,可以获得在信息量、层次感、亮度、噪声含量、饱和程度等各方面综合平衡的频谱显示输出。

[0017] 下面将结合附图并通过具体的实施例对本发明进行进一步说明。

## 附图说明

[0018] 图 1 为本发明实施例所应用的多普勒超声成像系统进行增益与动态范围参数优化的框图;

[0019] 图 2 为本发明实施例的增益与动态范围参数自动优化的流程图;

[0020] 图 3 为典型的多普勒声谱图的示意图;

[0021] 图 4 为迭代多次野值剔除法估计噪声的流程图,其中,判别阶段的参考值不一定是 0.01,也可为其他较小的值;

[0022] 图 5 为灰阶变换曲线的示意图;

[0023] 图 6 为本发明实施例的多普勒超声成像的自动优化装置示意图;

[0024] 图 7 为本发明实施例的多普勒超声成像中动态范围参数的自动优化装置示意图;

[0025] 图 8 为本发明实施例的多普勒超声成像中增益参数的自动优化装置示意图。

## 具体实施方式

[0026] 图 1 为本发明实施例所应用的多普勒超声成像系统进行增益、动态范围优化的结构简图。超声回波信号经波束合成后形成射频回波信号,然后进入多普勒处理环节,估计出多普勒信号的频谱或功率谱,并进行谱包络的检测。接着进入谱压缩环节,对谱线数据进行压缩,改善信号的输出范围。在多普勒显示之前,需要进行优化判别,该优化判别步骤中可以设置为由用户调节按钮或开关控制判别,也可以设置为系统根据某特征参数进行自动判别。如果判别结果为不进行参数优化,则系统采用预先设定的或者用户选择好的增益与动态范围参数进行灰阶变换并显示输出;如果判别结果为需要进行参数优化,则进入参数优化环节,系统自动进行增益与动态范围的参数优化计算,并采用优化后的增益与动态范围参数进行灰阶变换及显示输出。

[0027] 图 2 为本发明实施例中增益与动态范围参数的自动优化方法的流程图。

[0028] 步骤 1:实时采集一段时间内的多普勒谱线数据,用于增益与动态范围参数的自动优化计算。上述一段时间,可以为一个心动周期、多个心动周期、1 秒或其他时间长度等。

[0029] 步骤 2:估计上述多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,记为  $mNoise$ 。

[0030] 一个典型的多普勒声谱图如图 3 所示,其中 X 轴所在的位置是谱图的基线位置,从基线开始向谱图的两侧,表示多普勒频移频率逐渐升高,基线上方为正频率,基线下方为负频率。在图 3 上,还描绘了声谱图上信号的最大包络曲线,其中,上包络曲线勾画了基线上方谱图的最外边界,下包络曲线勾画了基线下方谱图的最外边界。在最大包络曲线的外边,几乎没有信号存在,可以认为是噪声。

[0031] 本发明中,用于估计噪声水平的方法有多种,估计的准确度各有差异。比如可以采用迭代多次野值剔除法进行噪声估计来提高准确度。如图 4(其中,判别阶段的参考值不一定是 0.01,也可为其他较小的值)所示,首先进行声谱图的包络曲线计算,即声谱图的最大频率曲线估计,然后,把最大频率曲线外的数据认为是噪声,在频域进行平均值估计,作为

每个时间点的噪声估计,构成噪声原始估计曲线。由于信号的影响,噪声曲线中可能出现一些较大的峰值,即野值。通过迭代多次野值剔除算法不断把噪声曲线中幅度较大的异常值剔除,从而得到更准确的噪声估计。

[0032] 步骤3:统计上述所选多普勒谱线数据中各频率点上的最大信号强度,形成向量A。

[0033] 声谱图可以看成是一个二维矩阵,沿着X轴的方向,表示离散的时间点,沿着Y轴方向,表示离散的频率点。在本发明中,沿着X轴的方向,统计每个频率点上的最大值,形成一个向量A。该向量对应着该段多普勒谱线数据中在各个频率点上出现的最大信号强度。

