



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105911153 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(21)申请号 201610218316.7

(22)申请日 2016.04.08

(71)申请人 暨南大学

地址 510632 广东省广州市黄埔大道西601号

(72)发明人 聂振华 马宏伟 武静

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

代理人 陈燕娴

(51) Int. Cl.

G01N 29/46(2006.01)

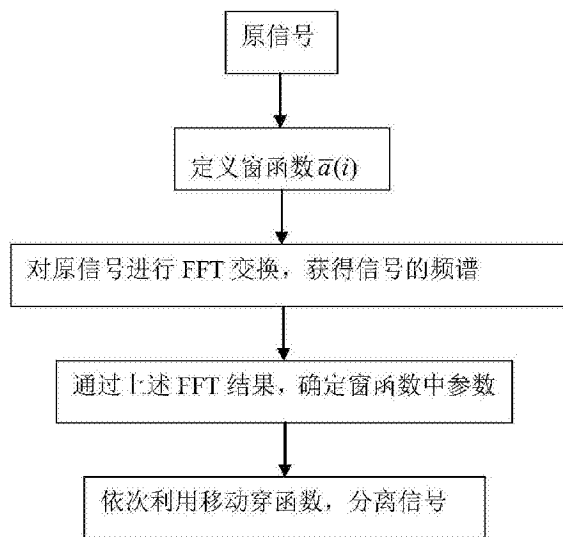
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法及装置

(57)摘要

本发明公开一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法及装置,所述方法包括下列步骤:定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$,对实际响应信号 $a(i)$ 进行FFT变换,确定实际响应信号中各分量信息对应的频率 f ;确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数;利用上述参数确定的各移动窗函数,对实际响应信号进行依次扫描,逐次分离出各频段的分量信息和噪声。本发明是基于移动窗函数的信号分离技术,可以有效分离出各分量信息,对采集信号基于上述去高频留低频的操作,对信号起到了很好的降噪的作用,具有操作简单,分离信号和降噪效果明显,提高了信号的信噪比,有效保留或分离出检测者感兴趣的信息。



1. 一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法,其特征在於,所述方法包括下列步骤:

S1、定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$,定义式如下:

$$\bar{a}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k/2}^{j=i+k/2} a(i+j)$$

其中, $a(i)$ 为每一个*i*时刻采集到的实际响应信号, k 定义为所述移动窗函数的跨度;

S2、对实际响应信号 $a(i)$ 进行FFT变换,确定实际响应信号中各分量信息对应的频率 f ;

S3、确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数;

S4、利用上述参数确定的各移动窗函数,对实际响应信号进行依次扫描,逐次分离出各频段的分量信息和噪声。

2. 根据权利要求1所述的一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法,其特征在於,所述步骤S3、确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数具体如下:

S31、确定所述待分离的分量对应的周期 T ,其确定关系如下:

$$T = \frac{1}{f};$$

S32、确定所述移动窗函数的跨度 k ,其确定关系式如下:

$$k = Tf_s$$

其中 f_s 为信号采样频率。

3. 根据权利要求1所述的一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法,其特征在於,所述对实际响应信号进行依次扫描,具体为:

按照从最高频对应的移动窗函数开始的扫描顺序对实际响应信号进行依次扫描。

4. 一种基于移动窗函数的信号分离与去噪装置,其特征在於,所述装置包括下列模块:移动窗函数模块,用于定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$,定义式如下:

$$\bar{a}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k/2}^{j=i+k/2} a(i+j)$$

其中, $a(i)$ 为每一个*i*时刻采集到的实际响应信号, k 定义为所述移动窗函数的跨度;

FFT变换处理模块,用于对实际响应信号 $a(i)$ 进行FFT变换,确定实际响应信号中各分量信息对应的频率 f ;

参数确定模块,用于确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数;

扫描分离模块,用于利用上述参数确定的各移动窗函数,对实际响应信号进行依次扫描,逐次分离出各频段的分量信息和噪声。

5. 根据权利要求4所述的一种基于移动窗函数的信号分离与去噪装置,其特征在於,所述参数确定模块包括:

