



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102648847 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201210048459. X

(22) 申请日 2012. 02. 28

(30) 优先权数据

2011-041490 2011. 02. 28 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 高桥有亮

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51) Int. Cl.

A61B 5/0245(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0283087 A1, 2005. 12. 22, 全文.

US 2010/0198087 A1, 2010. 08. 05, 全文.

JP 特开 2009-195590 A, 2009. 09. 03, 全文.

US 7648463 B1, 2010. 01. 19, 全文.

US 4537200 A, 1985. 08. 27, 全文.

US 5742694 A, 1998. 04. 21, 全文.

CN 1729933 A, 2006. 02. 08, 全文.

审查员 王兆雨

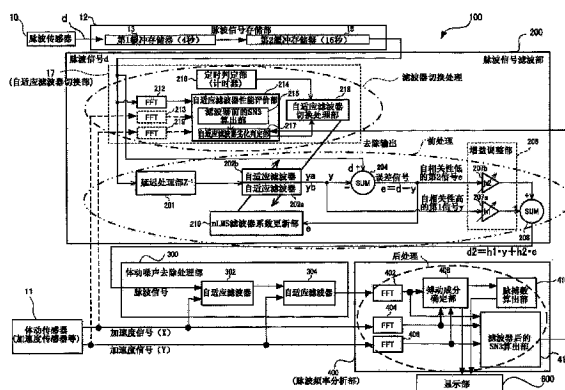
权利要求书2页 说明书17页 附图9页

(54) 发明名称

搏动检测装置

(57) 摘要

本发明提供搏动检测装置,实现能够降低装置的处理负担并执行有效的噪声对策。搏动检测装置(100)包含:脉波传感器(10);脉波信号滤波部(200),其具有自适应地对脉波信号进行滤波且被选择性地使用某一方的第1自适应滤波器(202a)以及第2自适应滤波器(202b)、和在脉波传感器持续动作的第1期间中切换所使用的自适应滤波器的自适应滤波器切换部(17);以及脉波频率分析部(400),自适应滤波器切换部(17)在第1期间中的第1自适应滤波器(202a)持续进行自适应处理的第2期间途中的第1时刻,开始第2自适应滤波器(202b)的自适应处理,在第1时刻之后的时刻且作为第2期间的终点的第2时刻中,从第1自适应滤波器(202a)切换为第2自适应滤波器(202b)。



1. 一种搏动检测装置,其检测来源于被检体搏动的搏动信号,其特征在于,该搏动检测装置包含:

脉波传感器,其输出脉波信号,该脉波信号中混合存在有所述搏动信号与含有来源于所述被检体体动的体动噪声信号的噪声信号;

脉波信号滤波部,其是对所述脉波信号进行滤波的滤波器,该脉波信号滤波部具有:使频率响应特性自适应的第1自适应滤波器以及第2自适应滤波器、和在所述脉波传感器持续动作的第1期间中切换所使用的自适应滤波器的自适应滤波器切换部;

脉波频率分析部,其根据从所述脉波信号滤波部输出的滤波后信号,按照每个规定时间进行频率分析处理来确定表示所述搏动信号的搏动呈现谱,

所述自适应滤波器切换部在所述第1期间中的所述第1自适应滤波器持续进行自适应处理的第2期间途中的第1时刻,开始所述第2自适应滤波器的自适应处理,在第2时刻,执行从所述第1自适应滤波器向所述第2自适应滤波器的切换,该第2时刻是所述第1时刻之后的时刻,且是所述第2期间的终点,

其中,所述搏动呈现谱是作为一定期间的所述搏动信号的FFT结果而获得的频谱中的表示搏动的周期及信号强度的频谱。

2. 根据权利要求1所述的搏动检测装置,其特征在于,

所述自适应滤波器切换部在开始所述第2自适应滤波器的自适应处理时,从滤波器系数已被初始化的状态或所述滤波器系数被设定为所述第2自适应滤波器以前持续动作的期间内一时刻的滤波器系数值的状态起,开始所述自适应处理。

3. 根据权利要求1或2所述的搏动检测装置,其特征在于,

所述自适应滤波器切换部具有对所述第1自适应滤波器的性能进行评价的自适应滤波器性能评价部,

所述第1时刻是由所述自适应滤波器性能评价部评价为所述第1自适应滤波器的性能劣化的时刻。

4. 根据权利要求3所述的搏动检测装置,其特征在于,

所述自适应滤波器性能评价部根据基于信号的频谱算出的指标来评价所述第1自适应滤波器的性能,该信号是所述脉波信号滤波部滤波前的所述脉波信号以及从所述脉波信号滤波部输出的滤波后信号中的至少一方。

5. 根据权利要求4所述的搏动检测装置,其特征在于,

所述指标是将所述搏动呈现谱的谱值与在频率轴上和所述搏动呈现谱相邻出现的左右各一个谱值的总和除以在所观测的整个频带中出现的频谱的总和值而得的指标,

所述自适应滤波器性能评价部通过对根据所述脉波信号滤波部滤波前的所述脉波信号获得的所述指标的第1值与根据从所述脉波信号滤波部输出的滤波后信号获得的所述指标的第2值进行比较,评价所述第1自适应滤波器的性能。

6. 根据权利要求1所述的搏动检测装置,其特征在于,

所述第2时刻是从所述第1时刻起经过规定时间的时刻。

7. 根据权利要求1所述的搏动检测装置,其特征在于,

所述第2时刻是从第3时刻起经过规定的容许时间的时刻,该第3时刻是所述第2期间开始的时刻。

8. 根据权利要求 1 所述的搏动检测装置,其特征在于,
所述脉波信号滤波部具有:
延迟处理部,其使所述脉波信号延迟规定时间;
滤波器系数更新部,其更新所述第 1 自适应滤波器以及所述第 2 自适应滤波器中至少任意一方的系数;以及
减法部,
所述第 1 自适应滤波器以及所述第 2 自适应滤波器中的至少任意一方从所述延迟处理部的输出信号中选择并输出自相关性高的第 1 信号,
所述减法部从所述脉波信号减去所述第 1 信号,生成自相关性比所述第 1 信号低的第 2 信号,并将所述第 2 信号提供给所述滤波器系数更新部,
所述滤波器系数更新部更新所述第 1 自适应滤波器以及所述第 2 自适应滤波器中的至少任意一方的系数,以抑制所述第 2 信号。

搏动检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及搏动检测装置等。

背景技术

[0002] 搏动检测装置是用于检测来源于人体心跳的搏动的装置,例如从来自佩戴在手腕、手掌、手指等上的脉波传感器的信号(脉波信号)中将由于人体的体动影响而产生的信号成分(体动影响信号)作为噪声而去除,来检测来源于心跳的信号(搏动信号)。

