



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105919625 A

(43)申请公布日 2016.09.07

(21)申请号 201610357221.3

(22)申请日 2016.05.26

(71)申请人 飞依诺科技(苏州)有限公司

地址 215123 江苏省苏州市工业园区新发
路27号A栋5F

(72)发明人 郭建军 陈惠人

(74)专利代理机构 苏州威世册知识产权代理事
务所(普通合伙) 32235

代理人 苏婷婷

(51) Int. Cl.

A61B 8/06(2006.01)

G06K 9/00(2006.01)

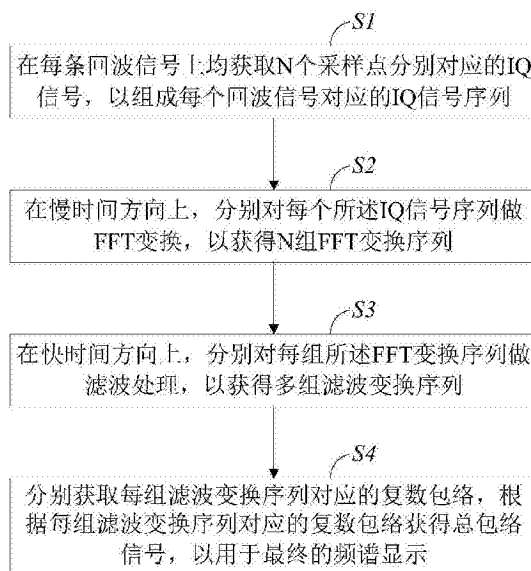
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统

(57)摘要

本发明提供一种脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统,所述方法包括:S1、在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号,以组成每个回波信号对应的IQ信号序列;S2、在慢时间方向上,分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换,以获得N组FFT变换序列;S3、在快时间方向上,分别对每组所述FFT变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列;S4、分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络,根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号,以用于最终的频谱显示。本发明的脉冲多普勒壁滤波方法及处理系统,可以准确滤除低速杂波运动信息,提高了超声成像设备的方便性和使用效率,提升了超声图像的质量。



1. 一种脉冲多普勒壁滤波处理方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

S1、在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号,以组成每个回波信号对应的IQ信号序列;

S2、在慢时间方向上,分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换,以获得N组FFT变换序列;

S3、在快时间方向上,分别对每组所述FFT变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列;

S4、分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络,根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号,以用于最终的频谱显示。

2. 根据权利要求1所述的脉冲多普勒壁滤波处理方法,其特征在于,所述步骤S2具体包括:

预设M个存储空间,每个存储空间存储一组IQ信号序列,采用先进先出的方式依次存储获得M组IQ信号序列;

分别获取M组IQ信号序列在相同列方向上的数据,组成N组慢时间变换序列,并对其做FFT变换,以获得N组FFT变换序列。

3. 根据权利要求2所述的脉冲多普勒壁滤波处理方法,其特征在于,所述步骤S3具体包括:

P1、分别获取N组FFT变换序列在相同列方向上的数据,组成M组滤波前变换序列;

P2、根据预设的速度阈值、初始发射信号的重复扫查频率、初始发射信号的中心频率、对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽,获取所述预设速度阈值对应的频移截止频率;

P3、根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率获得在快时间方向上对M组滤波前变换序列做滤波处理的快时间滤波器;

使用所述快时间滤波器分别对M组滤波前变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列。

4. 根据权利要求3所述的脉冲多普勒壁滤波处理方法,其特征在于,所述步骤P3具体包括:

根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率以及对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽之间的数值关系,设计所述快时间滤波器的系数,

将M组滤波前变换序列分别经过所述快时间滤波器进行滤波,以获得M组滤波变换序列。

5. 根据权利要求3所述的脉冲多普勒壁滤波处理方法,其特征在于,所述步骤P3具体包括:

分别对每组M组滤波前变换序列做FFT变换得到M组滤波前FFT变换序列;

分别保留M组滤波前FFT变换序列中负的对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽和所述预设速度阈值对应的频移截止频率之间的频率分量,并将其他分量置为0;

对M组保留的滤波前FFT变换序列做反FFT变换,以获得多组滤波变换序列。

6. 一种脉冲多普勒壁滤波处理系统,其特征在于,所述系统包括:

门采样模块,用于在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号,以组成每个

回波信号对应的IQ信号序列；

慢时间处理模块,用于在慢时间方向上,分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换,以获得N组FFT变换序列；

快时间处理模块,用于在快时间方向上,分别对每组所述FFT变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列；

输出模块,用于分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络,根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号,以用于最终的频谱显示。

7.根据权利要求6所述的脉冲多普勒壁滤波处理系统,其特征在于,所述慢时间处理模块还用于：

预设M个存储空间,每个存储空间存储一组IQ信号序列,采用先进先出的方式依次存储获得M组IQ信号序列；

分别获取M组IQ信号序列在相同列方向上的数据,组成N组慢时间变换序列,并对其做FFT变换,以获得N组FFT变换序列。

8.根据权利要求7所述的脉冲多普勒壁滤波处理系统,其特征在于,所述快时间处理模块还用于：

分别获取N组FFT变换序列在相同列方向上的数据,组成M组滤波前变换序列；

根据预设的速度阈值、初始发射信号的重复扫查频率、初始发射信号的中心频率、对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽,获取所述预设速度阈值对应的频移截止频率；

根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率获得在快时间方向上对M组滤波前变换序列做滤波处理的快时间滤波器；

使用所述快时间滤波器分别对M组滤波前变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列。

9.根据权利要求8所述的脉冲多普勒壁滤波处理系统,其特征在于,所述快时间处理模块具体用于：

根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率以及对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽之间的数值关系,设计所述快时间滤波器的系数,

将M组滤波前变换序列分别经过所述快时间滤波器进行滤波,以获得M组滤波变换序列。

10.根据权利要求8所述的脉冲多普勒壁滤波处理系统,其特征在于,所述快时间处理模块具体用于：

分别对每组M组滤波前变换序列做FFT变换得到M组滤波前FFT变换序列；

分别保留M组滤波前FFT变换序列中负的对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽和所述预设速度阈值对应的频移截止频率之间的频率分量,并将其他分量置为0；

对M组保留的滤波前FFT变换序列做反FFT变换,以获得多组滤波变换序列。

脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统

技术领域

[0001] 本发明属于医疗超声技术领域,主要涉及一种脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统。

背景技术

[0002] 超声成像因其无创性、实时性、操作方便、价格便宜等诸多优势,使其成为临床上应用最为广泛的辅助诊断的手段之一。其中,脉冲多普勒成像能方便快捷地测出血流的具体流速,在临床诊断中成为某些病症的判断标准。

[0003] 脉冲多普勒是根据多普勒效应,从超声回波信号中检测出多普勒频移,从而计算出血流速度。超声回波信号主要由三部分构成:人体组织反射引起的高强度杂波分量,血流散射子产生的血流多普勒分量,还有系统的热噪声。其中杂波分量的强度比血流信号要强很多,所以在频谱分析过程中,需要用壁滤波器对杂波分量进行有效的抑制,所以壁滤波的设计就显得非常重要。