第一确定单元,用于确定所述待分离的分量对应的周期 T ,其确定关系如下:

$$T = \frac{1}{f};$$

第二确定单元,用于确定所述移动窗函数的跨度 k ,其确定关系式如下:

$$k = T f_s$$

其中 f_s 为信号采样频率。

6. 根据权利要求4所述的一种基于移动窗函数的信号分离与去噪装置,其特征在于,所述扫描分离模块具体工作过程如下:

按照从最高频对应的移动窗函数开始的扫描顺序对实际响应信号进行依次扫描。

一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法及装置,尤其是对桥梁结构的响应信号的高低频信号的分离与降噪,属于无损检测技术领域。

背景技术

[0002] 在桥梁结构健康监测与损伤检测领域中,所测得的信号是多模态信号以及噪音的混合叠加。在进行结构健康监测与损伤识别时经常须要进行响应信号的信号分离和去噪,即将响应分解成各模态响应分量以及噪声分量。

[0003] 在这些分量信号中,通常仅有一个或者部分分量包含检测者感兴趣的信息。在此条件下,对蕴含了多模态分量的信号进行分离与去噪,得到感兴趣的分量信息,是一具有重要意义课题。多信号分离是现代信号处理中的一个重要研究方向,一直以来,如何从接收到的信号(其包含多个信号)中分离,恢复出想要的信号是信号处理所研究的一个主要问题。

[0004] 目前,这一问题通常采用盲信号分离。盲信号分离技术已经广泛应用于通信、雷达、电子对抗、生物医学信号处理、语音信号处理和计量经济学等领域。但是盲信号分离技术需要特定的假设条件及计算繁杂。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法及装置,通过分离结构的振动响应信号,得到检测者感兴趣的分量信息,并同时分离去除信号中的噪音部分,起到降噪的目的。

[0006] 根据公开的实施例,本发明的第一方面提出了一种基于移动窗函数的信号分离与去噪方法,所述方法包括下列步骤:

[0007] S1、定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$,定义式如下:

$$[0008] \quad \bar{a}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k/2}^{j=i+k/2} a(i+j)$$

[0009] 其中, $a(i)$ 为每一个*i*时刻采集到的实际响应信号, k 定义为所述移动窗函数的跨度;

[0010] S2、对实际响应信号 $a(i)$ 进行FFT变换,确定实际响应信号中各分量信息对应的频率*f*;

[0011] S3、确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数;

[0012] S4、利用上述参数确定的各移动窗函数,对实际响应信号进行依次扫描,逐次分离出各频段的分量信息和噪声。

[0013] 进一步地,所述步骤S3、确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数具体如下:

[0014] S31、确定所述待分离的分量对应的周期*T*,其确定关系如下:

[0015] $T = \frac{1}{f};$

[0016] S32、确定所述移动窗函数的跨度k,其确定关系式如下:

[0017] $k = Tf_s$

[0018] 其中 f_s 为信号采样频率。

[0019] 进一步地,所述对实际响应信号进行依次扫描,具体为:

[0020] 按照从最高频对应的移动窗函数开始的扫描顺序对实际响应信号进行依次扫描。

[0021] 根据公开的实施例,本发明的第二方面提出了一种基于移动窗函数的信号分离与去噪装置,所述装置包括下列模块:

[0022] 移动窗函数模块,用于定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$,定义式如下:

[0023]
$$\bar{a}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k/2}^{j=i+k/2} a(i+j)$$

[0024] 其中, $a(i)$ 为每一个i时刻采集到的实际响应信号,k定义为所述移动窗函数的跨度;

[0025] FFT变换处理模块,用于对实际响应信号 $a(i)$ 进行FFT变换,确定实际响应信号中各分量信息对应的频率f;

[0026] 参数确定模块,用于确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数;

[0027] 扫描分离模块,用于利用上述参数确定的各移动窗函数,对实际响应信号进行依次扫描,逐次分离出各频段的分量信息和噪声。

[0028] 进一步地,所述参数确定模块包括:

[0029] 第一确定单元,用于确定所述待分离的分量对应的周期T,其确定关系如下:

[0030] $T = \frac{1}{f};$

[0031] 第二确定单元,用于确定所述移动窗函数的跨度k,其确定关系式如下:

[0032] $k = Tf_s$

[0033] 其中 f_s 为信号采样频率。

[0034] 进一步地,所述扫描分离模块具体工作过程如下:

[0035] 按照从最高频对应的移动窗函数开始的扫描顺序对实际响应信号进行依次扫描。

[0036] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果:

[0037] 1)本发明是基于移动窗函数的信号分离技术,可以有效分离出各分量信息;

[0038] 2)本发明对采集信号基于上述去高频留低频的操作,对信号起到了很好的降噪的作用。

[0039] 3)本发明提出的方法,操作简单,分离信号和降噪效果明显,提高了信号的信噪比,有效保留或分离出检测者感兴趣的信息。

附图说明

- [0040] 图1是实施例一中提出的基于移动窗函数的信号分离去噪方法的流程步骤图；
 [0041] 图2是实施例一中提出的基于移动窗函数的信号分离去噪方法的原理图；
 [0042] 图3是实施例一中实际测得的桥梁响应信号的FFT频谱结果；
 [0043] 图4是实施例一中分离出的噪音和低频信号分量；
 [0044] 图5是实施例一中分离出的次频分量；
 [0045] 图6是实施例一中保留的较低频信息；
 [0046] 图7是实施例一中分离出的第三个分量；
 [0047] 图8是实施例一中最后一次扫描保留的分量。
 [0048] 图9是实施例二中提出的基于移动窗函数的信号分离去噪装置的结构框图。

具体实施方式

[0049] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚、明确，以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0050] 实施例一

[0051] 如图1所示，图1为基于移动窗函数的信号分离与去噪方法的流程步骤图，扫描原理示意图如图2所示，具体实施过程如下：

[0052] S1、定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$ ；

[0053] 基于采集到的实际的响应信号，每一个*i*时刻对应的信号为*a*(*i*)，窗函数定义为： $\bar{a}(i)$ 为其邻近信号的均值，确切来说是*a*(*i*)两边相同长度信号的时刻的均值，即：

$$[0054] \quad \bar{a}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k/2}^{j=i+k/2} a(i+j) \quad (1)$$

[0055] 其中，*k*定义为移动窗函数的跨度，*k*取值为：

$$[0056] \quad k = T f_s \quad (2)$$

[0057] 其中*T*是待分离的分量对应的周期，*f_s*为信号采样频率。

[0058] S2、对实际响应信号*a*(*i*)进行FFT变换，确定实际响应信号中各分量信息对应的频率；

[0059] 具体应用中，利用FFT变换，确定响应信号的频率，即确定信号的分量信息对应的频率，如图3所示，分量频率分别为1.12Hz，4.59Hz，而所占比例较弱的高频信息(7.76Hz)与噪音一并被分离出去，保留了低频信息。

[0060] S3、确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数。

[0061] S31、确定所述待分离的分量对应的周期*T*，其确定关系如下：

$$[0062] \quad T = \frac{1}{f};$$

[0063] S32、确定所述移动窗函数的跨度*k*，其确定关系式如下：

$$[0064] \quad k = T f_s$$

[0065] 其中*f_s*为信号采样频率。

[0066] 具体应用中,通过上述步骤中对实际响应信号 $a(i)$ 的FFT变换结果,确定所述待分离的分量对应的周期 T ,进而确定移动窗函数跨度参数 k 的具体值,假设利用FFT变换后某分量频率确定为 f 则其确定关系如下:

$$[0067] \quad T = \frac{1}{f};$$

[0068] S4、利用上述确定好参数 k 的值的各移动窗函数,对实际响应信号进行依次扫描,逐次分离出各频段的分量信息和噪声,扫描顺序为从最高频对应的窗函数开始。

