(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113167680 A
(43)申请公布日 2021.07.23

(21)申请号 201880099887.0
(22)申请日 2018.12.24
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.05.31
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2018/123257 2018.12.24
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/132840 EN 2020.07.02
(71)申请人 ABB瑞士股份有限公司
地址 瑞士巴登
(72)发明人 孙何青 张佳帆
(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
代理人 张鹏
(51)Int.Cl.
G01M 13/028(2019.01)
G01M 13/045(2019.01)

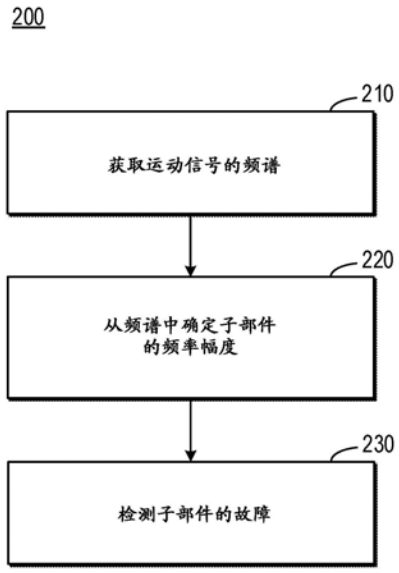
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

用于诊断机器人的方法和设备

(57)摘要

提出一种用于诊断机器人的方法。该方法包括:获取机器人的旋转部件在机器人的运行期间生成的运动信号的频谱(210);基于旋转部件的子部件的物理特性和速度,从频谱中确定子部件的频率幅度(220);以及通过比较频率幅度与阈值幅度来检测子部件的故障(230)。还提出一种用于诊断机器人的设备。



CN 113167680 A

1.一种用于诊断机器人的方法,包括:

获取所述机器人的旋转部件在所述机器人的运行期间生成的运动信号的频谱;

基于所述旋转部件的子部件的物理特性和速度,从所述频谱中确定所述子部件的频率幅度;以及

通过比较所述频率幅度与阈值幅度来检测所述子部件的故障。

2.根据权利要求1所述的方法,其中检测故障包括:

响应于所述频率幅度超过所述阈值幅度,检测到所述子部件具有故障。

3.根据权利要求1所述的方法,其中获取所述运动信号的所述频谱包括:

在时域中获取所述运动信号;

以基于所述旋转部件的速度而确定的采样率对所述运动信号进行重采样;以及

基于经重采样的运动信号来确定所述频谱。

4.根据权利要求1所述的方法,其中所述物理特性包括所述子部件的一个或多个结构参数和/或一个或多个尺寸参数。

5.根据权利要求1所述的方法,其中所述运动信号指示以下至少一项:

-所述旋转部件的转速;

-所述旋转部件的控制电流;

-所述旋转部件的扭矩;以及

-所述旋转部件的加速度。

6.根据权利要求1所述的方法,其中所述子部件包括以下至少一个部分:

-变速箱的齿轮;

-电机的轴;以及

-所述电机或所述变速箱的轴承。

7.一种用于诊断机器人的设备,包括:

控制器;以及

存储器,所述存储器被耦合到所述控制器并且存储机器可执行指令,所述机器可执行指令被所述控制器执行时,使所述机器人执行动作,所述动作包括:

获取所述机器人的旋转部件在所述机器人的运行期间生成的运动信号的频谱;

基于所述旋转部件的子部件的物理特性和速度,从所述频谱中确定所述子部件的频率幅度;以及

通过比较所述频率幅度与阈值幅度来检测所述子部件的故障。

8.根据权利要求7所述的设备,其中检测故障包括:

响应于所述频率幅度超过所述阈值幅度,检测到所述子部件具有故障。

9.根据权利要求7所述的设备,其中获取所述运动信号的所述频谱包括:

在时域中获取所述运动信号;

以基于所述旋转部件的速度而确定的采样率对所述运动信号进行重采样;

基于经重采样的运动信号来确定所述频谱。

10.根据权利要求7所述的设备,其中所述物理特性包括所述子部件的一个或多个结构参数和/或一个或多个尺寸参数。

11.根据权利要求7所述的设备,其中所述运动信号指示以下至少一项:

-所述旋转部件的转速;

-所述旋转部件的控制电流;