[0003] 例如,在专利文献1中记载了佩戴于人的手指或手腕上的类型的脉波传感器。另外,例如,在专利文献2中记载了利用滤波来去除从脉波传感器输出的脉波信号所包含的噪声成分的技术。专利文献2所述的技术是从多个带通滤波器中选择使与表示当时脉搏的频率接近的频率的信号通过的带通滤波器。

[0004] 【专利文献1】日本特开 2005-198829 号公报

[0005] 【专利文献2】日本特开 2007-54471 号公报

[0006] 在专利文献1所述的技术中,将脉波传感器佩戴于人的手指、手掌、手腕等上。手指、手掌、手腕等是在身体中动作特别多的部位。由此,当在这些部位佩戴脉波传感器时,在从脉波传感器输出的脉波信号中会混入很多噪声。例如,佩戴者在使手或手周边的部位运动时,与基于心跳的血流独立地产生其它血流的变化,在脉波传感器所捕捉的信号中混入噪声。

[0007] 另外,例如,当佩戴者将手碰到物体或佩戴者自身的其它身体部位时,与基于心跳的血流变动独立地产生其它血流的变化。因为脉波传感器捕捉该血流变化,所以在脉波传感器输出信号中混入噪声。

[0008] 尤其,手腕型搏动检测装置(佩戴于人等的手腕上的类型的搏动检测装置)与手指型搏动检测装置(佩戴于人等的手指上的类型的搏动检测装置)相比,所获得的脉波信号较弱,所以需要充分的噪声对策。

[0009] 例如,在手腕上集中了尺骨、桡骨等的骨、肌腱和肌肉,肌腱和肌肉的形状由于手指、手、手腕等运动而发生较大变化。此时,产生血流的变化。当观察动脉及静脉的血液流向时,动脉与静脉相比,基于心跳的血流变化表现得更鲜明,由此,在脉波信号中,心跳的节奏也表现得更加明确。在静脉的血流中难以看到心跳的动作。但是,在手腕外侧的皮下组织(浅部位)中动脉血管较少。即,在手腕上动脉较少,另外,动脉大多位于较深的位置。由此,当要用脉波传感器捕捉血流的变化时,与基于心跳的血流变化相比,基于外因的血流变化容易占主导地位。因此,当手动作或者出现对手周边的冲击时,变得不易看到基于心跳的血流变化的可能性较高。

[0010] 另外,专利文献2所述的技术是从多个带通滤波器中选择使与表示当时的脉搏的频率接近的频率的信号通过的带通滤波器。但是,为了实现这样的处理,例如需要在软件上实施多个判断处理,从而增加处理上的负担,另外,使处理所需的时间变长。上述情况还会引起搏动检测装置的大型化以及功耗增大。例如,为了实现大致为手表尺寸的搏动检测装

置,重要的是,降低装置的处理负担及功耗,并且执行有效的噪声对策。

发明内容

[0011] 根据本发明的至少一个方式,例如,可实现能够降低装置的处理负担并且执行有效的噪声对策的搏动检测装置。另外,例如,在将脉波传感器佩戴到手腕外侧(与手表背盖面接触的部位)等难以取得脉波信号的部位上的类型的搏动检测装置中,能够提高表示搏动信号的搏动呈现谱的确定性能。

[0012] (1) 本发明的搏动检测装置的一个方式是检测来源于被检体搏动的搏动信号的搏动检测装置,其包含:脉波传感器,其输出脉波信号,该脉波信号中混合存在有所述搏动信号与含有来源于所述被检体体动的体动噪声信号的噪声信号;脉波信号滤波部,其是对所述脉波信号进行滤波的滤波器,该脉波信号滤波部具有:使频率响应特性自适应的第1自适应滤波器以及第2自适应滤波器、和在所述脉波传感器持续动作的第1期间中切换所使用的自适应滤波器的自适应滤波器切换部;脉波频率分析部,其根据从所述脉波信号滤波部输出的滤波后信号,按照每个规定时间进行频率分析处理来确定表示所述搏动信号的搏动呈现谱,所述自适应滤波器切换部在所述第1期间中的所述第1自适应滤波器持续进行自适应处理的第2期间途中的第1时刻,开始所述第2自适应滤波器的自适应处理,在第2时刻,执行从所述第1自适应滤波器向所述第2自适应滤波器的切换,该第2时刻是所述第1时刻之后的时刻,且是所述第2期间的终点。

[0013] 自适应滤波器是可根据输入信号使传递函数自适应变化的滤波器、即使频率响应特性自适应的滤波器。自适应滤波器一般作为进行数字信号处理的数字滤波器来安装。为了维持滤波器的期望性能(例如,使输入信号所包含的噪声成分最小化的性能),而使用规定的算法(例如,优化算法)。在规定的算法中,反馈根据滤波后信号而获得的信号,利用基于该算法的自适应处理,滤波器系数自适应变化,结果,自适应滤波器的频率响应特性发生变化。在自适应滤波器持续动作的期间,继续(间断)地进行基于算法的自适应处理,维持自适应滤波器的期望性能。自适应滤波器例如能够像自适应谱线增强器那样构成为获得自相关性高的输出信号的滤波器。由此,在脉波信号中混入突发的变动成分时,可去除该变动成分。

[0014] 但是,自适应滤波器在某种程度的时间内持续动作时,自适应滤波器的性能有时低于期望的水平。这是因为在从脉波传感器输出的脉波信号中混合存在有搏动信号(稳定的成分)和包含来源于被检体体动的体动噪声信号的噪声信号(非稳定的成分)。即,自适应滤波器的性能跟随搏动信号(稳定的成分)进行变化,另一方面,可能还会跟随噪声信号。搏动信号和噪声成分的电平(信号振幅)随时间经过而变动,另外,例如,也可能有突发的非稳定的变动。由此例如,在搏动成分的电平突发性降低、同时噪声成分的电平上升时,自适应滤波器的性能跟随噪声成分进行变化。自适应滤波器基本上从输入信号中选择并输出自相关性高的信号,所以随时间经过,逐渐跟随进行,逐渐使噪声信号也通过。在此情况下,当经过某种程度的时间时,自适应滤波器的性能大幅降低,有时难以恢复到正常的状态。

[0015] 例如,将手表型的搏动检测装置佩戴到被检体的手腕上进行使用,例如为了记录被检体的经时动作状态变化,有时在长时间内持续使用。因此,优选的是,即使在长时间内