[0069] S41、设实际响应信号为 $a(i)$,最高频信息对应的频率为 f_n ,窗函数跨度为 k_n ,则此次扫描分离出原信号频段内最高频和噪音分量,保留了比 f_n 更低频的分量信息,第一次扫描后得到的信息为:

$$[0070] \quad \bar{a}_n(i) = \frac{1}{k_n} \sum_{j=i-k_n/2}^{j=i+k_n/2} a(i+j). \quad (3)$$

[0071] 则分离出的高频微弱信息和噪音分量为:

$$[0072] \quad N(i) = a(i) - \bar{a}_n(i), \quad (4)$$

[0073] 如图4所示为分离出的高频和噪音分量,第一次扫描用的窗函数跨度为

$$[0074] \quad k = \frac{1}{7.76} f_s.$$

[0075] S42、再次使用移动窗函数对 $\bar{a}_n(i)$ 进行扫描,此时的窗函数长度 k_{n-1} 为:

[0076] $k_{n-1} = T_{n-1} f_s$, (5)扫描后的信号为:

$$[0077] \quad \bar{a}_{n-1}(i) = \frac{1}{k_{n-1}} \sum_{j=i-k_{n-1}/2}^{j=i+k_{n-1}/2} \bar{a}_n(i+j). \quad (6)$$

[0078] 因此第二个分量,即次频分量被分离出来,即为:

$$[0079] \quad a_n(i) = \bar{a}_n(i) - \bar{a}_{n-1}(i), \quad (7)$$

[0080] 如图5所示,以及保留了较低频分量信息的信号,如图6所示。

[0081] S43、重复步骤S42,直到分离出全部分量。

[0082] 如图7所示为分离出的第三个分量,以及最后一次扫描得到的分量如图8所示。

[0083] 本实施例公开的基于移动窗函数的信号分离与去噪方法通过简单的算法对健康监测系统测得的源信号直接进行计算,无需额外的假设条件,从而简化了原本复杂的分析建模过程,为算法节约了时间开销,并且算法简单,容易实现,分离效果良好。因此本方法可为结构健康监测与损伤检测提供一种简便、快捷和准确有效的信号分离途径。

[0084] 实施例二

[0085] 如图9所示,图9为基于移动窗函数的信号分离与去噪装置的结构框图,该基于移动窗函数的信号分离与去噪装置包括下列模块:

[0086] 移动窗函数模块,用于定义移动窗函数 $\bar{a}(i)$,定义式如下:

$$[0087] \quad \bar{a}(i) = \frac{1}{k} \sum_{j=i-k/2}^{j=i+k/2} a(i+j)$$

[0088] 其中, $a(i)$ 为每一个 i 时刻采集到的实际响应信号, k 定义为所述移动窗函数的跨度;

[0089] FFT变换处理模块, 用于对实际响应信号 $a(i)$ 进行FFT变换, 确定实际响应信号中各分量信息对应的频率 f ;

[0090] 参数确定模块, 用于确定所述移动窗函数 $\bar{a}(i)$ 的参数;

[0091] 扫描分离模块, 用于利用上述参数确定的各移动窗函数, 对实际响应信号进行依次扫描, 逐次分离出各频段的分量信息和噪声。

[0092] 其中, 所述参数确定模块包括:

[0093] 第一确定单元, 用于确定所述待分离的分量对应的周期 T , 其确定关系如下:

$$[0094] \quad T = \frac{1}{f};$$

[0095] 第二确定单元, 用于确定所述移动窗函数的跨度 k , 其确定关系式如下:

$$[0096] \quad k = Tf_s$$

[0097] 其中 f_s 为信号采样频率。

[0098] 其中, 所述扫描分离模块具体工作过程如下:

[0099] 按照从最高频对应的移动窗函数开始的扫描顺序对实际响应信号进行依次扫描。

[0100] 值得注意的是, 上述装置实施例中, 所包括的各个模块和单元只是按照功能逻辑进行划分的, 但并不局限于上述的划分, 只要能够实现相应的功能即可; 另外, 各模块和单元的具体名称也只是为了便于相互区分, 并不用于限制本发明的保护范围。