[0004] 目前壁滤波方法是在慢时间方向,对正交解调后的IQ数据进行高通滤波,从而去除掉低频多普勒分量。常用的壁滤波器有:低阶FIR型滤波器、IIR型滤波器和多项式回归滤波器。在这些滤波器中,投影初始化IIR滤波器和多项式回归滤波器的性能具有阻带衰减大、过渡带窄和不损失数据等优点,其中投影初始化IIR滤波器的阻带截止频率更为灵活多变。

[0005] 根据多普勒效应,散射子运动的速度导致的在慢时间方向的频移带宽取决于速度大小和信号带宽。当脉冲多普勒采用门较大,此时发射信号较长,带宽较窄,如果组织和血管壁静止或以较慢的速度运动时,在慢时间方向上,传统的滤波器能获得较好的滤波效果;但当组织运动较快,或者采样门较小发射信号带宽较宽时,杂波分量的频移带宽就容易和血流的频移带宽重合,这就导致传统的滤波器很难有效去除杂波信号。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统。

[0007] 为了实现上述发明目的之一,本发明一实施方式的脉冲多普勒壁滤波处理方法,所述方法包括以下步骤:S1、在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号,以组成每个回波信号对应的IQ信号序列;

S2、在慢时间方向上,分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换,以获得N组FFT变换序列;

S3、在快时间方向上,分别对每组所述FFT变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列;

S4、分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络,根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号,以用于最终的频谱显示。

[0008] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述步骤S2具体包括:

预设M个存储空间,每个存储空间存储一组IQ信号序列,采用先进先出的方式依次存储

获得M组IQ信号序列；

分别获取M组IQ信号序列在相同列方向上的数据，组成N组慢时间变换序列，并对其做FFT变换，以获得N组FFT变换序列。

[0009] 作为本发明一实施方式的进一步改进，所述步骤S3具体包括：

P1、分别获取N组FFT变换序列在相同列方向上的数据，组成M组滤波前变换序列；

P2、根据预设的速度阈值、初始发射信号的重复扫描频率、初始发射信号的中心频率、对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽，获取所述预设速度阈值对应的频移截止频率；

P3、根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率获得在快时间方向上对M组滤波前变换序列做滤波处理的快时间滤波器；

使用所述快时间滤波器分别对M组滤波前变换序列做滤波处理，以获得多组滤波变换序列。

[0010] 作为本发明一实施方式的进一步改进，所述步骤P3具体包括：

根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率以及对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽之间的数值关系，设计所述快时间滤波器的系数，将M组滤波前变换序列分别经过所述快时间滤波器进行滤波，以获得M组滤波变换序列。

[0011] 作为本发明一实施方式的进一步改进，所述步骤P3具体包括：

分别对每组M组滤波前变换序列做FFT变换得到M组滤波前FFT变换序列；

分别保留M组滤波前FFT变换序列中负的对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽和所述预设速度阈值对应的频移截止频率之间的频率分量，并将其他分量置为0；

对M组保留的滤波前FFT变换序列做反FFT变换，以获得多组滤波变换序列。

[0012] 为了实现上述发明目的之一，本发明一实施方式提供一种脉冲多普勒壁滤波处理系统，所述系统包括：门采样模块，用于在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号，以组成每个回波信号对应的IQ信号序列；

慢时间处理模块，用于在慢时间方向上，分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换，以获得N组FFT变换序列；

快时间处理模块，用于在快时间方向上，分别对每组所述FFT变换序列做滤波处理，以获得多组滤波变换序列；

输出模块，用于分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络，根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号，以用于最终的频谱显示。

[0013] 作为本发明一实施方式的进一步改进，所述慢时间处理模块还用于：

预设M个存储空间，每个存储空间存储一组IQ信号序列，采用先进先出的方式依次存储获得M组IQ信号序列；

分别获取M组IQ信号序列在相同列方向上的数据，组成N组慢时间变换序列，并对其做FFT变换，以获得N组FFT变换序列。

[0014] 作为本发明一实施方式的进一步改进，所述快时间处理模块还用于：

分别获取N组FFT变换序列在相同列方向上的数据，组成M组滤波前变换序列；

根据预设的速度阈值、初始发射信号的重复扫查频率、初始发射信号的中心频率、对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽,获取所述预设速度阈值对应的频移截止频率;

根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率获得在快时间方向上对M组滤波前变换序列做滤波处理的快时间滤波器;

使用所述快时间滤波器分别对M组滤波前变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列。

[0015] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述快时间处理模块具体用于:

根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率以及对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽之间的数值关系,设计所述快时间滤波器的系数,

将M组滤波前变换序列分别经过所述快时间滤波器进行滤波,以获得M组滤波变换序列。。

[0016] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述快时间处理模块具体用于:

分别对每组M组滤波前变换序列做FFT变换得到M组滤波前FFT变换序列;

分别保留M组滤波前FFT变换序列中负的对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽和所述预设速度阈值对应的频移截止频率之间的频率分量,并将其他分量置为0;

对M组保留的滤波前FFT变换序列做反FFT变换,以获得多组滤波变换序列。

[0017] 与现有技术相比,本发明的脉冲多普勒壁滤波方法及处理系统,通过对IQ信号在慢时间方向做快速傅里叶变换获得其频移分布,以获得对于每个频移和截止速度对应的信号频率分量,根据该频率分量计算在基带IQ信号上的截止频率,从而通过在快时间方向进行该截止频率的滤波处理,准确滤除低速杂波运动信息,本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法不仅有效去除了低于速度阈值散射子的运动信息,同时有效保持了高于速度阈值的散射子信息,提高了超声成像设备的方便性和使用效率,提升了超声图像的质量。

附图说明

[0018] 图1是传统的成像系统的整体模块示意图;

图2是传统的脉冲多普勒壁滤波处理系统的模块示意图

图3是本发明一实施方式中脉冲多普勒壁滤波处理方法的流程示意图;

图4是本发明一实施方式中脉冲多普勒壁滤波处理系统的模块示意图;

图5A、图5B是本发明一具体示例中分别采用传统的脉冲多普勒壁滤波处理方法与本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法获得的二维FFT分布图的对比示意图;

图5C、图5D是本发明一具体示例中分别采用传统的脉冲多普勒壁滤波处理方法与本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法获得的速度谱图的对比示意图。

具体实施方式

[0019] 以下将结合附图所示的各实施方式对本发明进行详细描述。但这些实施方式并不限制本发明,本领域的普通技术人员根据这些实施方式所做出的结构、方法、或功能上的变换均包含在本发明的保护范围内。

[0020] 需要说明的是,本发明主要应用于超声设备,相应的,所述待测物可为待测组织,在此不做详细赘述。

[0021] 结合图1所示,多普勒成像系统的模块示意图;脉冲多普勒壁滤波过程中;