[0034] 步骤4:计算出噪声特征量xMin,噪声特征量是上述平均噪声水平mNoise的函数,比如令xMin为mNoise与某固定参数 $\alpha$ 的乘积,该 $\alpha$ 可以由系统预先设定。xMin与mNoise的关系,也可以为其他函数关系,可以为mNoise加上或减去某系数、mNoise的指数函数、或者预先指定一组对应关系进行查表等。

[0035] 步骤5:计算出信号特征量xMax,信号特征量是上述向量A的函数,比如令xMax为向量A中的最大值。也可以在这个基础上再乘以某系数 $\beta$ 、加上或减去某系数、甚至令xMax为向量A的第二大的值等等。

[0036] 步骤6:利用噪声特征量xMin和信号特征量xMax计算信号的实际动态范围,记为DR\_ref。该DR\_ref对应着实际信号的最高信噪比,也即实际信号的最大强度变化范围。

[0037] 一段多普勒功率信号的数据范围是xMin~xMax,则可以认为xMax-xMin是信号的实际动态范围DR\_ref;也可以先将多普勒功率信号的数据范围进行对数压缩 $10*\log(x)$ ,则可以认为 $10*\log(xMax)-10*\log(xMin)$ 是信号的实际动态范围。对数压缩的计算方式不同,比如对数压缩公式为 $50*\log(x)$ ,实际动态范围的表示方式也随之不同。但无论表示方式如何变化,DR\_ref都是与信号的实际动态范围相对应的。

[0038] 步骤7:利用DR\_ref与优化前系统的原动态范围参数DR\_old,进行动态范围参数优化,优化后的动态范围参数记为DR\_new,有:

$$[0039] \quad DR\_new = \begin{cases} DR\_old, k_1 \times DR\_ref \leq DR\_old \leq k_2 \times DR\_ref \\ k_1 \times DR\_ref, DR\_old < k_1 \times DR\_ref \\ k_2 \times DR\_ref, DR\_old > k_2 \times DR\_ref \end{cases}$$

[0040] 其中,DR\_old由系统预先确定,也可由用户重新设置。参数k1与k2由系统预先设定,从而将DR\_new限制在与实际信号最高信噪比DR\_ref有关的一个范围内。实际应用中,这两个参数会根据不同的信号特征来进行设定。比如信噪比高的、信噪比低的,可以采用不同的组合。不同的探头,也可以采用不同的组合。通常情况下k1与k2的取值相差不大,以尽可能多地将所有范围的信号进行显示输出。实际上,显示输出较大的信号范围与较好的频谱灰阶层次感(或对比度)这两种需求总是存在一定的矛盾,比如采用DR\_new=DR\_ref时,即采用k1=k2=1时,可以保证不同强度的信号总是全部得以显示输出,但如果信号信噪比太高,即DR\_ref太大,就会造成频谱层次感不明显。比如采用DR\_new<DR\_ref,就可以增强不同强度信号之间的灰阶层次感,增加频谱对比度,但是需要以丢失小部分信号作为代价。比如采用DR\_new>DR\_ref,就可以减小频谱饱和程度,但频谱层次感减弱。因此,参数k1与k2的选择主要为了保证优化后的频谱在这两种需求之间取得一种较合适的平衡。

[0041] 步骤8:获取增益为0时灰阶变换曲线的起始点P,如图5中实线所示。图中,变换后的灰阶范围不一定是0~255,也可以为其他值,实际系统中也可以有多种显示的color map,将信号映射为不同的颜色或者伪彩色。灰阶变换曲线也不一定是直线,可以为多段斜率不同的直线相连而成,也可以是曲线。该点P的纵坐标 $P_y$ 为0,即对应着0灰阶,其横坐标 $P_x$ 则对应着显示输出的最小信号强度。本发明中, $P_x$ 与优化后的动态范围参数 $DR_{new}$ 呈特定的函数关系。也可以由系统设定 $P_x$ 为某个固定的值,使其不随 $DR_{new}$ 的变化而变化。

[0042] 步骤9:利用 $P_x$ 与系统预先设定的增益档位列表,进行增益参数优化,优化后的增益参数记为 $Gain_{new}$ 。

[0043] 如图5中虚线所示,在灰阶变换环节中,随着增益的不断增大,灰阶变换曲线整体不断左移,曲线起始点P不断左移,系统显示输出的最小信号强度不断减小。在所有增益档位列表中,可以寻找到某参考增益 $Gain_{ref}$ ,使得系统显示输出的最小信号强度刚好为上述噪声特征量 $xMin$ ,或者使得该增益参数相对其他增益档位所对应的灰阶变换曲线起点P的横坐标与噪声特征量 $xMin$ 最接近。