-所述旋转部件的扭矩;以及

-所述旋转部件的加速度。

12.根据权利要求7所述的设备,其中所述子部件包括以下至少一个部分:

-变速箱的齿轮;

-电机的轴;以及

-所述电机或所述变速箱的轴承。

用于诊断机器人的方法和设备

技术领域

[0001] 本公开的实施例总体上涉及机器人诊断，更具体地涉及一种用于诊断机器人的方法和设备。

背景技术

[0002] 机器人在现代工业中发挥重要作用，因为它们能够比人类工作更快、更精确并且运行时间更长。随着越来越多的机器人自动运行，尽早发现可能导致性能损失甚至工厂停机的故障变得越来越重要，以最大程度地减少对用户操作的影响。

[0003] 现有技术中的主要解决方案关注于系统级的机器人异常检测，以诊断本地机器人。然而，这些解决方案无法在子组件级上标识故障源，使得故障源的诊断/标识不准确。

[0004] 另外，现有技术中的其他解决方案需要机器人首先停止工作，然后在特定运动周期下测量机器人的数据。然后，将所测量的数据与具有相同运动周期的机器人的历史数据进行比较，以标识故障源。这些方法需要特定运动周期，这会打断正常生产过程并且导致经济损失。

发明内容

[0005] 本公开的实施例提出了用于诊断机器人的解决方案。

[0006] 在第一方面中，本公开的实施例提供了一种用于诊断机器人的方法。该方法包括：获取机器人的旋转部件在机器人的运行期间生成的运动信号的频谱；基于旋转部件的子部件的物理特性和速度，从频谱中确定子部件的频率幅度；以及通过比较频率幅度与阈值幅度来检测子部件的故障。

[0007] 在一些实施例中，检测故障包括：响应于频率幅度超过阈值幅度，检测到子部件具有故障。

[0008] 在一些实施例中，获取运动信号的频谱包括：在时域中获取运动信号；以基于旋转部件的速度而确定的采样率对运动信号进行重采样；以及基于经重采样的运动信号来确定频谱。

[0009] 在一些实施例中，物理特性包括子部件的一个或多个结构参数和/或一个或多个尺寸参数。

[0010] 在一些实施例中，运动信息指示以下至少一项：旋转部件的转速、旋转部件的控制电流、旋转部件的扭矩、以及旋转部件的加速度。

[0011] 在一些实施例中，子部件包括以下至少一个部分：变速箱的齿轮；电机的轴；以及电机或变速箱的轴承。

[0012] 在第二方面中，本公开的实施例提供了一种用于诊断机器人的设备。该设备包括控制器和存储器，存储器被耦合到控制器并且存储机器可执行指令，这些机器可执行指令被控制器执行时，使机器人执行动作，这些动作包括：获取机器人的旋转部件在机器人的运行期间生成的运动信号的频谱；基于旋转部件的子部件的物理特性和速度，从频谱中确定

子部件的频率幅度;以及通过比较频率幅度与阈值幅度来检测子部件的故障。

附图说明

[0013] 通过以下参考附图的具体实施方式,本文中所公开的实施例的上述和其他目的、特征和优点将变得更加易于理解。在附图中,在示例中以非限制性方式对本文中所公开的实施例进行说明,其中:

[0014] 图1示出了根据本公开的一些实施例的工业机器人和用于诊断机器人的设备的框图;

[0015] 图2示出了根据本公开的一些实施例的用于诊断机器人的方法的流程图;

[0016] 图3示出了根据本公开的一些实施例的用于诊断机器人的方法的流程图;

[0017] 图4示出了根据本公开的一些实施例的运动信号的波形;以及

[0018] 图5示出了根据本公开的一些实施例的运动信号的频谱。

[0019] 在所有附图中,相同或相应的附图标记指代相同或相应的部分。

具体实施方式

[0020] 现在,参考实施例对本文中所描述的主题进行讨论。仅对这些实施例进行讨论,目的是使得本领域技术人员能够更好地理解并实现本文中所描述的主题,而非暗示对主题范围的任何限制。

[0021] 术语“包括”或“包含”及其变型要理解为开放术语,其意指“包括但不限于”。除非上下文另外明确指出,否则术语“或”要理解为“和/或”。术语“基于”要理解为“至少部分基于”。术语“可操作为”要意指可以通过由用户或外部机构引起的操作来实现功能、动作、运动或状态。术语“一个实施例”和“一实施例”要理解为“至少一个实施例”。术语“另一实施例”要理解为“至少一个其他实施例”。