通过探头向组织中发射脉冲信号,所述脉冲信号经组织中反射形成超声信号经由探头换能器的不同基元转变为电模拟信号,通过前放模块放大,再由A/D数模转换模块转换为数字信号;各个不同基元的数字信号经过波束合成模块,合成为射频信号;射频信号经过固定频率的正交解调后,将正交解调结果I/Q信号送入相应的处理模块。

[0022] 上述脉冲多普勒壁滤波过程中;发射脉冲信号的扫查重复频率PRF、发射中心频率 f_0 为系统预设数值,对数字信号进行波束合成过程中,需要通过低通滤波器做正交解调,所述低通滤波器的解调带宽 B_{iq} 也为系统预设阈值。

[0023] 结合图2所示,传统的脉冲多普勒(PW)模式成像需经过如下过程:

在门门采样模块中,将在采样门里的信号采样点截出,再将截出的所有采样点求平均,送入后面的壁滤波模块,壁滤波一般为高通滤波器,主要用来在慢时间方向上滤除信号中低速运动的组织信号,传统方法有低阶FIR型滤波器、IIR型滤波器和多项式回归滤波器。在这些滤波器中,投影初始化IIR滤波器和多项式回归滤波器的性能具有阻带衰减大、过渡带窄和不损失数据等优点,其中投影初始化IIR滤波器的阻带截止频率更为灵活多变。壁滤波后的信号,就送入后面的FFT能量计算模块和双声道分离模块。

[0024] FFT能量计算模块,对壁滤波后的信号做快速傅里叶变换(FFT),获得每个频移分量的能量大小,再通过动态范围压缩模块进行对数压缩,最后进行频谱显示。

[0025] 双声道分离模块主要将信号的正负频谱进行左右声道分离,再经过速率转化为系统声卡所需的采样率,最后进行音频播放。

[0026] 结合图3所示,图3为本发明一实施方式中脉冲多普勒壁滤波处理方法的流程图,所述方法包括:

S1、在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号,以组成每个回波信号对应的IQ信号序列;

本发明一具体示例中,为了方便描述,将每条回波信号上N个采样点分别对应的IQ信号分别以 $IQ(x,y)$ 表示,所述 (x,y) 表示采样点的坐标。

[0027] 通常情况下,根据采样门大小在相应的回波信号上进行采样,所述采样门大小以SV表示。

[0028] 相应的,对于第i个回波信号,i为正整数,其对应的IQ信号序列可表示为:

$$\{IQ(1,i),IQ(2,i),IQ(3,i),\dots,IQ(N,i)\}$$

其中, $N = 2*SV/c*fs$, fs 为采样频率。

[0029] 进一步的,本发明一实施方式中,所述方法还包括:

S2、在慢时间方向上,分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换,以获得N组FFT变换序列。

[0030] 本发明一具体示例中,预设M个存储空间,每个存储空间用于存储一组IQ信号序列,采用先进先出的方式依次存储获得M组IQ信号序列;当M个存储空间全部存储数据后,下一个IQ信号序列需等待最前端存储空间中的IQ信号序列输出或清除后,再进行存储。

[0031] 本发明具体实施方式中,在慢时间方向上,选取M组IQ信号序列做FFT变换,

M组IQ信号序列依次为:

$\{ IQ(1,i), IQ(2,i), IQ(3,i), \dots, IQ(N,i) \}$
 $\{ IQ(1,i+1), IQ(2,i+1), IQ(3,i+1), \dots, IQ(N,i+1) \}$
 $\{ IQ(1,i+2), IQ(2,i+2), IQ(3,i+2), \dots, IQ(N,i+2) \}$

 $\{ IQ(1,i+M-1), IQ(2,i+M-1), IQ(3,i+M-1), \dots, IQ(N,i+M-1) \}$

分别获取M组IQ信号序列在相同列方向上的数据,组成N组慢时间变换序列,并对其做FFT变换,以获得N组FFT变换序列;

相应的,组成的N组慢时间序列依次为:

$\{ IQ(1,i), IQ(1,i+1), IQ(1,i+2), \dots, IQ(1,i+M-1) \}$
 $\{ IQ(2,i), IQ(2,i+1), IQ(2,i+2), \dots, IQ(2,i+M-1) \}$
 $\{ IQ(3,i), IQ(3,i+1), IQ(3,i+2), \dots, IQ(3,i+M-1) \}$

 $\{ IQ(N,i), IQ(N,i+1), IQ(N,i+2), \dots, IQ(N,i+M-1) \}$

对上述N组慢时间变化序列做FFT变换后,获得N组FFT变化序列依次为:

$\{ IQ_fft(1,i), IQ_fft(1,i+1), IQ_fft(1,i+2), \dots, IQ_fft(1,i+M-1) \}$
 $\{ IQ_fft(2,i), IQ_fft(2,i+1), IQ_fft(2,i+2), \dots, IQ_fft(2,i+M-1) \}$
 $\{ IQ_fft(3,i), IQ_fft(3,i+1), IQ_fft(3,i+2), \dots, IQ_fft(3,i+M-1) \}$

 $\{ IQ_fft(N,i), IQ_fft(N,i+1), IQ_fft(N,i+2), \dots, IQ_fft(N,i+M-1) \}$

进一步的,本发明一实施方式中,所述方法还包括:

S3、在快时间方向上,分别对对每组所述FFT变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列。

[0032] 所述步骤S3具体包括:

P1、分别获取N组FFT变换序列在相同列方向上的数据,组成M组滤波前变换序列;

本发明具体实施方式中,获得的M组滤波前变换序列依次为:

$\{ IQ_fft(1,i), IQ_fft(2,i), IQ_fft(3,i), \dots, IQ_fft(N,i) \}$
 $\{ IQ_fft(1,i+1), IQ_fft(2,i+1), IQ_fft(3,i+1), \dots, IQ_fft(N,i+1) \}$
 $\{ IQ_fft(1,i+2), IQ_fft(2,i+2), IQ_fft(3,i+2), \dots, IQ_fft(N,i+2) \}$

 $\{ IQ_fft(1,i+M-1), IQ_fft(2,i+M-1), IQ_fft(3,i+M-1), \dots, IQ_fft(N,i+M-1) \}$

进一步的,所述步骤S3还包括:

P2、根据预设的速度阈值、初始发射信号的重复扫查频率、初始发射信号的中心频率、对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽,获取所述预设速度阈值对应的频移截止频率。

[0033] 本发明一具体示例中,所述预设速度阈值对应的频移截止频率 $f_{rej}(i)$ 表示,

$$f_{rej}(i) = \max((i-1)/M*PRF*c/(2*abs(V_{rej})) - f_0, -B_{iq}/2)$$

其中,PRF表示初始发射信号的重复扫查频率, V_{rej} 表示预设速度阈值, f_0 表示初始发射信号的中心频率, $B_{iq}/2$ 表示对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽, $abs()$ 表示取绝对值, $\max()$ 表示取两者较大值。

[0034] 进一步的,所述步骤S3还包括:

P3、根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率获得在快时间方向上对M组滤波前变换序列做滤波处理的快时间滤波器;

本发明其中一种实施方式中,在快时间方向上,对M组滤波前变换序列做时域滤波处理。

[0035] 根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率以及对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽之间的数值关系,设计所述快时间滤波器的系数。

[0036] 若 $f_{rej}(i)$ 不等于 $-B_{iq}/2$,

则快时间滤波器的上截止频率 B_{hp} 和下截止频率 B_{lp} 分别为:

$$B_{p_lp} = -B_{iq}/2;$$

$$B_{p_hp} = f_{rej}(i);$$

若 $f_{rej}(i)$ 等于 $-B_{iq}/2$,

则所述快时间滤波器的系数为0。

[0037] 进一步的,将M组滤波前变换序列分别经过所述快时间滤波器进行滤波,以获得M组滤波变换序列。

[0038] 所述M组滤波变换序列依次为:

{IQ_fft_filterd(1,i),IQ_fft_filterd(2,i),IQ_fft_filterd(3,i),...,IQ_fft_filterd(N,i)}

{IQ_fft_filterd(1,i+1),IQ_fft_filterd(2,i+1),IQ_fft_filterd(3,i+1),...,IQ_fft_filterd(N, i+1)}

{IQ_fft_filterd(1,i+2),IQ_fft_filterd(2,i+2),IQ_fft_filterd(3,i+2),...,IQ_fft_filterd(N, i+2)}

.....

{IQ_fft_filterd(1,i+M-1),IQ_fft_filterd(2,i+M-1),IQ_fft_filterd(3,i+M-1),...,IQ_fft_filterd(N,i+M-1)}

本发明另一种实施方式中,在快时间方向上,对M组滤波前变换序列做频域滤波处理。

[0039] 分别对每组M组滤波前变换序列做FFT变换得到M组滤波前FFT变换序列;所述M组滤波前FFT变换序列依次为:

{IQ_fft_fast_fft(1,i),IQ_fft_fast_fft(2,i),IQ_fft_fast_fft(3,i),...,IQ_fft_fast_fft(N,i)}

{IQ_fft_fast_fft(1,i+1),IQ_fft_fast_fft(2,i+1),IQ_fft_fast_fft(3,i+1),...,IQ_fft_fast_fft(N, i+1)}

{IQ_fft_fast_fft(1,i+2),IQ_fft_fast_fft(2,i+2),IQ_fft_fast_fft(3,i+2),...,IQ_fft_fast_fft(N, i+2)}

.....

{IQ_fft_fast_fft(1,i+M-1),IQ_fft_fast_fft(2,i+M-1),IQ_fft_fast_fft(3,i+M-1),...,IQ_fft_fast_fft(N,i+M-1)}

分别保留M组滤波前FFT变换序列中负的对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中

采用的低通滤波器的解调带宽和所述预设速度阈值对应的频移截止频率之间的频率分量，并将其他分量置为0；

对M组保留的滤波前FFT变换序列做反FFT变换，以获得多组滤波变换序列。

[0040] 所述M组滤波变换序列依次为：

$$\{IQ_fft_filterd(1,i),IQ_fft_filterd(2,i),IQ_fft_filterd(3,i),\dots,IQ_fft_filterd(N,i)\}$$

$$\{IQ_fft_filterd(1,i+1),IQ_fft_filterd(2,i+1),IQ_fft_filterd(3,i+1),\dots,IQ_fft_filterd(N,i+1)\}$$

$$\{IQ_fft_filterd(1,i+2),IQ_fft_filterd(2,i+2),IQ_fft_filterd(3,i+2),\dots,IQ_fft_filterd(N,i+2)\}$$

.....

$$\{IQ_fft_filterd(1,i+M-1),IQ_fft_filterd(2,i+M-1),IQ_fft_filterd(3,i+M-1),\dots,IQ_fft_filterd(N,i+M-1)\}$$

进一步的，本发明一实施方式中，所述方法还包括：

S4、分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络，根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号，以用于最终的频谱显示。

[0041] 本发明的具体实施方式中，根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号过程中，可以去各组滤波变换序列对应的复数包络的平均值、加权平均值、最小值、最大值、边值以及中值作为总包络信号，在此不做详细赘述。

[0042] 如下示例中，取各组滤波变换序列对应的复数包络的平均值作为总包络信号。

[0043] 所述总包络信号以Spec_sum(i)表示，则

$$Spec_sum(i)=fabs(IQ_fft_filterd(1,i))+fabs(IQ_fft_filterd(2,i))+\dots+fabs(IQ_fft_filterd(N,i)),$$

其中 $i = 0, 1, 2, \dots, M$, fabs()表示分别对每组滤波变换序列求复数的包络。

[0044] 具体的，将获得的总包络信号进行动态范围压缩，最后进行输出显示，在此不做详细赘述。

[0045] 结合图5A-图5D所示，图5A为采用传统的脉冲多普勒壁滤波处理方法获得的二维FFT分布图；图5B为采用本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法所获得的二维FFT分布图；图5C为采用传统的脉冲多普勒壁滤波处理方法获得的速度谱图；图5D为采用本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法获得的速度谱图。

[0046] 图5A-图5D中，采样门大小SV=0.01m，发射中心频率为 $f_0 = 5\text{MHz}$ 的正弦波，扫查重复频率PRF为8KHz，散射子速度分别为 0.1m/s和0.13m/s，Sita = 0，Vrej = 0.115m/s。

[0047] 通过图5A-图5D可知：传统脉冲多普勒壁滤波处理方法不仅没有有效滤除低于速度阈值的散射子的运动信息，还削弱了高于速度阈值散射子的信息，本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法不仅有效去除了低于速度阈值散射子的运动信息，同时有效保持了高于速度阈值的散射子信息。

[0048] 结合图4所示，本发明一实施方式中提供的脉冲多普勒壁滤波处理系统，所述系统包括：门采样模块100、慢时间处理模块200、快时间处理模块300、输出模块400。

[0049] 门采样模块100用于在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号，以组

成每个回波信号对应的IQ信号序列；

本发明一具体示例中,为了方便描述,将每条回波信号上N个采样点分别对应的IQ信号分别以 $IQ(x,y)$ 表示,所述 (x,y) 表示采样点的坐标。

[0050] 通常情况下,根据采样门大小在相应的回波信号上进行采样,所述采样门大小以SV表示。

[0051] 相应的,对于第i个回波信号,i为正整数,其对应的IQ信号序列可表示为:

$$\{IQ(1,i),IQ(2,i),IQ(3,i),\dots,IQ(N,i)\}$$

其中, $N = 2*SV/c*fs$, fs 为采样频率。

[0052] 进一步的,本发明一实施方式中,慢时间处理模块200用于:在慢时间方向上,分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换,以获得N组FFT变换序列。