持续使用,自适应滤波器的性能也不会降低。

[0016] 因此,在本方式中,设置第 1 自适应滤波器以及第 2 自适应滤波器,自适应滤波器切换部在适当的定时,切换要使用的自适应滤波器。

[0017] 如果在切换后要使用的自适应滤波器的状态是设置了适当的滤波器系数的状态,则切换后的自适应滤波器的性能高于切换前的自适应滤波器的性能,由此,维持适当的自适应处理。

[0018] 但是,仅仅切换自适应滤波器未必能够始终可靠地维持滤波器性能。例如,考虑切换之后的自适应滤波器处于被初始化的状态(滤波器系数都为零)的情况。在此情况下,在进行了某种程度自适应处理(滤波器系数的更新处理)之前的期间中,会产生所有频带的信号都难以通过的倾向。

[0019] 此时,当信号电平比搏动成分信号大的体动噪声成分信号混入时,滤波器有可能适应于体动噪声成分。即,在使滤波器系数初始化的时刻,有时对在脉波信号中最占主导地位的成分信号最早地进行自适应处理。即,例如,在刚刚切换自适应滤波器之后(滤波器初始化的时刻),当外部干扰噪声成分信号占主导地位时,有时难以获得用于确定表示搏动的搏动呈现谱(表示搏动的周期及其信号强度的频谱)的适当的滤波器处理结果。

[0020] 考虑到这点,在本实施方式中,在切换自适应滤波器之前,开始下次使用的滤波器的自适应处理,在自适应处理进行到某种程度的时刻,切换自适应滤波器。在此情况下,切换后的自适应滤波器处于跟随脉波信号所包含的稳定成分(即,相关性高的搏动信号成分)的状态,所以在刚刚切换之后,即使产生非稳定的噪声,也难以切断搏动成分。

[0021] 即,通过切换为预先已进行某种程度自适应处理的自适应滤波器,在进行使用 FFT(高速傅里叶变换)等的频率分析时,错误检测搏动呈现谱的可能性降低。

[0022] 另外,在本方式中,因为使用自适应滤波器,所以不需要使用多个带通滤波器。另外,例如,可通过以软件的方式切换滤波器系数的集合来实现自适应滤波器的切换,装置处理负担的增加较少,另外,装置功耗的增加也不会特别构成问题。

[0023] 由此,根据本方式,例如可实现能够降低装置的处理负担并执行有效的噪声对策的搏动检测装置(例如,能长时间使用的搏动检测装置)。另外,例如,在将脉波传感器佩戴到手腕外侧(与手表背盖面接触的部位)等难以取得脉波信号的部位的类型的搏动检测装置中,可提高搏动呈现谱的确定性能。

[0024] (2) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中,所述自适应滤波器切换部在开始所述第 2 自适应滤波器的自适应处理时,从滤波器系数已被初始化的状态或所述滤波器系数被设定为所述第 2 自适应滤波器以前持续动作的期间内一时刻的滤波器系数值的状态起,开始所述自适应处理。

[0025] 在本方式中可知,从滤波器系数被初始化状态或者被设定为以前持续动作的期间内一时刻中的滤波器系数值的状态起,开始自适应滤波器切换后要使用的自适应滤波器的自适应处理。所谓滤波器系数被初始化的状态,例如是滤波器系数值全为零的状态。从滤波器被初始化的状态起开始自适应处理,如果经过某种程度的时间,则自适应滤波器成为能够跟随搏动成分的状态,在此时刻可切换自适应滤波器。

[0026] 另外,以前持续动作的期间内一时刻中的滤波器系数值例如是切换后要使用的自适应滤波器在以前持续动作时获得的理想的滤波器系数值。这样,例如,可期待缩短预备的

自适应处理（自适应滤波器切换前的预先自适应处理）时间的效果。即，因为自适应滤波器的自适应更快地进行而达到理想状态，所以预先自适应处理的时间可以很短。

[0027] (3) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中，所述自适应滤波器切换部具有对所述第 1 自适应滤波器的性能进行评价的自适应滤波器性能评价部，所述第 1 时刻是由所述自适应滤波器性能评价部评价为所述第 1 自适应滤波器的性能劣化的时刻。

[0028] 在使用中的自适应滤波器的性能较高的情况下，不需要切换自适应滤波器。即，在使用中的自适应滤波器的性能降低征兆出现之后需要切换自适应滤波器。

[0029] 因此，在本方式中，设置自适应滤波器性能评价部来评价使用中的自适应滤波器的性能劣化，从评价为使用中的自适应滤波器劣化的时刻，开始下次使用的自适应滤波器的自适应处理（预先自适应处理）。

[0030] (4) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中，所述自适应滤波器性能评价部根据基于信号的频谱算出的指标来评价所述第 1 自适应滤波器的性能，该信号是所述脉波信号滤波部滤波前的所述脉波信号以及从所述脉波信号滤波部输出的滤波后信号中的至少一方。

[0031] 在本方式中可知，为了评价滤波器性能，利用根据滤波前的脉波信号与从脉波信号滤波部输出的滤波后信号中的至少一个信号的频谱算出的指标。

[0032] 自适应滤波器的性能可根据频谱的分布及主要基线的峰值等进行判定，所以根据滤波器前信号或者滤波器后信号中的至少一方的频率分析结果算出指标，并根据该指标的值来判定滤波器性能的劣化征兆。

[0033] (5) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中，所述指标是将所述搏动呈现谱的谱值与在频率轴上和所述搏动呈现谱相邻出现的左右各一个谱值的总和除以在所观测的整个频带中出现的频谱的总和值而得的指标，所述自适应滤波器性能评价部通过对根据所述脉波信号滤波部滤波前的所述脉波信号获得的所述指标的第 1 值与根据从所述脉波信号滤波部输出的滤波后信号获得的所述指标的第 2 值进行比较，评价所述第 1 自适应滤波器的性能。

[0034] 通过要提取的相关性高的信号成分（搏动成分）的谱值相对于所观测的频带中的全部谱值的总和占多少比例，可判定滤波器性能的劣化征兆。

[0035] 在本方式中，采用将搏动呈现谱的谱值与在频率轴上和搏动呈现谱相邻出现的左右各一个谱值的总和除以在观测的整个频带中出现的频谱的总和值而得的指标，对关于滤波器前信号的指标值（第 1 值）与关于滤波器后信号的指标值（第 2 值）进行比较，由此来判定自适应滤波器的劣化征兆。