[0022] 除非另外指定或限制,否则术语“安装”、“连接”、“支撑”和“耦合”及其变型被广泛使用,并且涵盖直接和间接安装、连接、支撑和耦合。更进一步地,“连接”和“耦合”不限于物理或机械连接或耦合。在下文的描述中,相似的附图标记和标签用于描述附图中的相同、相似或对应部分。下文可以包含其他定义(无论显式定义还是隐式定义)。

[0023] 图1示出了根据本公开的一些实施例的工业机器人和用于诊断机器人的设备的框图。该机器人110包括基座111、三个臂112、113、114以及工具抓手115。臂113、114和工具抓手115可以围绕多个关节116a至116c旋转。工业机器人还包括用于驱动臂112、113、114运动的多个致动器117a至117c。每个致动器117a至117c包括电机,电机包括电机轴和传动单元,传动单元被配置为将电机轴的旋转运动传递到关节。每个传动单元包括齿轮和齿轮轴。

[0024] 工业机器人110连接到用于执行机器人程序的设备120,设备120包括控制器121和存储器122。存储器122被耦合到控制器121并且存储机器可执行指令。设备120可以被配置为向工业机器人110传输控制信号,以控制工业机器人110的致动器117a至117c的运行,诸如致动器117a至117c中电机的旋转。同时,设备120还可以被配置为从工业机器人110接收反馈信号,以监测并诊断工业机器人110的运行状态。

[0025] 图2示出了根据本公开的一些实施例的用于诊断机器人的方法200的流程图。方法200可以被图1所示的设备120执行,以进行机器人诊断。

[0026] 在210处，获取运动信号的频谱。运动信号在机器人的运行期间由机器人的旋转部件生成。旋转部件可以是机器人110的致动器117a至117c。运动信号可以指示旋转部件的转速、旋转部件的控制电流、旋转部件的扭矩、或旋转部件的加速度。

[0027] 在220处，基于旋转部件的子部件的物理特性和速度，从频谱中确定子部件的频率幅度。旋转部件可以包括多个子部件，多个子部件可以是变速箱内部的齿轮或轴承、电机的轴或轴承、或者致动器117a至117c中的其他结构部件。物理特性包括子部件的一个或多个结构参数和/或一个或多个尺寸参数。

[0028] 基于物理分析，旋转部件的每个子部件具有特征频率，该特征频率取决于子部件的结构参数和/或尺寸参数，如齿轮齿数、轴承滚珠数和轴承内/外滚道直径。

[0029] 特征频率还取决于子部件的转速。例如，齿轮的特征频率可以是$k*\omega$，其中ω是转速，而k是齿轮的结构参数/尺寸参数。

[0030] 可以预先确定子部件的这种参数，并且将其存储在设备120中。子部件的转速可以通过传感器直接测量，或通过诸如电机的角度位置之类的其他测量数据间接计算。这种测量通常包括在机器人中以用于正常运行，从而不会增加附加成本。

[0031] 通过子部件的特征频率，可以从频谱中确定与子部件相对应的频率幅度。

[0032] 在230处，可以通过比较频率幅度与阈值幅度来检测子部件的故障。通过对机器人110进行故障分析，每个子部件的频率幅度可以被视为一个指标，该指标指示机器人110中的旋转部件的子部件是否具有故障。

[0033] 以这种方式，可以检测机器人中的子组件级的故障，从而更准确地确定故障源。因此，可以更早地提示用户执行适当的维修和更换，从而可以延长机器人的寿命。

[0034] 诊断结果可以例如经由图形用户界面显示给用户，从而使得用户在视觉上识别出故障源并且采取适当对策。

[0035] 在一些实施例中，如果子部件的频率幅度超过阈值幅度，则子部件将被检测为具有故障。阈值幅度可以由用户根据经验预先确定，或者可以根据历史机器人数据获知。

[0036] 图3示出了根据本公开的一些实施例的图2中用于诊断机器人的方法200的步骤210的流程图。该方法210可以由如图1所示的设备120来执行，以获取运动信号的频谱。