[0101] 上述实施例为本发明较佳的实施方式, 但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制, 其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化, 均应为等效的置换方式, 都包含在本发明的保护范围之内。

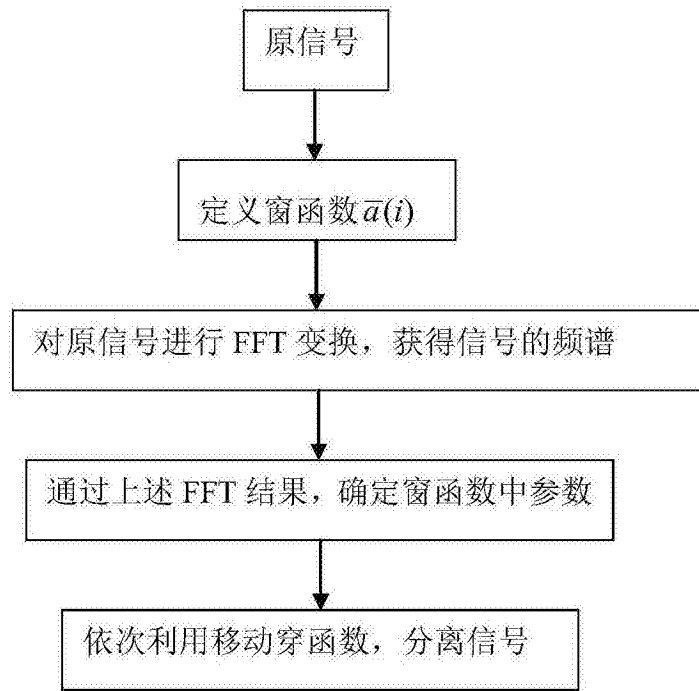


图1

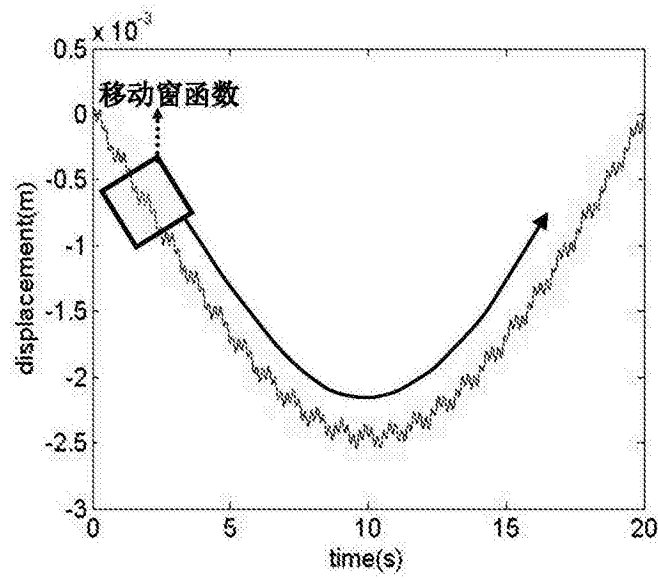


图2

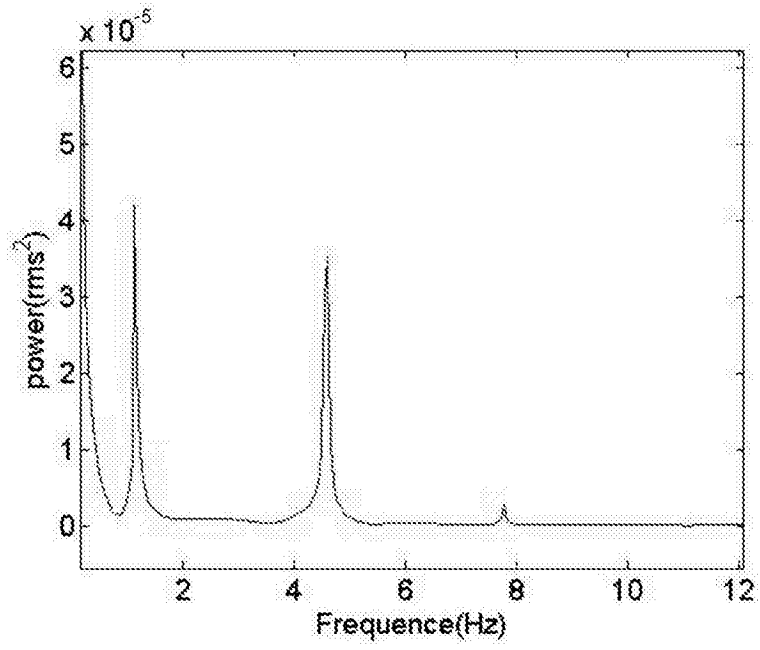