[0036] 例如，如果适当执行了滤波处理，则从第 1 值减去第 2 值所得的值（差值）为规定的阈值以上。差值小于阈值的情况意味着滤波器后信号的频谱状态与滤波器前信号的频谱状态之差较小，在此情况下，可评价为自适应滤波器的性能劣化。

[0037] (6) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中，所述第 2 时刻是从所述第 1 时刻起经过规定时间的时刻。

[0038] 在本方式中，在开始下次使用的自适应滤波器的预先自适应处理之后，在已经过规定时间的时刻，切换自适应滤波器。在开始预先自适应处理之后，如果经过某种程度的时间，则可视为切换后要使用的自适应滤波器已进行某程度的自适应、用于自适应滤波器切

换的准备完成。另外,下次使用的自适应滤波器进行预先自适应处理的期间是第 1 自适应滤波器与第 2 自适应滤波器一起动作的期间,所以当该期间延长到超出必要程度时,无谓的功耗增大。由此,在已经过用于准备自适应滤波器切换的规定期间的时刻,进行自适应滤波器的切换。

[0039] (7) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中,所述第 2 时刻是从第 3 时刻起经过规定的容许时间的时刻,该第 3 时刻是所述第 2 期间开始的时刻。

[0040] 在本方式中,以当前使用的自适应滤波器持续动作的开始时刻为基准来决定切换自适应滤波器的时刻(自适应滤波器切换定时)。

[0041] 例如,可以在当前使用的自适应滤波器开始持续动作之后经过规定的容许时间时,例如与有无自适应滤波器的劣化征兆或是否经过预先自适应处理所需的时间等无关地切换自适应滤波器。在此情况下,当使用中的自适应滤波器的累积使用时间达到规定的容许时间时,切换自适应滤波器,所以能够在自适应滤波器的性能大幅劣化以前,可靠地切换自适应滤波器。另外,根据本方式,例如,即使由于某些理由而错过确认自适应滤波器的劣化征兆时,也能够可靠地切换自适应滤波器。由此,不会产生未切换自适应滤波器而持续使用的时间超过容许时间并延长的情况。

[0042] (8) 在本发明的搏动检测装置的其它方式中,所述脉波信号滤波部具有:延迟处理部,其使所述脉波信号延迟规定时间;滤波器系数更新部,其更新所述第 1 自适应滤波器以及所述第 2 自适应滤波器中至少任意一方的系数;以及减法部,所述第 1 自适应滤波器以及所述第 2 自适应滤波器中的至少任意一方从所述延迟处理部的输出信号中选择并输出自相关性高的第 1 信号,所述减法部从所述脉波信号减去所述第 1 信号,生成自相关性比所述第 1 信号低的第 2 信号,并将所述第 2 信号提供给所述滤波器系数更新部,所述滤波器系数更新部更新所述第 1 自适应滤波器以及所述第 2 自适应滤波器中的至少任意一方的系数,以抑制所述第 2 信号。

[0043] 在本方式中,脉波信号滤波部具有:延迟处理部、自适应滤波器、滤波器系数更新部和减法部。具有这些结构的部分有时被称为自适应谱线增强器。滤波器系数更新部更新滤波器系数,以抑制(例如最小化)从减法部输出的第 2 信号(是相关性低的信号,有时被称为误差信号)。

[0044] 根据本方式,能够在适当的定时切换自适应滤波器。由此,即使在进行长时间的连续测量时,也能够将自适应滤波器的性能维持在适当的水平。由此能够降低搏动检测的失败及错误检测的产生。

[0045] 这样,根据上述本发明方式的至少一个,例如,可通过在适当的定时切换构成脉波信号滤波部的自适应滤波器,来将自适应滤波器的性能维持在适当的水平。另外,例如,因为有效地利用自适应滤波器,所以能够简化滤波器结构,另外,比较容易切换自适应滤波器,因此,可实现能够降低装置的处理负担并执行有效的噪声对策的搏动检测装置。

附图说明

[0046] 图 1 是示出本发明的搏动检测装置的一例的结构图。

[0047] 图 2(A) ~ (C) 是示出脉波传感器和搏动检测装置的结构的一例的图。

[0048] 图 3(A) 以及图 3(B) 是示出自适应滤波器的切换处理的定时和切换滤波器的结构

的一例的图。

[0049] 图 4 是示出滤波器的切换处理的定时的具体例的时序图。

[0050] 图 5 是示出自适应滤波器的切换处理的顺序例的流程图。

[0051] 图 6 是示出自适应滤波处理（前处理）和频率分析处理（后处理）的顺序的一例的流程图。

[0052] 图 7 是示出采用 SN3(S/N 指标)的滤波器劣化征兆判断的一例的图。

[0053] 图 8(A) ~ 8(C) 是示出实际处理中的脉波信号波形和由 FFT 获得的频谱的一例的图。

[0054] 图 9(A) 以及图 9(B) 是示出确认执行自适应滤波器切换时的例子及不执行自适应滤波器切换时的例子（比较例）各自中的 S/N 指标 (SN3) 的与时间经过对应的变动而得到的结果的图。

[0055] 标号说明

[0056] 10 脉波传感器 ;11 体动传感器（加速度传感器、陀螺仪传感器等）;12 脉波信号存储部 ;17 自适应滤波器切换部 ;100 搏动检测装置 ;200 脉波信号滤波部 ;202a、202b 第 1 自适应滤波器以及第 2 自适应滤波器 ;214 自适应滤波器性能评价部 ;215 滤波器前的 SN3 算出部 ;217 自适应滤波器劣化判定部 ;218 自适应滤波器切换处理部 ;300 体动噪声去除处理部 ;400 脉波频率分析部 ;600 显示部。

具体实施方式

[0057] 以下,说明本实施方式。此外,以下说明的本实施方式不对权利要求书所述的本发明内容进行不当限定。另外,在本实施方式中说明的全部结构并非是本发明的必须构成要件。

[0058] （第 1 实施方式）

[0059] （整体结构例）

[0060] 图 1 是示出本发明的搏动检测装置的一例的结构图。图 1 所示的搏动检测装置 100 是一种检测来源于被检体（包含人、动物）搏动的搏动信号、与搏动信号对应的心跳等生物体信息等的传感器装置。