[0037] 在211处，获取时域中的运动信号。运动信号可以是特定关节在致动器117a至117c旋转的时间间隔内的信号。运动信号可以是由机器人110内的传感器测量并且通过机器人110与设备120之间的电缆传输的电压或电流。运动信号还可以由安装在机器人上的外部传感器(诸如加速度计)测量。

[0038] 在212处，以采样率对时域中的运动信号进行重采样。可以基于旋转部件的速度来确定采样率。例如，采样率与旋转部件的速度成比例，从而当速度较高时可以获取更多的样本值。这样，可以消除(在加速和减速期间发生的)变速的影响，从而提高频谱分析的可靠性和准确性。

[0039] 在213处，基于经重采样的运动信号来确定频谱。例如，可以通过傅立叶变换来确定频谱。

[0040] 以这种方式，可以直接使用在机器人的正常运行期间获取的运动信号而非来自特定运行模式的运动信号来进行故障诊断，从而避免中断工业生产。

[0041] 应当理解，上文所描述的获取频谱的方法仅是示例性的，并不旨在限制本公开的

范围。例如，当旋转部件的速度不发生变化时，所获取的运动信号可以直接从时域转换到频域，而无需重采样。

[0042] 图4示出了根据本公开的一些实施例的运动信号的波形。可以看出，图4中运动信号的波形并不是严格周期性的，而是具有一些波动，例如参考虚线框中的部分。这些波动的源可能是例如负载改变或部件的潜在故障。因此，需要进行诊断分析以确定波动的原因。

[0043] 图5示出了根据本公开的一些实施例的运动信号的频谱。可以看出，图5中与一些频率相对应的频率幅度明显高于与其他频率相对应的频率幅度。由于每个子部件都有独自的特征频率，所以可以通过比较与特征频率相对应的频率幅度值与预设阈值幅度值来执行诊断。

[0044] 例如，图5示出了电机轴承的特征频率$f_{轴承}$，该特征频率$f_{轴承}$取决于轴承的结构参数或尺寸参数，诸如滚珠数、轴承滚道的直径以及轴承的转速。通过图5所示的频谱，可以确定与特征频率$f_{轴承}$相对应的频率幅度$A_{轴承}$。这种频率幅度$A_{轴承}$可以用作电机轴承是否具有故障的指标，诸如轴承滚珠或滚道上的裂纹或点蚀。如果频率幅度$A_{轴承}$超过电机轴承的阈值幅度，则可以确定轴承具有故障。

[0045] 总体上，本公开的各种实施例可以以硬件(或专用电路)、软件、逻辑或其任何组合来实现。一些方面可以以硬件来实现，而其他方面可以以由控制器、微处理器或其他计算设备执行的固件或软件来实现。尽管本公开的实施例的各个方面被图示和描述为框图、流程图或使用一些其他图形表示，但是应当理解，本文中所描述的框、装置、系统、技术或方法可以以非限制性示例、硬件、软件、固件、专用电路或逻辑、通用硬件或控制器或其他计算设备或其组合实现。

[0046] 本公开还提供了至少一个计算机程序产品，该至少一个计算机程序产品有形存储在非暂态计算机可读存储介质上。该计算机程序产品包括计算机可执行指令，诸如程序模块中包括的计算机可执行指令，这些计算机可执行指令在目标真实或虚拟处理器上的设备中执行，以执行如上文参考图2所描述的过程或方法。通常，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、库、对象、类、部件、数据结构等。在实施例中，程序模块的功能性可以根据需要在程序模块之间组合或拆分。用于程序模块的机器可执行指令可以在本地设备或分布式设备内执行。在分布式设备中，程序模块可以位于本地存储介质和远程存储介质两者中。

[0047] 用于执行本公开的方法的程序代码可以以一种或多种编程语言的任何组合来编写。这些程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器或控制器，使得该程序代码当由处理器或控制器执行时，使得实现在流程图和/或框图中指定的功能/操作。程序代码可以完全在机器上执行，部分在计算机上执行，作为独立软件包执行，部分在机器上并且部分在远程机器上执行，或完全在远程机器或服务器上执行。

[0048] 上述程序代码可以体现在机器可读介质上，该机器可读介质可以是包含或存储供指令执行系统、装置或设备使用或与其结合使用的程序的任何有形介质。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读存储介质。机器可读介质可以包括但不限于电子、磁性、光学、电磁、红外、或半导体系统、装置或设备、或前述的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例包括具有一个或多个电线的电连接、便携式计算机软盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM或闪存)、光纤、便携式光盘只读