[0044] 然后,在上述增益档位列表中,获取比参考增益 $Gain_{ref}$ 小且相差N个档位的增益值,作为优化后的增益参数 $Gain_{new}$ 。其中,N值由系统预先设定,也可由用户调节重新设置。其大小受到相邻增益档位增益增量的影响,也受到用户对频谱显示中噪声含量期望的影响。本发明中,增益档位可以是均匀的,也可以是不均匀的,相邻档位之间增益的增量越小,增益优化的效果越好。N取值越大,则噪声去除效果越好,但频谱可能越暗,小信号丢失率越大。实际使用中N的选择会尽量使得在噪声含量与频谱亮度、小信号增强之间达到较合适的平衡。最终,优化后的增益参数可以保证最终显示的多普勒频谱中尽量不包含噪声,或者包含用户所需的噪声含量,同时使得信号在显示中尽可能的得到增强。

[0045] 此外,本发明中,若 $P_x$ 与优化后的动态范围参数 $DR_{new}$ 有关,则优化后的增益参数 $Gain_{new}$ 与 $DR_{new}$ 有关;若 $P_x$ 为某个与 $DR_{new}$ 无关的值,则优化后的增益参数 $Gain_{new}$ 不受 $DR_{new}$ 的影响。

[0046] 如图6所示,本发明还提供了一种多普勒超声成像的自动优化装置,其包括:采集模块,用于实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;噪声估计模块,用于估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征值;信号提取模块,用于从多普勒谱线数据中提取信号特征量;计算模块,用于根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;第一优化模块,用于对系统动态范围参数进行调整,将其限制在与所述信号的实际动态范围相关的范围内;第二优化模块,用于查找参考增益,并以此为基础对系统增益参数进行调整。

[0047] 如图7所示,本发明还提供了一种多普勒超声成像中动态范围参数的自动优化装置,其包括:采集模块,用于实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;噪声估计模块,用于估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征值;信号提取模块,用于从多普勒谱线数据中提取信号特征量;计算模块,用于根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围;动态范围参数优化模块,根据所述信号的实际动态范围确定一参考数值范围,当动态范围参数在该参考数值范围内时,保持该动态范围参数;当动态范围参数不在该参考数值范围内时,修改动态范围参数使其进入该参考数值

范围。

[0048] 如图 8 所示,本发明还提供了一种多普勒超声成像中增益参数的自动优化装置,其包括:采集模块,用于实时采集一段时间内的多普勒谱线数据;噪声估计模块,用于估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平,根据该平均噪声水平计算噪声特征值;查找模块,用于在增益档位列表中寻找参考增益,使得系统显示输出的最小信号强度刚好为或者最接近于所述噪声特征量;调整模块,用于在增益档位列表中获取比所述参考增益小若干个档位的增益值,作为优化后的增益参数,所述若干个档位可以由系统预先设定或者由用户调节重新设置。

[0049] 以上通过具体的实施例对本发明进行了说明,但本发明并不限于这些具体的实施例。本领域技术人员应该明白,还可以对本发明做各种修改、等同替换、变化等等,例如将上述实施例中的一个步骤或模块分为两个或更多个步骤或模块来实现,或者相反,将上述实施例中的两个或更多个步骤或模块的功能放在一个步骤或模块中来实现,而且其中有些步骤或模块的次序是没有限制的。但是,这些变换只要未背离本发明的精神,都应在本发明的保护范围之内。另外,本申请说明书和权利要求书所使用的一些术语都是相对的,并不是限制,仅仅是为了便于描述。