[0061] 这里,所谓搏动,是指在医学上反复心脏以及内脏一般的周期性收缩、弛缓时引起的运动。这里,将心脏作为周期性输送血液的泵的动作称为搏动。此外,所谓心跳数,是 1 分钟的心脏搏动数。另外,脉搏数是末梢血管中的脉动数。在心脏送出血液时,因为在动脉中产生脉动,所以将累计该次数所得的数称为脉搏数或简称为脉搏。如果利用手臂来测量脉搏,在医学上通常不称为心跳数而是称为脉搏数。另外,在以下的说明中,使用体动这样的用语。所谓体动,在广义中表示所有使身体动作的情况（广义的体动）。另外,可以将被检体的稳定（周期性）体动称为狭义的体动。例如,与步行 / 慢跑等相伴的稳定的、周期性的手臂（脉搏计的佩戴部位附近）动作相当于狭义的体动。

[0062] 图 1 所示的搏动检测装置 100 具备 :脉波传感器 10、脉波信号存储部（具有存储 4 秒钟的脉波信号 d 的数据的第 1 缓冲存储器 13 以及存储 16 秒钟的脉波信号 d 的数据的第 2 缓冲存储器 15）12、包含自适应滤波器切换部 17 的脉波信号滤波部 200、体动传感器（加速度传感器、陀螺仪传感器等）11、体动噪声去除处理部 300、脉波频率分析部 400 和显示检

测结果等的显示部（包含液晶面板等）600。

[0063] 脉波传感器 10 例如是光电脉波传感器以及基于其原理的脉波传感器。脉波传感器 10 输出混合存在有搏动信号与包含来源于被检体（人或动物）体动的体动噪声信号的噪声信号的脉波信号 d。

[0064] 这里，脉波信号 d 例如包含搏动成分信号（稳定成分或周期成分）、体动噪声成分（稳定或周期的成分）和外部干扰噪声成分（冲击噪声等的非稳定或非周期成分）。

[0065] 从脉波传感器 10 输出的脉波信号 d 的 4 秒钟的信号被存储到第 1 缓冲存储器 13 中。4 秒钟的脉波信号 d 按照 4 秒周期被传送到第 2 缓冲存储器 15。第 2 缓冲存储器 15 是 FIFO（先进先出）存储器，16 秒钟的脉波信号以 4 秒为单位进行更新。存储 16 秒钟的脉波信号是因为在通过频率分析确定搏动成分时需要以某种程度的时间幅度观测信号的推移并慎重地研究有无相关性等。

[0066] 脉波信号滤波部 200 是一种当在输入信号中包含稳定的频率成分和其它非稳定的成分时能够对它们进行分离和输出的自适应滤波器。

[0067] 脉波信号滤波部 200 具备：使脉波信号延迟规定时间（这里是 1 个采样时间）的延迟处理部 201；从延迟处理部 201 的输出信号中选择并输出自相关性高的第 1 信号 y、并且被选择性地使用一个的第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b；更新各个自适应滤波器 202a、202b 的系数的滤波器系数更新部（nLMS 滤波器系数更新部）210；从脉波信号 d 减去第 1 信号 y（具体地说是 y_a 、 y_b ）生成自相关性比第 1 信号 y（ y_a 、 y_b ）低的第 2 信号 e（ $= d - y$ ： $e_a = d - y_a$ 或者 $e_b = d - y_b$ ）、并将第 2 信号 e 提供（反馈）给滤波器系数更新部（nLMS 滤波器系数更新部）210 的减法部 204。

[0068] 此外，包含延迟处理部 201、第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 和滤波器系数更新部（nLMS 滤波器系数更新部）210 的功能块有时被称为自适应谱线增强器。此外，所谓自适应谱线增强器，例如是具有如下功能的自适应滤波器（或者自适应滤波部）：在输入信号中含有稳定的频率成分（相关性高的成分）和其它非稳定的成分（相关性低的成分）时，分离各个成分并进行输出。

[0069] nLMS 滤波器系数更新部 210 自适应地更新自适应滤波器的系数（这里是归一化最小均方系数（nLMS 系数）），以抑制第 2 信号 e 的值（例如，使其最小化）。针对各个自适应滤波器 202a、202b 独立地进行滤波器系数的更新。即，从第 1 自适应滤波器 202a 输出第 1 信号 y_a ，从第 2 自适应滤波器 202b 输出第 1 信号 y_b 。减法部 204 通过从脉波信号 d 减去第 1 信号 y_a 来算出第 2 信号 $e_a (= d - y_a)$ ，另外，通过从脉波信号 d 减去第 1 信号 y_b 来算出第 2 信号 $e_b (= d - y_b)$ 。第 1 自适应滤波器 202a 的滤波器系数根据第 2 信号 e_a 进行更新。另外，第 2 自适应滤波器 202b 的滤波器系数根据第 2 信号 e_b 进行更新。

[0070] 此外，为了便于说明，以下，将来自使用中的自适应滤波器的第 1 信号简记 y，将第 2 信号简记为 e。另外，在图 1 中，减法部 204 的输入信号以及输出信号也使用同样的表述。

[0071] 另外，将第 1 信号 y 以及第 2 信号 e（ $= d - y$ ）分别与增益系数 h_1 、 h_2 相乘（由增益调整部 206 所包含的系数乘法器 207a、207b 执行此处理），然后，利用加法部 208 对两个信号进行相加。例如，设定为 $h_1 \geq 1.0$ ，并设定为 $h_2 < 1.0$ 。由此，能够减轻冲击的影响并且能够提高对搏动成分及体动成分突然变化的跟随性。例如，当安静中的脉搏为 60 的人开始快节奏的慢跑而脉搏迅速上升到 150 时，如果自适应滤波器 202 的跟随性慢于脉搏的上

升,则自适应滤波器 202 有可能会切断突然上升的心跳成分的信号。能够排除这种情况。

[0072] 第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b(在以下的说明中有时将它们称为各个自适应滤波器)能够根据输入信号使传递函数自适应地变化,即能够使频率响应特性自适应。

[0073] 第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 一般作为进行数字信号处理的数字滤波器安装。为了维持自适应滤波器的期望性能(例如,使输入信号所包含的噪声成分最小化的性能),使用规定的算法(例如,优化算法)。在规定的算法中,反馈根据滤波后的信号而获得的信号,通过基于该算法的自适应处理,使滤波器系数适当地变化,结果,自适应滤波器的频率响应特性发生变化。

[0074] 在脉波传感器 10 持续动作的期间(即,持续输出所采样的脉波信号 d 的期间),中,继续(间断)地进行算法的自适应处理,维持第 1 自适应滤波器 202a 或第 2 自适应滤波器 202b 的期望性能。