[0053] 本发明一具体示例中,慢时间处理模块200预设M个存储空间,每个存储空间用于存储一组IQ信号序列,采用先进先出的方式依次存储获得M组IQ信号序列;当M个存储空间全部存储数据后,下一个IQ信号序列需等待最前端存储空间中的IQ信号序列输出或清除后,再进行存储。

[0054] 本发明具体实施方式中,在慢时间方向上,慢时间处理模块200用于选取M组IQ信号序列做FFT变换,

M组IQ信号序列依次为:

$$\{IQ(1,i),IQ(2,i),IQ(3,i),\dots,IQ(N,i)\}$$

$$\{IQ(1,i+1),IQ(2,i+1),IQ(3,i+1),\dots,IQ(N,i+1)\}$$

$$\{IQ(1,i+2),IQ(2,i+2),IQ(3,i+2),\dots,IQ(N,i+2)\}$$

.....

$$\{IQ(1,i+M-1),IQ(2,i+M-1),IQ(3,i+M-1),\dots,IQ(N,i+M-1)\}$$

慢时间处理模块200还用于分别获取M组IQ信号序列在相同列方向上的数据,组成N组慢时间变换序列,并对其做FFT变换,以获得N组FFT变换序列;

相应的,组成的N组慢时间序列依次为:

$$\{IQ(1,i),IQ(1,i+1),IQ(1,i+2),\dots,IQ(1,i+M-1)\}$$

$$\{IQ(2,i),IQ(2,i+1),IQ(2,i+2),\dots,IQ(2,i+M-1)\}$$

$$\{IQ(3,i),IQ(3,i+1),IQ(3,i+2),\dots,IQ(3,i+M-1)\}$$

.....

$$\{IQ(N,i),IQ(N,i+1),IQ(N,i+2),\dots,IQ(N,i+M-1)\}$$

慢时间处理模块200对上述N组慢时间变化序列做FFT变换后,获得N组FFT变化序列依次为:

$$\{IQ_fft(1,i),IQ_fft(1,i+1),IQ_fft(1,i+2),\dots,IQ_fft(1,i+M-1)\}$$

$$\{IQ_fft(2,i),IQ_fft(2,i+1),IQ_fft(2,i+2),\dots,IQ_fft(2,i+M-1)\}$$

$$\{IQ_fft(3,i),IQ_fft(3,i+1),IQ_fft(3,i+2),\dots,IQ_fft(3,i+M-1)\}$$

.....

$$\{IQ_fft(N,i),IQ_fft(N,i+1),IQ_fft(N,i+2),\dots,IQ_fft(N,i+M-1)\}$$

进一步的,本发明一实施方式中,快时间处理模块300用于:在快时间方向上,分别对对每组所述FFT变换序列做滤波处理,以获得多组滤波变换序列。

[0055] 快时间处理模块300具体用于:分别获取N组FFT变换序列在相同列方向上的数据,组成M组滤波前变换序列;

本发明具体实施方式中,获得的M组滤波前变换序列依次为:

{ IQ_fft(1,i),IQ_fft(2,i),IQ_fft(3,i),...,IQ_fft(N,i)}
 { IQ_fft(1,i+1),IQ_fft(2,i+1),IQ_fft(3,i+1),...,IQ_fft(N,i+1)}
 { IQ_fft(1,i+2),IQ_fft(2,i+2),IQ_fft(3,i+2),...,IQ_fft(N,i+2)}

 { IQ_fft(1,i+M-1),IQ_fft(2,i+M-1),IQ_fft(3,i+M-1),...,IQ_fft(N,i+M-1)}

进一步的,快时间处理模块300还用于:根据预设的速度阈值、初始发射信号的重复扫描频率、初始发射信号的中心频率、对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽,获取所述预设速度阈值对应的频移截止频率。

[0056] 本发明一具体示例中,所述预设速度阈值对应的频移截止频率 $f_{rej}(i)$ 表示,

$$f_{rej}(i) = \max((i-1)/M*PRF*c/(2*abs(V_{rej}))-f_0, -B_{iq}/2)$$

其中,PRF表示初始发射信号的重复扫描频率, V_{rej} 表示预设速度阈值, f_0 表示初始发射信号的中心频率, $B_{iq}/2$ 表示对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽, $abs()$ 表示取绝对值, $\max()$ 表示取两者较大值。

[0057] 进一步的,快时间处理模块300还用于:根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率获得在快时间方向上对M组滤波前变换序列做滤波处理的快时间滤波器;

本发明其中一种实施方式中,在快时间方向上,快时间处理模块300用于对M组滤波前变换序列做时域滤波处理。

[0058] 根据所述预设速度阈值对应的频移截止频率以及对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽之间的数值关系,设计所述快时间滤波器的系数。

[0059] 若 $f_{rej}(i)$ 不等于 $-B_{iq}/2$,

则快时间滤波器的上截止频率 B_{hp} 和下截止频率 B_{lp} 分别为:

$$B_{p_lp} = -B_{iq}/2;$$

$$B_{p_hp} = f_{rej}(i);$$

若 $f_{rej}(i)$ 等于 $-B_{iq}/2$,

则所述快时间滤波器的系数为0。

[0060] 进一步的,快时间处理模块300用于将M组滤波前变换序列分别经过所述快时间滤波器进行滤波,以获得M组滤波变换序列。

[0061] 所述M组滤波变换序列依次为:

{IQ_fft_filterd(1,i),IQ_fft_filterd(2,i),IQ_fft_filterd(3,i),...,IQ_fft_filterd(N,i)}
 {IQ_fft_filterd(1,i+1),IQ_fft_filterd(2,i+1),IQ_fft_filterd(3,i+1),...,IQ_fft_filterd(N, i+1)}
 {IQ_fft_filterd(1,i+2),IQ_fft_filterd(2,i+2),IQ_fft_filterd(3,i+2),...,IQ_fft_filterd(N, i+2)}

{IQ_fft_filterd(1,i+M-1),IQ_fft_filterd(2,i+M-1),IQ_fft_filterd(3,i+M-1),...,IQ_fft_filterd(N,i+M-1)}

本发明另一种实施方式中,在快时间方向上,快时间处理模块300用于对M组滤波前变换序列做频域滤波处理。

[0062] 分别对每组M组滤波前变换序列做FFT变换得到M组滤波前FFT变换序列;所述M组滤波前FFT变换序列依次为:

{IQ_fft_fast_fft(1,i),IQ_fft_fast_fft(2,i),IQ_fft_fast_fft(3,i),...,IQ_fft_fast_fft(N,i)}

{IQ_fft_fast_fft(1,i+1),IQ_fft_fast_fft(2,i+1),IQ_fft_fast_fft(3,i+1),...,IQ_fft_fast_fft(N, i+1)}

{IQ_fft_fast_fft(1,i+2),IQ_fft_fast_fft(2,i+2),IQ_fft_fast_fft(3,i+2),...,IQ_fft_fast_fft(N, i+2)}

.....