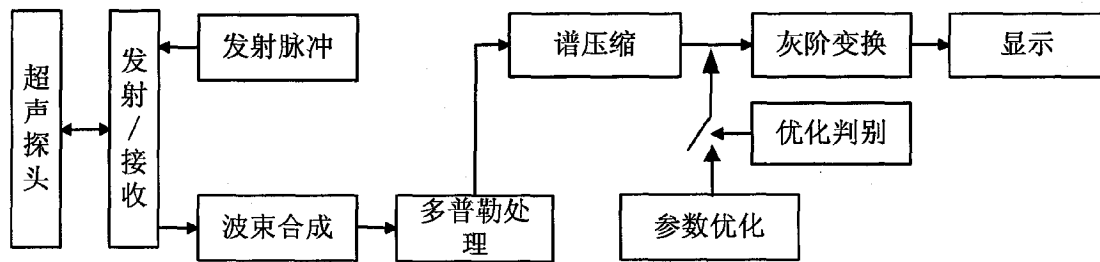


图 1

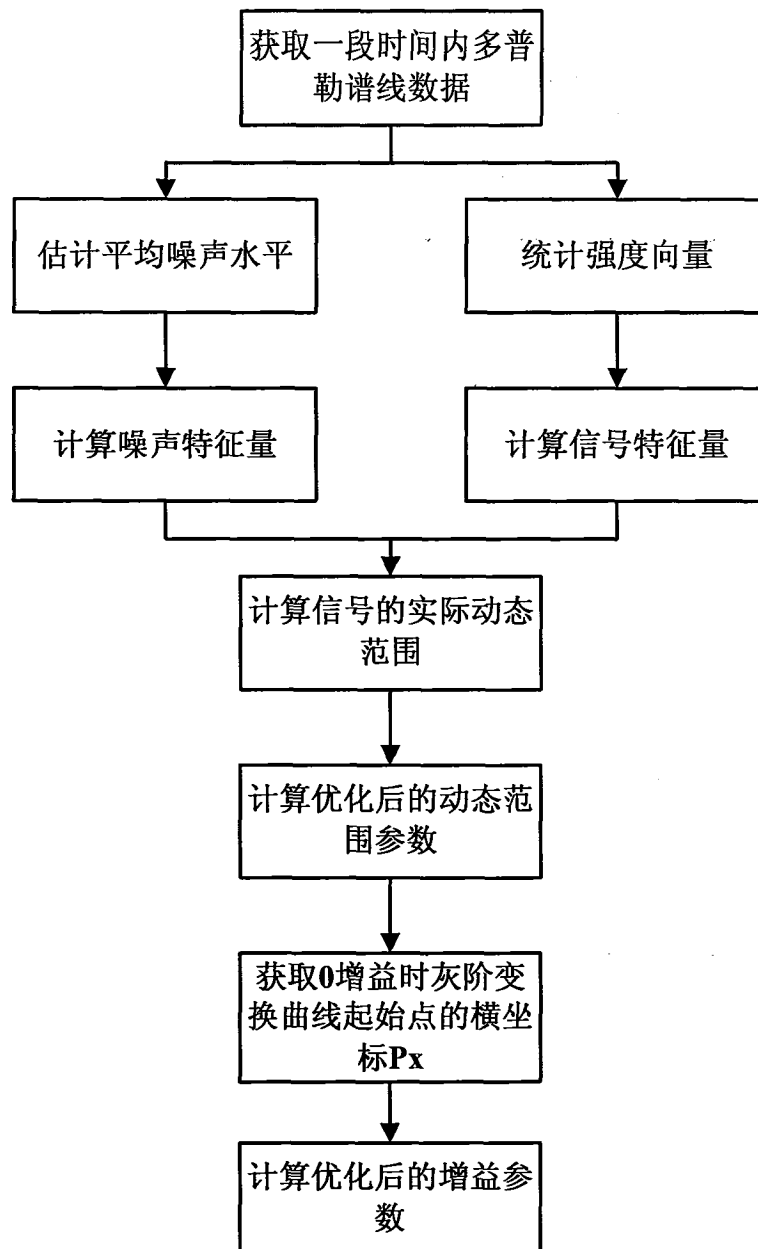


图 2

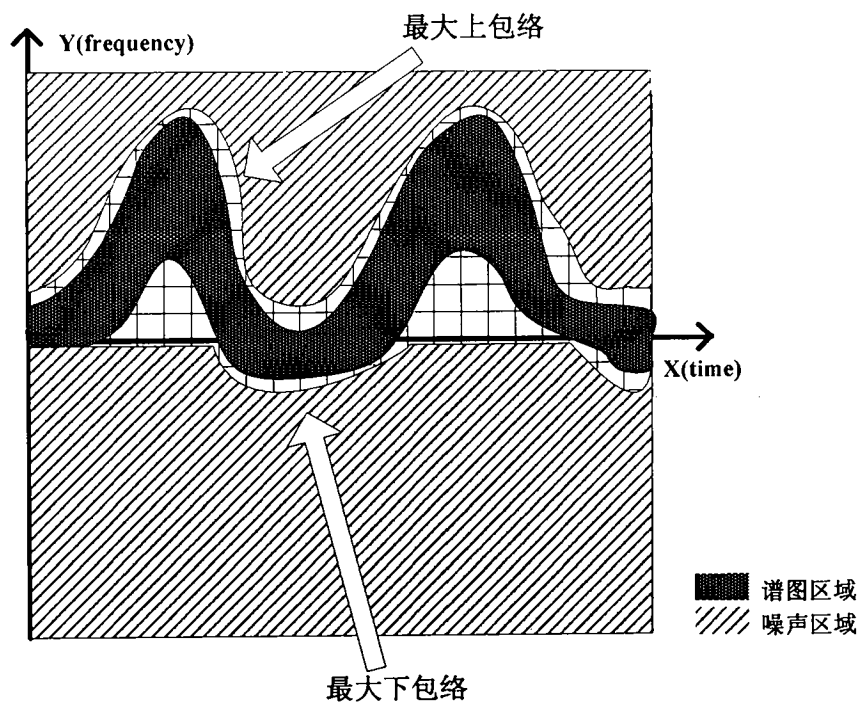


图 3

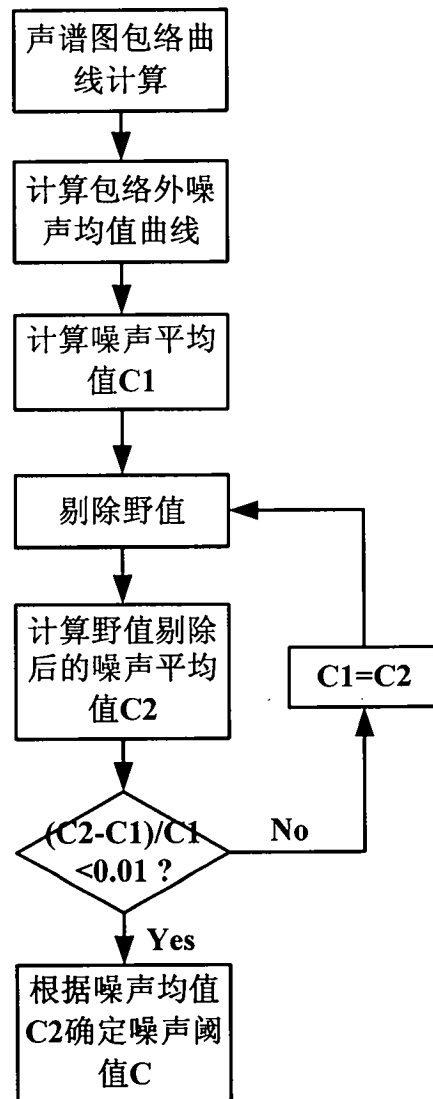


图 4

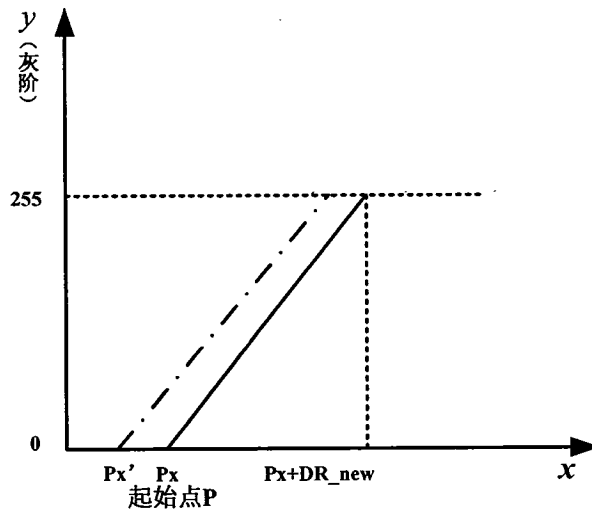


图 5

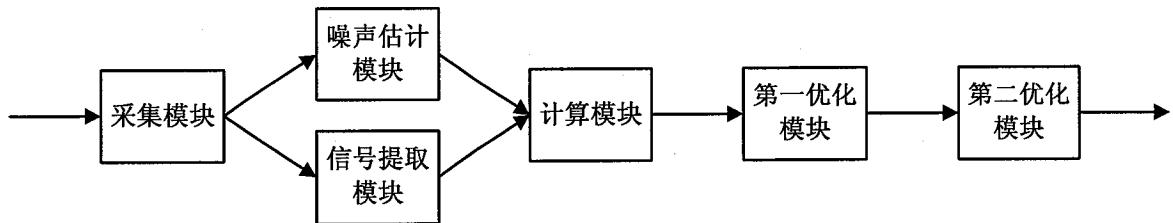


图 6

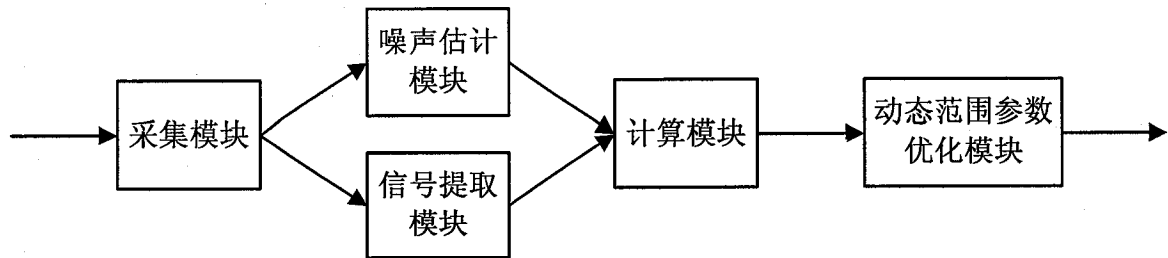


图 7

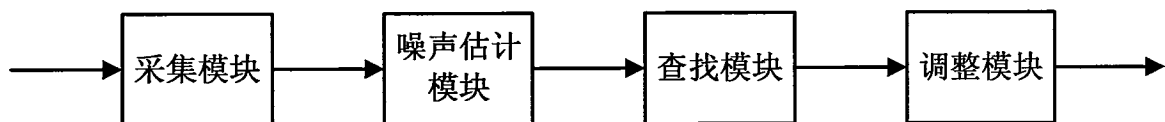


图 8

|                |                                                |         |            |
|----------------|------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 多普勒超声成像的自动优化方法及其装置                             |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN101879076B</a>                   | 公开(公告)日 | 2013-09-04 |