[0075] 但是,当任意的自适应滤波器在某种程度的时间中持续动作时,有时自适应滤波器的性能低于期望的水平。这是因为在从脉波传感器 10 输出的脉波信号 d 中混合存在有搏动信号(稳定的成分)和包含来源于被检体体动的体动噪声信号的噪声信号(非稳定的成分)。即,自适应滤波器 202 的性能跟随搏动信号(稳定的成分)进行变化,另一方面,可能还跟随噪声信号。搏动信号和噪声成分的电平(信号振幅)随着时间经过而变动,另外,例如,还可能有突发的且非稳定的变动。由此,例如在搏动成分的电平突发性降低、同时噪声成分的电平上升的情况下,自适应滤波器 202 的性能跟随噪声成分进行变化。自适应滤波器 202 基本上从输入信号中选择自相关性高的信号进行输出,所以随着时间经过,逐渐跟随于噪声,逐渐使噪声信号也通过。在此情况下,当经过某种程度的时间时,使用中的自适应滤波器的性能大幅降低,有时难以恢复到正常的状态。

[0076] 因此,在本实施方式中,自适应滤波器切换部 17 在适当的定时,执行将第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 内的、使用中的一方的自适应滤波器切换为另一方的自适应滤波器的处理(自适应滤波器切换处理)。

[0077] 如果在切换后使用的自适应滤波器的状态是已设定了适当的滤波器系数的状态,则切换后的自适应滤波器的性能高于切换前的自适应滤波器的性能,由此能够维持适当的自适应处理。

[0078] 但是,仅仅切换自适应滤波器未必能够始终可靠地维持自适应滤波器性能。例如,考虑刚刚切换之后的自适应滤波器处于被初始化的状态(滤波器系数都为零)的情况。在此情况下,在进行某种程度的自适应处理(滤波器系数的更新处理)之前的期间中,会产生所有频带的信号都难以通过的倾向。

[0079] 此时,如果混入了信号电平比搏动成分信号大的体动噪声成分信号,则自适应滤波器有可能适应于体动噪声成分。即,在使滤波器系数初始化的时刻,有时对在脉波信号中最占主导地位的成分信号最早地进行自适应处理。即,例如,在刚刚切换自适应滤波器之后(滤波器初始化的时刻),如果外部干扰噪声成分信号占主导地位,则有时难以获得用于确定搏动呈现谱的适当的滤波处理结果。

[0080] 考虑到这点,在本实施方式中,在切换自适应滤波器之前,开始接下来要使用的滤波器的自适应处理,在自适应处理进行到某种程度的时刻,切换自适应滤波器。

[0081] 即,自适应滤波器切换部 17 在脉波传感器 10 持续动作的第 1 期间中的、第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 中的任意一方的自适应滤波器持续进行自适应处理的第 2 期间途中的第 1 时刻,开始另一方的自适应滤波器的自适应处理。然后,在第 2 时刻,切换要使用的自适应滤波器,该第 2 时刻是第 1 时刻之后的时刻,且是第 2 期间的终点。

[0082] 优选的是,在开始另一方的自适应滤波器的自适应处理的时刻(第 1 时刻),该自适应滤波器处于滤波器系数已初始化的状态、或者被设定为以前持续动作期间内的一时刻中的滤波器系数值的状态。这里,所谓滤波器系数已初始化的状态,例如是滤波器系数值都为零的状态。从滤波器已初始化的状态开始自适应处理,如果经过某程度的时间,则自适应滤波器成为能够跟随搏动成分的状态,可在此时刻(第 2 时刻)切换自适应滤波器。

[0083] 另外,以前持续动作期间内的一时刻中的滤波器系数值例如是切换后要使用的自适应滤波器在以前持续动作时获得的理想的滤波器系数值。这样,例如可期待缩短预备的自适应处理(滤波器切换前的预先自适应处理)的时间的效果。即,由于滤波器的自适应更快地进行而进入理想状态,因此预先自适应处理的时间可以很短。即,能够使第 2 时刻到来的定时提前。在后面对于自适应滤波器切换处理进行详细叙述。

[0084] 切换后的自适应滤波器在切换时刻是在某种程度的时间内进行了动作(即,进行了预先自适应处理)的状态,是跟随脉波信号 d 所包含的稳定成分(即,相关性高的搏动信号成分)的状态。由此,在刚刚切换之后,即使产生非稳定的噪声,也难以切断搏动成分。

[0085] 即,通过切换为预先已进行某种程度的自适应处理的滤波器,由此在进行使用 FFT(高速傅里叶变换)等的频率分析的情况下,可降低错误检测表示搏动的搏动呈现谱(表示搏动的周期及其信号强度的频谱)的可能性。

[0086] 如图 1 所示,自适应滤波器切换部 17 优选具有:执行 FFT(高速傅里叶变换)的高速傅里叶变换部 212、可根据需要进行设置的高速傅里叶变换部 213、219、自适应滤波器性能评价部 214、定时判定部(计时器)216 和自适应滤波器切换处理部 218。定时判定部(计时器)216 例如以脉搏的测量开始时刻为基准来测量经过时间,管理自适应滤波器的切换定时。

[0087] 高速傅里叶变换部 212 对脉波信号 d 进行高速傅里叶变换。此外,在设有高速傅里叶变换部 213、219 的情况下,高速傅里叶变换部 213 对从体动传感器 11 输出的加速度信号(X 方向成分)进行高速傅里叶变换,高速傅里叶变换部 219 对从体动传感器 11 输出的加速度信号(Y 方向成分)进行高速傅里叶变换。

[0088] 自适应滤波器性能评价部 214 具有滤波器前的 SN3 算出部 215、自适应滤波器劣化判定部 217 和自适应滤波器切换处理部 218。

[0089] 在使用中的自适应滤波器性能较高的情况下,不需要自适应滤波器的切换。即,可以说在使用中的自适应滤波器的性能降低的征兆出现之后需要自适应滤波器的切换。

[0090] 因此,在本实施方式中,设置自适应滤波器性能评价部 214,检测使用中的自适应滤波器性能的劣化征兆,从检测时刻起开始下次要使用的滤波器的自适应处理(预先自适应处理)。

[0091] 为了客观评价自适应滤波器的性能,需要与自适应滤波器性能相关的某些指标。在本实施方式中,利用 S/N 指标(例如,称为 SN3 的指标),该 S/N 指标是根据滤波前的脉波

信号 d 或者从脉波信号滤波部 200 输出的滤波后的信号（包含体动噪声去除后的信号）中的至少一个信号的频谱来算出的。

[0092] 滤波器的性能可根据频谱的分布及主要基线的峰值等进行判定,所以优选根据滤波器前的信号或者滤波器后的信号中的至少一个信号的频率分析结果来算出指标,并根据该指标的值来判定自适应滤波器性能的劣化征兆。