存储器(CD-ROM)、光学存储设备、磁性存储设备、或上述的任何合适组合。

[0049] 进一步地，虽然按特定次序描绘了操作，但这不应理解为要求按所示的特定次序或按顺序次序执行这样的操作，或执行所有图示的操作，以实现期望结果。在某些情况下，多任务和并行处理可能是有利的。同样，虽然上述讨论中包含几个特定实现细节，但是这些不应被解释为对本公开的范围的限制，而应当被解释为对可以特定于特定实施例的特征的描述。在单独实施例的背景下描述的某些特征还可以在单个实施例中组合实现。另一方面，在单个实施例的背景下描述的各种特征还可以分别在多个实施例中或以任何合适子组合来实现。

[0050] 尽管已经以特定于结构特征和/或方法动作的语言对主题进行了描述，但是应当理解，所附权利要求书中定义的主题不必局限于上文所描述的特定特征或动作。相反，上文所描述的特定特征和动作被公开为实现权利要求的示例形式。

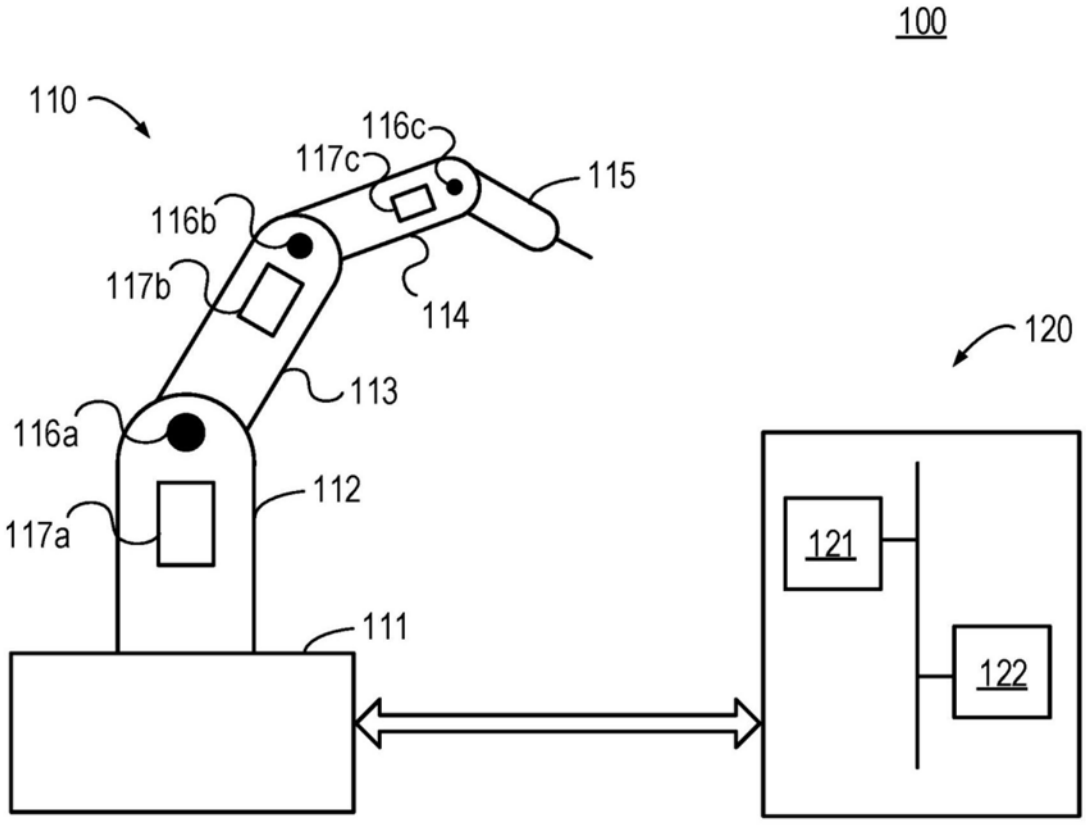

100
110
116c
117c
115
116b
117b
114
120
113
116a
112
117a
121
111