图3

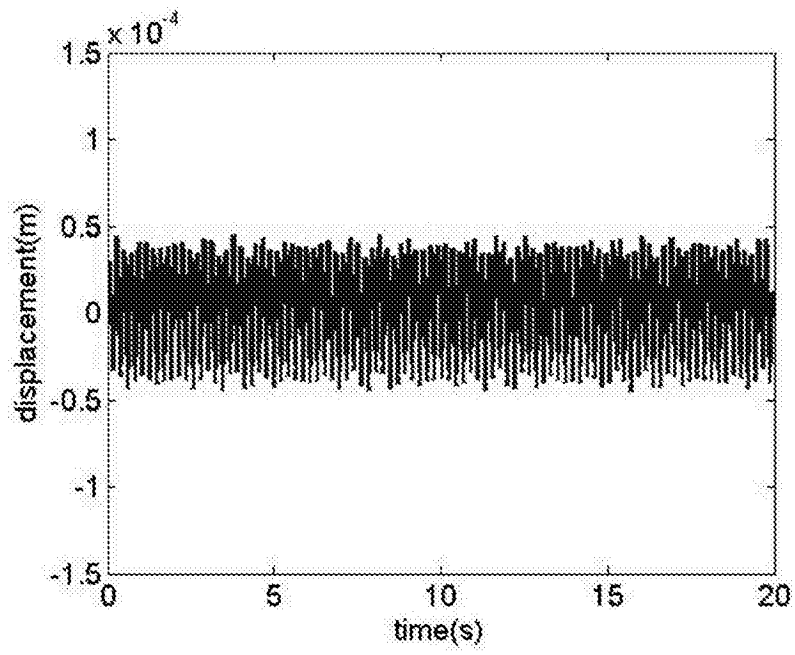


图4

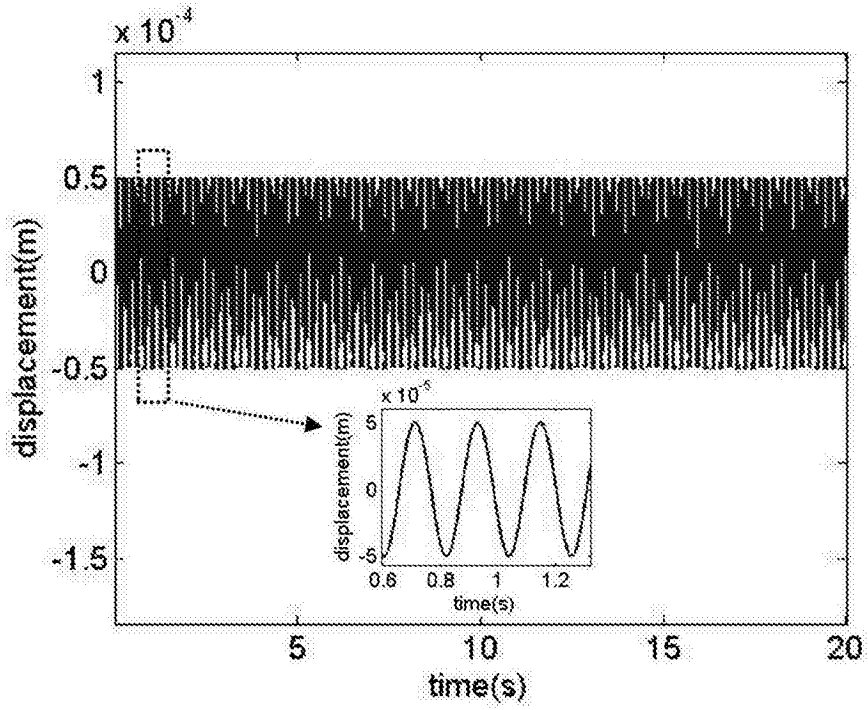


图5

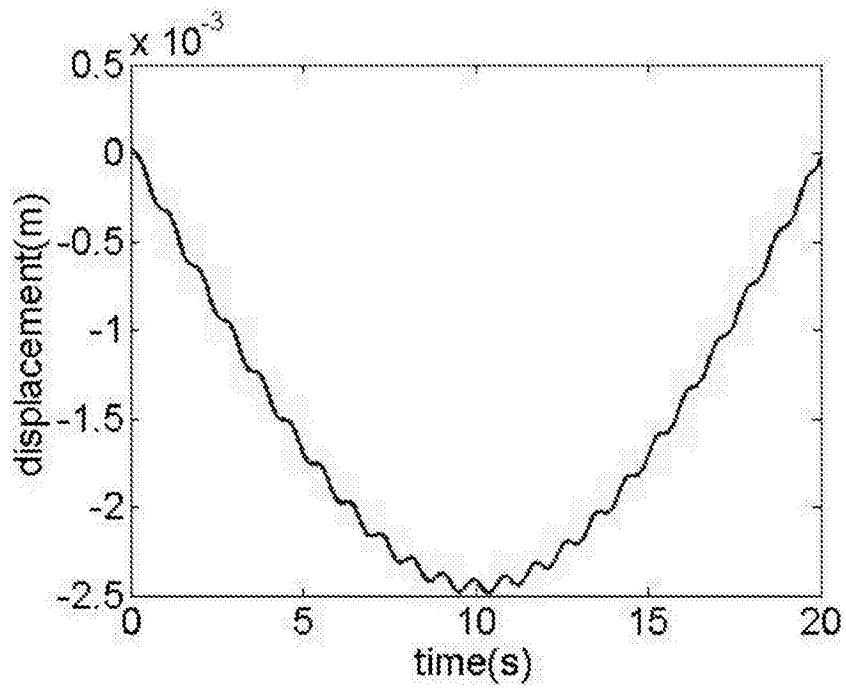