| 申请号            | CN200910107222.2                               | 申请日     | 2009-05-08 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司                               |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司                               |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司                               |         |            |
| [标]发明人         | 李双双<br>李雷                                      |         |            |
| 发明人            | 李双双<br>李雷                                      |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/06 A61B8/08                              |         |            |
| 代理人(译)         | 何平                                             |         |            |
| 审查员(译)         | 陈昭阳                                            |         |            |
| 其他公开文献         | CN101879076A                                   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a> |         |            |

#### 摘要(译)

本发明公开了一种多普勒超声成像的自动优化方法和装置，以及多普勒超声成像中动态范围参数的自动优化方法和装置，以及多普勒超声成像中增益参数的自动优化方法。所述方法主要包括：实时采集一段时间内的多普勒谱线数据；估计多普勒谱线数据中所包含的平均噪声水平，根据该平均噪声水平计算噪声特征量；从多普勒谱线数据中提取信号特征量，并根据所述噪声特征量和信号特征量计算信号的实际动态范围；对系统动态范围参数进行调整，将其限制在与所述信号的实际动态范围相关的范围内；查找参考增益，并以此为基础对系统增益参数进行调整。按照本发明实施例的方法和装置，能够实时改善多普勒频谱的成像效果，获得在信息量、层次感、亮度、噪声含量、饱和程度等各方面综合平衡的频谱显示输出。