[0093] 这里,所谓 SN3,是用于评价自适应滤波器性能的 S/N 指标,该指标是将搏动呈现谱的谱值与在频率轴上和搏动呈现谱相邻出现的左右各一个谱值的总和除以在所观测的整个频带内出现的频谱的总和而得到的。

[0094] 即,SN3 可通过以下的算式来表示。

[0095] $SN3 = (\text{搏动呈现谱与其左右的 } 1 \text{ 个谱值的总和}) / (\text{所有频率 } 0 \sim 4\text{Hz} \text{ 中的谱值的总和})$ (单位: %)

[0096] 此外,所谓搏动呈现谱,是作为一定期间的搏动成分信号的 FFT 结果而获得的频谱中的表示搏动的周期及其信号强度的频谱。

[0097] 即,可根据要提取的相关性高的信号成分(搏动成分)的谱值相对于所观测的频带中的全部谱值的总和占多少比例来判定自适应滤波器性能的劣化征兆,所以利用 SN3 作为指标。

[0098] 例如,滤波器前的 SN3 算出部 215 算出针对滤波器前的脉波信号(原信号) d 的 SN3。另外,在脉波频率分析部 400 中设置有滤波器后的 SN3 算出部 412,该滤波器后的 SN3 算出部 412 算出针对滤波器后的信号(滤波器后的脉波信号)的 SN3。

[0099] 例如,滤波器前的 SN3 算出部 215 所算出的关于滤波器前信号的指标值(第 1 值)和滤波器后的 SN3 算出部 412 所算出的关于滤波后信号的指标值(第 2 值)被输入到自适应滤波器性能评价部 214 所包含的自适应滤波器劣化判定部 217。自适应滤波器劣化判定部 217 对第 1 值与第 2 值进行比较,判定有无使用中的滤波器的性能劣化征兆。

[0100] 例如,如果适当执行了滤波处理,则从 SN3 的第 1 值减去 SN3 的第 2 值而得的值(即差值)应该是规定的阈值以上。差值小于阈值意味着滤波器后的信号的频谱状态与滤波器前的信号的频谱状态之差较小,在此情况下,自适应滤波器未有效地工作,由此,判定为存在滤波器性能的劣化征兆。即,在此时刻,检测出自适应滤波器的劣化征兆。

[0101] 此外,自适应滤波器的性能评价还可以根据 SN3 的第 1 值或第 2 值(单独的一个)进行评价。即,如果自适应滤波器的性能较高,则 SN3 的值变大,伴随着自适应滤波器的性能降低,SN3 的值变小。因此,例如可通过比较规定的阈值与 SN3 的值来检测滤波器性能的劣化征兆。但如上所述,如果采用比较 SN3 的第 1 值与第 2 值的方法,能够提高自适应滤波器的性能劣化征兆的判定精度。

[0102] 另外,在图 1 中,体动传感器 11 是检测与被检体体动例如步行或慢跑等相伴的稳定的周期性的手臂(脉搏计的佩戴部位附近)动作的传感器,例如,可包含加速度传感器或陀螺仪传感器。

[0103] 另外,体动噪声去除处理部 300 具有体动噪声去除用的第 1 自适应滤波器 302 以及第 2 自适应滤波器 304。体动噪声(体动噪声成分)是表示脉波信号(更正确地说是加法部 208 的输出信号)所包含的由于人类等的稳定运动或动作(体动)而产生的血管容积变化的噪声成分。在佩戴于手臂或手指的脉搏计的情况下,由于步行中或慢跑中的挥臂影

响,在血管中与其挥臂节奏相应地产生容积变化。通过人类进行稳定的动作而成为具有该动作的频率的成分信号。由此可知体动噪声成分与在脉波传感器佩戴部位附近佩戴的加速度传感器所输出的信号波形相关性较高。

[0104] 另外,脉波频率分析部 400 具有:输入体动噪声去除后的脉波信号的高速傅里叶变换部 402;输入来自体动传感器 11 的加速度信号(X 轴方向成分)的高速傅里叶变换部 404;输入来自体动传感器 11 的加速度信号(Y 轴方向成分)的高速傅里叶变换部 406;搏动成分确定部(搏动呈现谱确定部)408 和脉搏数算出部 410。另外,如上所述,脉波频率分析部 400 根据需要还可以具有滤波器后的 SN3 算出部 412。

[0105] 搏动成分确定部(搏动呈现谱确定部)408 针对 FFT 后的 16 秒钟的脉波信号按照每 4 秒进行频率分析,并根据谱值及谱的分布等来研究与以前获得的搏动成分之间的相关性等,确定搏动呈现谱。所谓搏动呈现谱,如上所述,是在作为一定期间的搏动成分信号的 FFT 结果而获得的频谱中表示搏动的周期及其信号强度的频谱。此外,所谓体动呈现谱,是在作为一定期间的体动噪声成分信号的 FFT 结果而获得的频谱中表示体动(例如,步行中的臂振)周期及其信号强度的频谱。

[0106] 脉搏数算出部 410 算出脉搏数。基本上如果频率轴上的搏动呈现谱的位置(频率)固定,则脉搏数与该频谱位置对应,是唯一确定的。

[0107] 滤波器后的 SN3 算出部 412 如上所述那样算出关于滤波后信号的 SN3 的值(第 2 值)。

[0108] 另外,在显示部 600 上可显示表示检测出的脉搏数及搏动的波形、检测出的运动状态、被检体的消耗热量、当前的时刻等。

[0109] 在图 1 所示的搏动检测装置 100 中,在适当的定时,执行第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 的切换。由此,由于自适应滤波器 202 的持续使用,即使滤波器的性能降低(例如,由于噪声成分的跟随占主导地位,从而产生不跟随搏动信号的情况),滤波器切换后的滤波器也能够从理想的适应状态开始自适应处理,结果,可高效地进行自适应以捕捉搏动信号。由此,滤波器性能始终维持在追随搏动信号的理想状态。

[0110] 在图 1 的搏动检测装置 100 中,因为使用自适应滤波器 202,所以不需要使用多个带通滤波器,也不需要根据规定条件来判定采用哪个带通滤波器的输出作为输出信号。另外,可简单地执行自适应滤波器的切换,装置处理负担的增加减少,另外,装置功耗的增加也不会特别构成问题。

[0111] 由此,根据本实施方式,例如可实现能够降低装置的处理负担并且执行有效的噪声对策的搏动检测装置 100(例如,能长时间使用的搏动检测装置 100)。另外,例如,在将脉波传感器 10 佩戴到手腕外侧(与手表背盖面接触的部位)等难以取得脉波信号的部位类型的搏动检测装置中,能够提高搏动呈现谱的确定性能。