图6

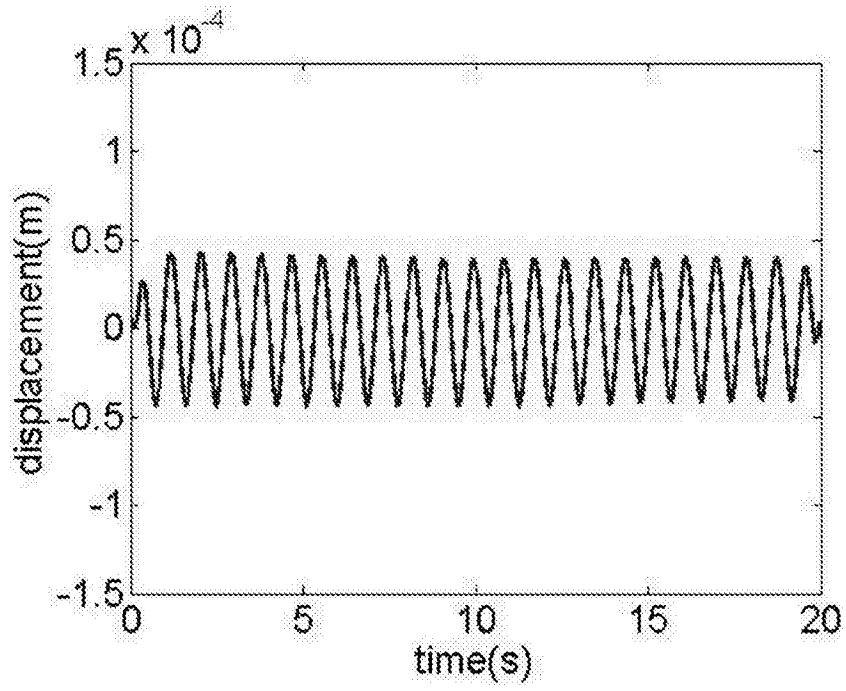


图7

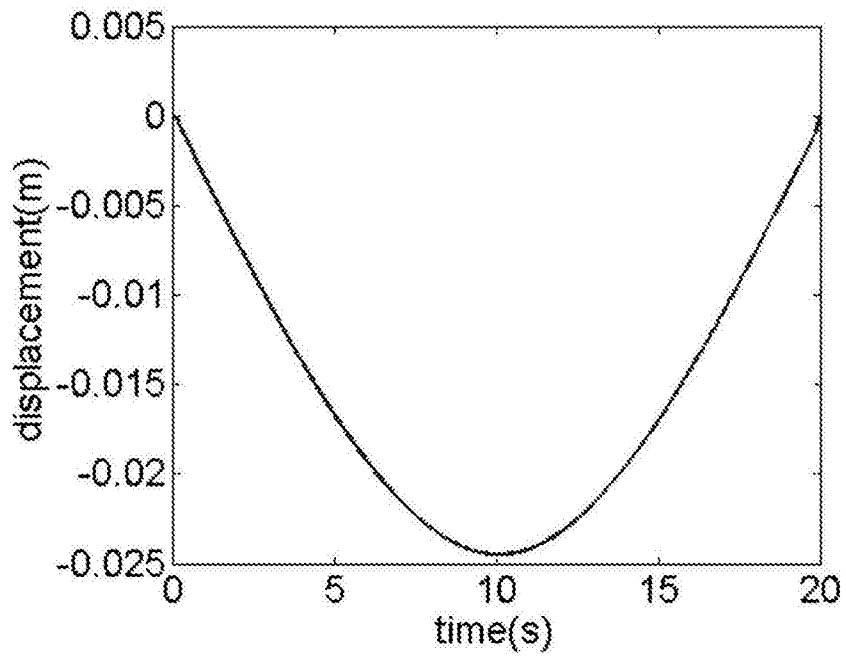


图8

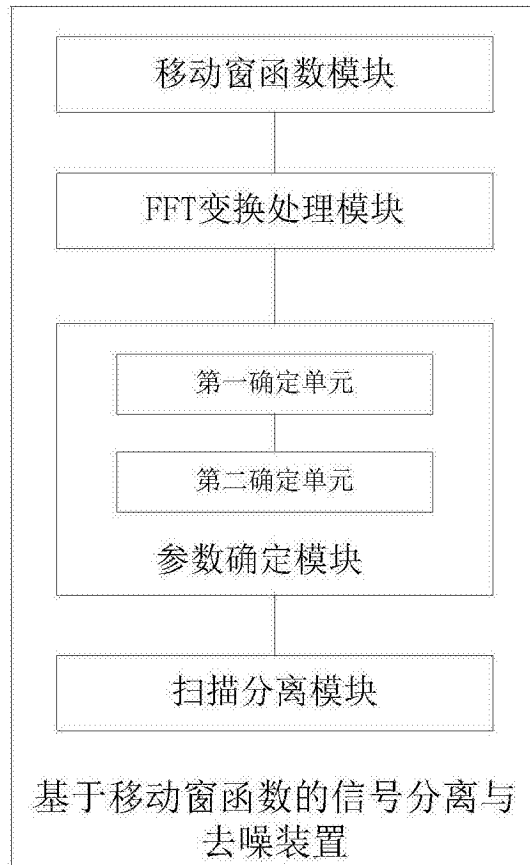


图9