122

图1

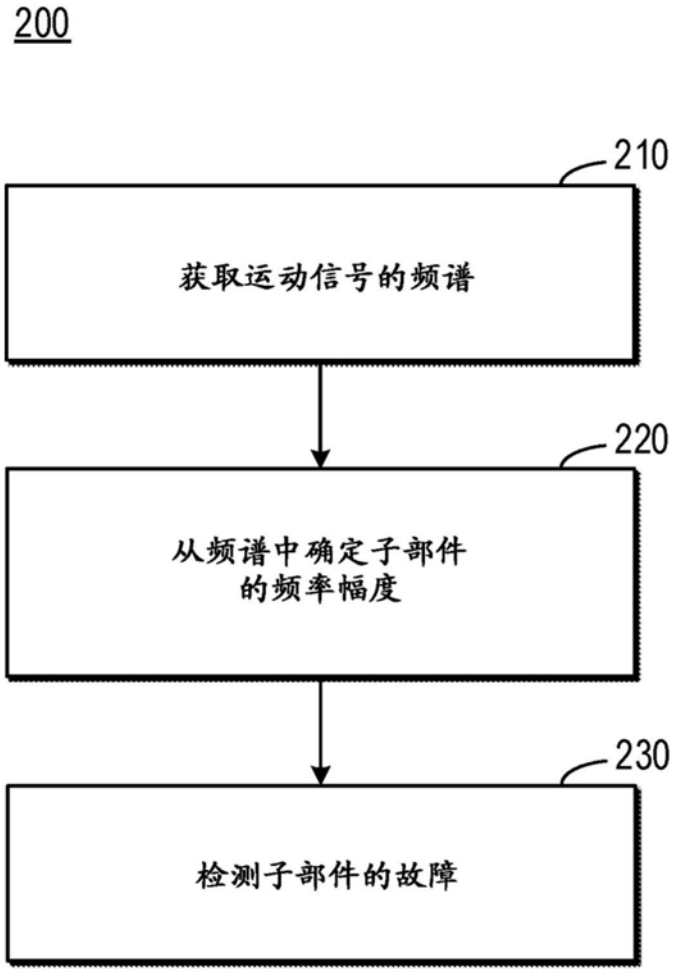


图2

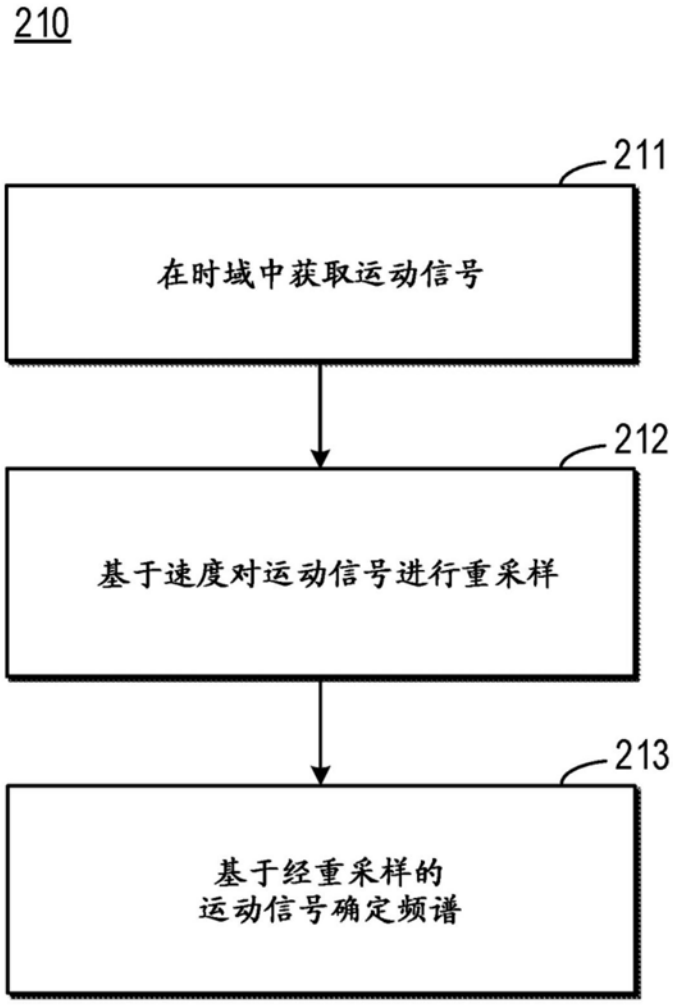

210
211
在时域中获取运动信号
212
基于速度对运动信号进行重采样
213
基于经重采样的
运动信号确定频谱

图3

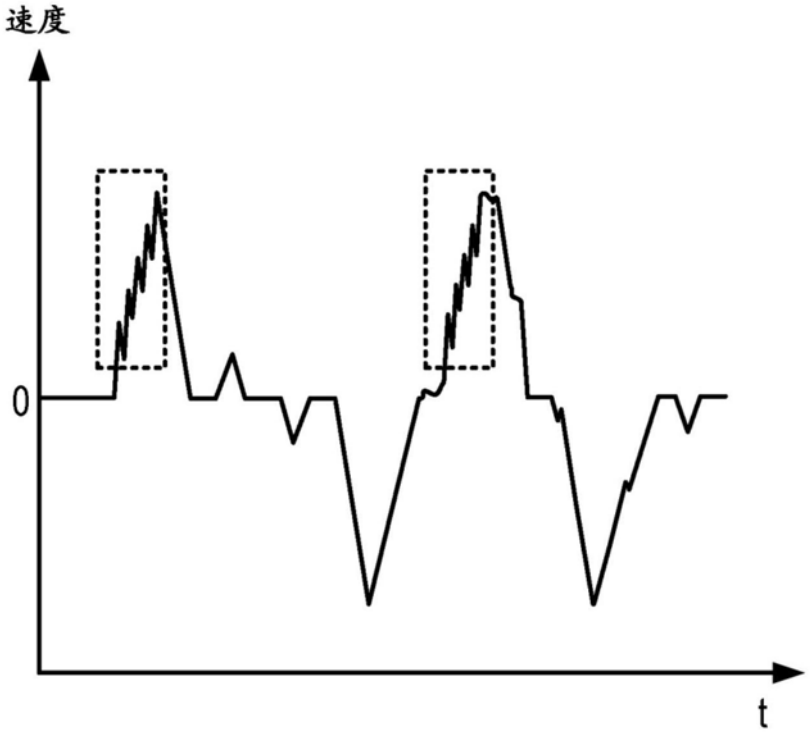


图4

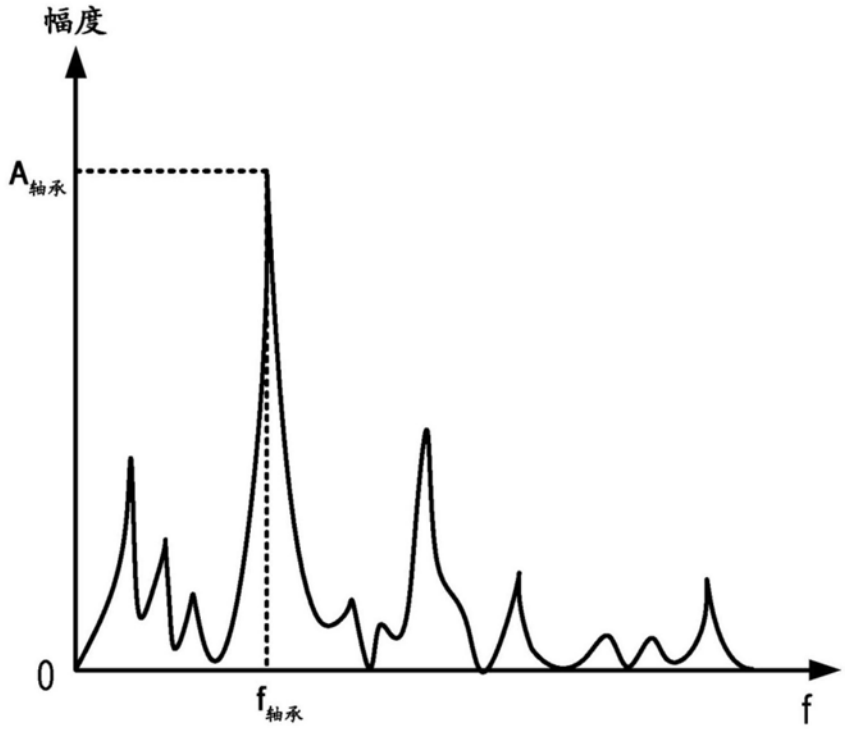


图5