{IQ_fft_fast_fft(1,i+M-1),IQ_fft_fast_fft(2,i+M-1),IQ_fft_fast_fft(3,i+M-1),...,IQ_fft_fast_fft(N,i+M-1)}

快时间处理模块300还用于分别保留M组滤波前FFT变换序列中负的对回波信号做正交解调以生成IQ信号过程中采用的低通滤波器的解调带宽和所述预设速度阈值对应的频移截止频率之间的频率分量,并将其他分量置为0;

对M组保留的滤波前FFT变换序列做反FFT变换,以获得多组滤波变换序列。

[0063] 所述M组滤波变换序列依次为:

{IQ_fft_filterd(1,i),IQ_fft_filterd(2,i),IQ_fft_filterd(3,i),...,IQ_fft_filterd(N,i)}

{IQ_fft_filterd(1,i+1),IQ_fft_filterd(2,i+1),IQ_fft_filterd(3,i+1),...,IQ_fft_filterd(N, i+1)}

{IQ_fft_filterd(1,i+2),IQ_fft_filterd(2,i+2),IQ_fft_filterd(3,i+2),...,IQ_fft_filterd(N, i+2)}

.....

{IQ_fft_filterd(1,i+M-1),IQ_fft_filterd(2,i+M-1),IQ_fft_filterd(3,i+M-1),...,IQ_fft_filterd(N,i+M-1)}

进一步的,本发明一实施方式中,输出模块400用于:分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络,根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号,以用于最终的频谱显示。

[0064] 本发明的具体实施方式中,根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号过程中,可以去各组滤波变换序列对应的复数包络的平均值、加权平均值、最小值、最大值、边值以及中值作为总包络信号,在此不做详细赘述。

[0065] 如下示例中,取各组滤波变换序列对应的复数包络的平均值作为总包络信号。

[0066] 所述总包络信号以Spec_sum(i)表示,则

Spec_sum(i)=fabs(IQ_fft_filterd(1,i))+fabs(IQ_fft_filterd(2,i))+...+fabs(IQ_fft_filterd(N,i)),

其中 $i = 0, 1, 2, \dots, M$, $\text{fabs}()$ 表示分别对每组滤波变换序列求复数的包络。

[0067] 具体的,所述系统还包括动态压缩模块以及显示模块,所述动态压缩模块将获得的总包络信号进行动态范围压缩,所述显示模块用于对经过动态压缩模块处理的数据结果输出显示,在此不做详细赘述。

[0068] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施方式中的对应过程,在此不再赘述。

[0069] 综上所述,本发明的脉冲多普勒壁滤波方法及处理系统,通过对IQ信号在慢时间方向做快速傅里叶变换获得其频移分布,以获得对于每个频移和截止速度对应的信号频率分量,根据该频率分量计算在基带IQ信号上的截止频率,从而通过在快时间方向进行该截止频率的滤波处理,准确滤除低速杂波运动信息,本发明的脉冲多普勒壁滤波处理方法不仅有效去除了低于速度阈值散射子的运动信息,同时有效保持了高于速度阈值的散射子信息;提高了超声成像设备的方便性和使用效率,提升了超声图像的质量。

[0070] 为了描述的方便,描述以上装置时以功能分为各种模块分别描述。当然,在实施本申请时可以把各模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0071] 通过以上的实施方式的描述可知,本领域的技术人员可以清楚地了解到本申请可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该软件产品可以保存在保存介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,信息推送服务器,或者网络设备等)执行本申请各个实施方式或者实施方式的某些部分所述的方法。

[0072] 以上所描述的装置实施方式仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的模块可以是或者也可以不是物理上分开的,作为模块显示的部件可以是或者也可以不是物理模块,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络模块上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施方式方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0073] 本申请可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述,例如程序模块。一般地,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本申请,在这些分布式计算环境中,由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块可以位于包括保存设备在内的本地和远程计算机保存介质中。

[0074] 应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施方式中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0075] 上文所列出的一系列详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

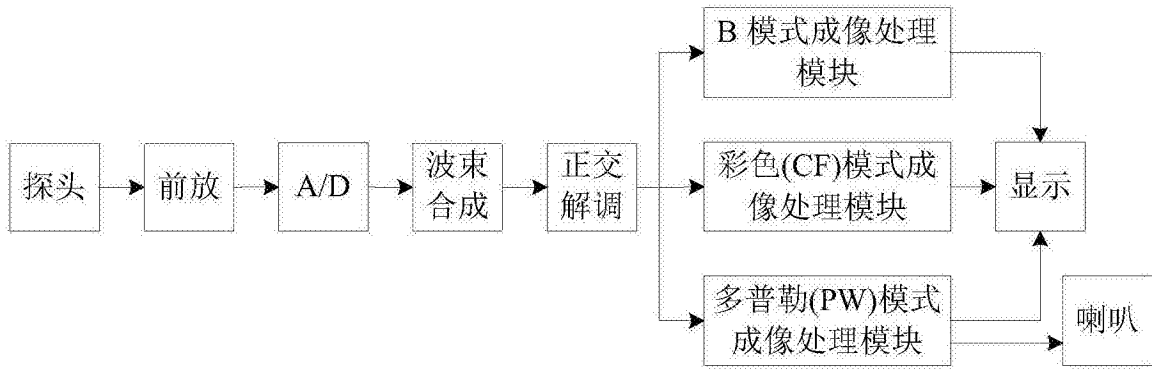


图1

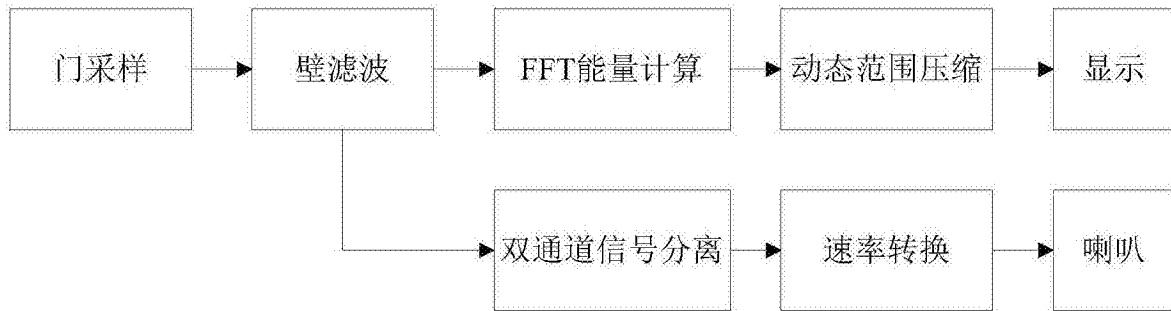


图2

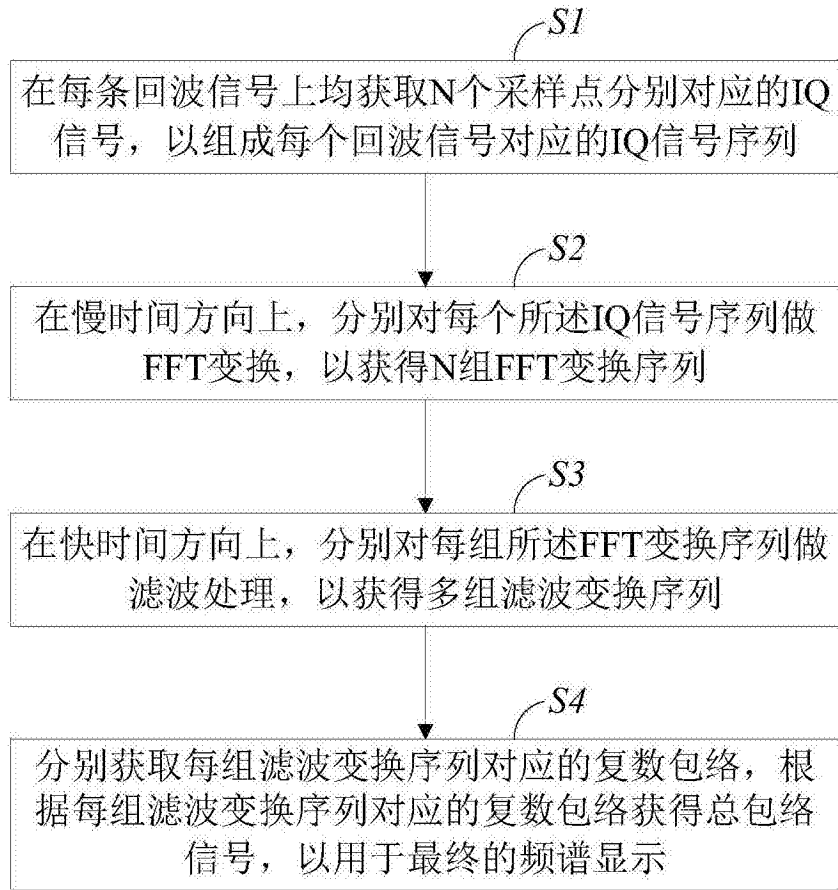


图3

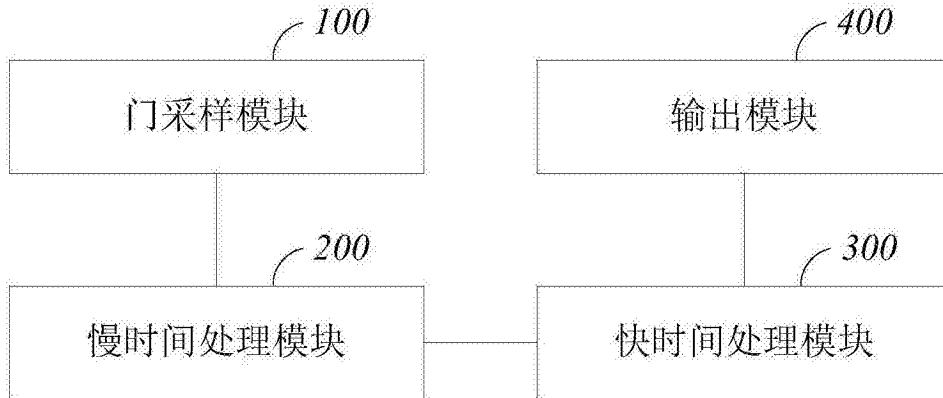


图4

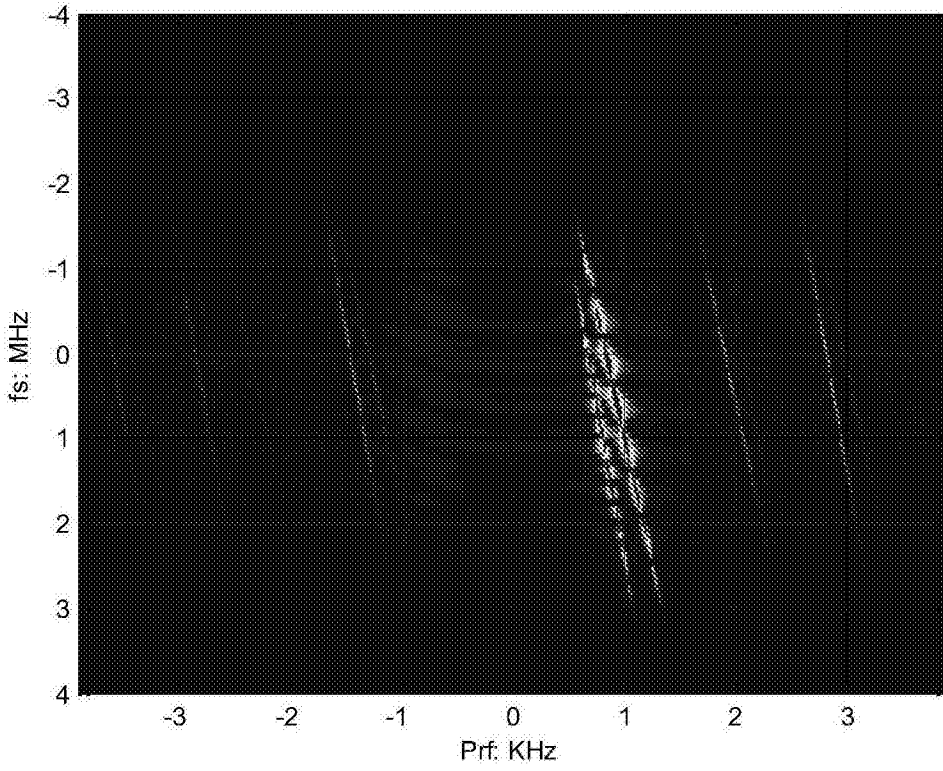


图5A

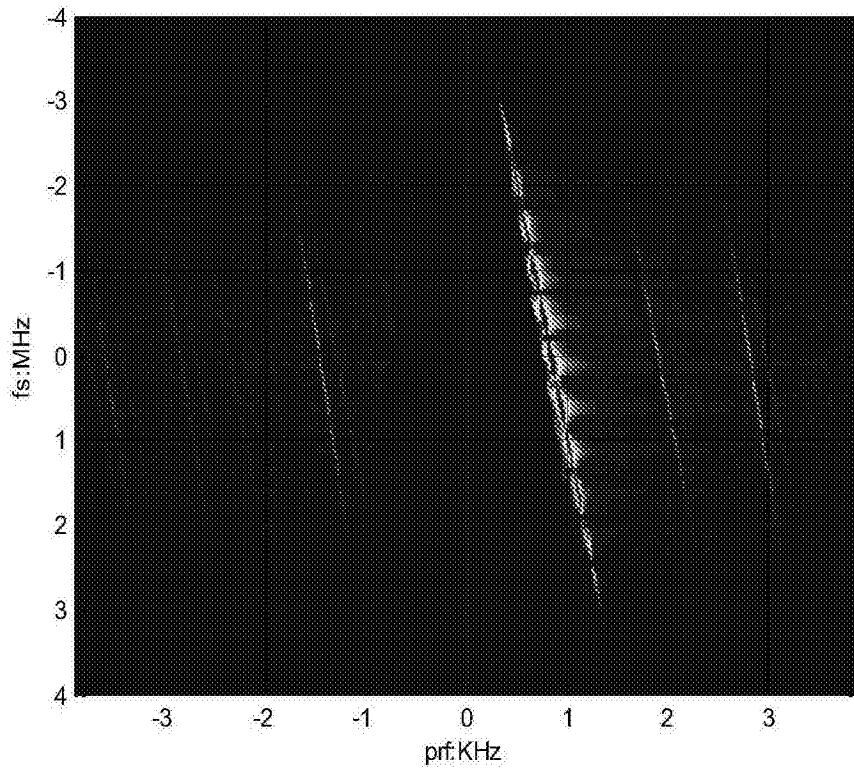


图5B

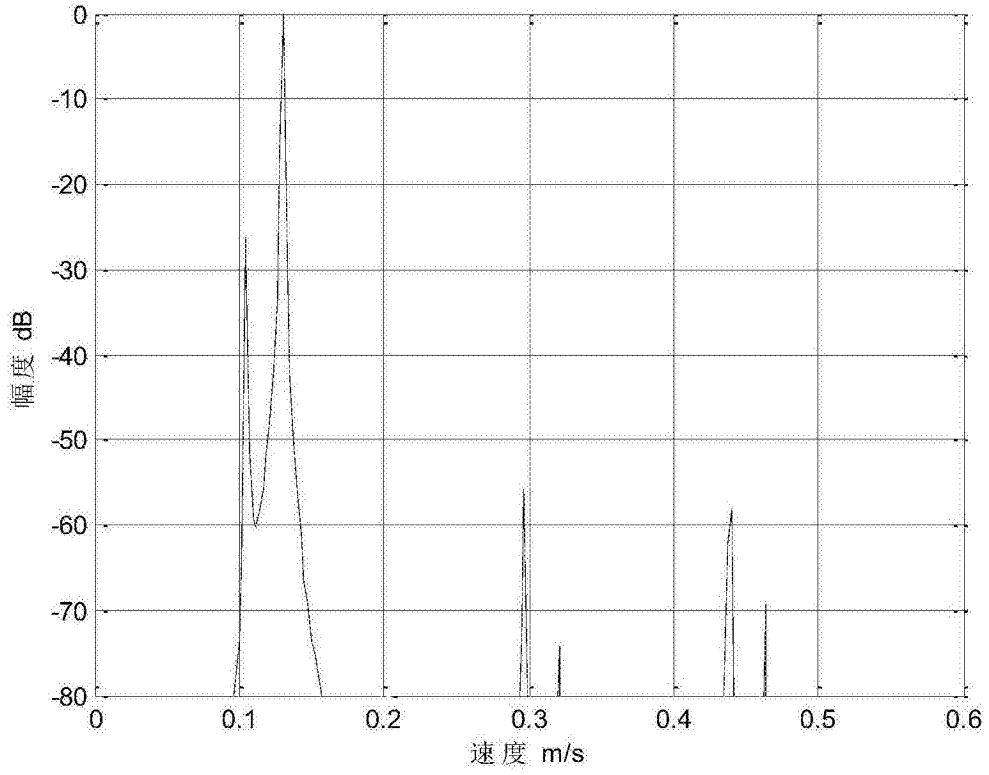


图5C

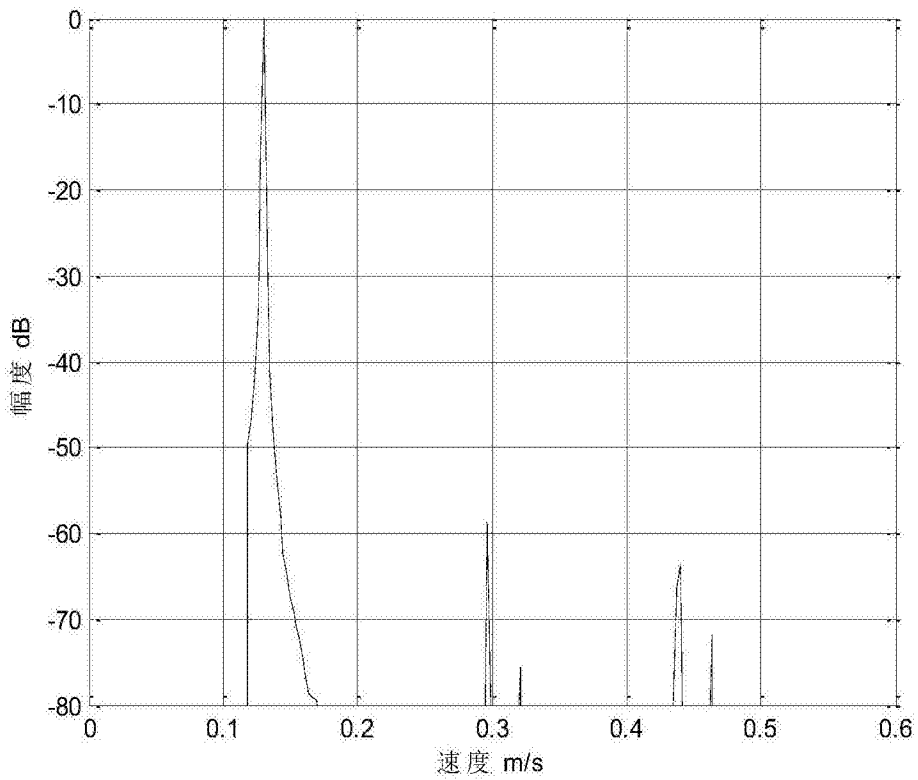


图5D

专利名称(译)	脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统		
公开(公告)号	CN105919625A	公开(公告)日	2016-09-07
申请号	CN201610357221.3	申请日	2016-05-26
[标]申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
[标]发明人	郭建军 陈惠人		
发明人	郭建军 陈惠人		
IPC分类号	A61B8/06 G06K9/00		
CPC分类号	A61B8/06 A61B8/488 A61B8/5215 G06K9/0051		
代理人(译)	苏婷婷		
其他公开文献	CN105919625B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种脉冲多普勒壁滤波处理方法及处理系统，所述方法包括：S1、在每条回波信号上均获取N个采样点分别对应的IQ信号，以组成每个回波信号对应的IQ信号序列；S2、在慢时间方向上，分别对每个所述IQ信号序列做FFT变换，以获得N组FFT变换序列；S3、在快时间方向上，分别对每组所述FFT变换序列做滤波处理，以获得多组滤波变换序列；S4、分别获取每组滤波变换序列对应的复数包络，根据每组滤波变换序列对应的复数包络获得总包络信号，以用于最终的频谱显示。本发明的脉冲多普勒壁滤波方法及处理系统，可以准确滤除低速杂波运动信息，提高了超声成像设备的方便性和使用效率，提升了超声图像的质量。