[0112] (手表型脉搏计的例子)

[0113] 图 2(A) ~ (C) 是示出脉波传感器和搏动检测装置的结构的一例的图。图 2(A) 示出脉波传感器 10 的一例的剖面构造。图 2(A) 所示的脉波传感器 10 具有:设置在基板 3 背面(下表面)的发光元件 1、透明盖(由透光性材料构成的接触部件)2、光反射拱顶(光反射部)4 和设置在基板 3 正面(上表面)的受光部 5。从发光元件 1 射出的光 R1 到达被检测部位 SA(这里为手腕)中的血管(生物体信息源)0 并反射。血管 0 的容积伴随着搏动

进行周期性变动,所以反射光 R1' 的强度与搏动对应地进行周期性变动。反射光 R1' 在被反射拱顶 4 反射之后入射到受光部 5。受光部 5 将入射光变换为电信号。

[0114] 图 2(B) 示出脉波传感器 10 中的电路结构的一例。发光元件 1 的发光由控制电路 161 进行控制。另外,从受光部 5 输出的受光信号被放大电路 162 放大之后,由 A/D 变换电路 163 变换为数字信号。这样,获得脉波信号 d。

[0115] 图 2(C) 示出手表型脉搏计(内置有本实施方式搏动检测装置)的使用例。脉搏计具有表带 500、显示部 600 和本实施方式的搏动检测装置 100(内置)。在图 2(C) 的例子中,将脉搏计(即搏动检测装置 100)佩戴到作为被检体的人(用户)的左手腕。

[0116] (自适应滤波器的切换处理)

[0117] 图 3(A) 以及图 3(B) 是示出自适应滤波器的切换处理的定时和切换滤波器的结构的一例的图。

[0118] 图 3(A) 示出自适应滤波器的切换处理的定时的一例。在时间轴的上侧示出第 1 自适应滤波器 202a 的动作期间(标注网格图形的部分)。另外,在时间轴的下侧示出第 2 自适应滤波器 202b 的动作期间(标注斜线的部分和灰色的部分)。

[0119] 在时刻 t1,搏动检测装置 100 开始搏动检测处理(即测量处理),其动作持续到时刻 t10。从时刻 t1 到时刻 t10 的第 1 期间 TX 是脉波传感器 10 持续动作的期间。在第 1 期间 TX 中,持续输出混合存在有被检体(这里为人体)的搏动信号和包含来源于体动的体动噪声信号的噪声信号的脉波信号。

[0120] 在时刻 t1,第 1 自适应滤波器 202a 开始动作。下一滤波器的切换定时在时刻 t3 到来。第 1 自适应滤波器 202a 持续进行动作直至时刻 t3。第 2 自适应滤波器 202b 在比作为自适应滤波器切换定时的时刻 t3 提前规定时间的时刻 t2,开始自适应处理(预先自适应处理)。从时刻 t2 到时刻 t3 的第 3 期间 TZ 是第 2 自适应滤波器 202b 进行预先自适应处理的期间。

[0121] 以下,反复同样的动作。此外,TY' 是第 2 自适应滤波器 202b 持续动作的第 2 期间(下一个第 2 期间),TZ' 是第 1 自适应滤波器 202a 进行预先自适应处理的第 3 期间(下一个第 3 期间)。

[0122] 如上所述,下次动作的自适应滤波器的自适应处理开始的定时(时刻 t2、t4、t6、t8) 可以是检测出使用中的自适应滤波器的劣化征兆的时刻。

[0123] 另外,可以在下次要使用的自适应滤波器(在图 3 中记载为次滤波器)的预先自适应处理开始之后,在经过了规定时间的时刻(时刻 t3、t5、t7、t9) 切换自适应滤波器。即,在开始预先自适应处理之后,如果经过某种程度的时间,则视为在切换后要使用的自适应滤波器已进行某种程度的适应、用于自适应滤波器切换的准备已完成。另外,下次要使用的自适应滤波器进行预先自适应处理的期间是第 1 自适应滤波器 202a 与第 2 自适应滤波器 202b 共同动作的期间,所以当该期间增大到超出必要程度时,无谓的功耗增大。由此,优选的是,在经过了用于准备自适应滤波器切换的规定期间的时刻,进行自适应滤波器的切换处理。

[0124] 但这仅为一例。例如还能够以当前使用的自适应滤波器的持续动作的开始时刻为基准来决定切换自适应滤波器的时刻(自适应滤波器切换定时)。例如,能够在从当前使用的自适应滤波器开始持续动作的时刻(图 3(A) 中的时刻 t1、t2、t4、t6、t8) 起经过规定时

间（规定的容许时间）时，例如与自适应滤波器有无劣化征兆或是否经过预先自适应处理所需的时间等无关地切换自适应滤波器。在后面针对这点进行叙述。

[0125] 图 3(B) 是示出切换自适应滤波器的结构的一例的图。第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 例如可由以下部件来实质地构成：数字滤波器（硬件）11，其由 FPGA（现场可编程门阵列）构成；存储器 21，其存储第 1 自适应滤波器 202a 用的滤波器系数集合（数组变量）A30a 和第 2 自适应滤波器 202b 用的滤波器系数集合（数组变量）B30d；以及开关 SW1（由开关控制信号 SEL 进行切换），其用于切换滤波器系数集合（数组变量）A 和滤波器系数集合（数组变量）B。

[0126] 将开关 SW1 切换到 a 端子侧的状态是第 1 自适应滤波器 202a 动作的状态，将开关 SW1 切换到 b 端子侧的状态是第 2 自适应滤波器 202b 动作的状态。

[0127] 在本实施方式中，因为使用自适应滤波器，所以不需要使用多个带通滤波器。另外，例如，可通过以软件的方式切换滤波器系数集合来实现自适应滤波器的切换，所以装置处理负担的增加较少，另外，装置功耗的增加也不会特别构成问题。

[0128] 接着，说明自适应滤波器的切换处理的定时的更具体体的例。图 4 是示出自适应滤波器的切换处理的定时的具体例的时序图。

[0129] 在图 4 中，时刻 t_{10} ~ 时刻 t_{60} 的期间是脉波传感器 10 持续动作的第 1 期间 TX，从时刻 t_{10} 到时刻 t_{40} 是第 1 自适应滤波器 202a 持续动作的第 2 期间（严格地说，第 1 次的第 2 期间）TY，从时刻 t_{30} 到时刻 t_{40} 是下次要使用的第 2 自适应滤波器 202b 进行预先自适应处理的第 3 期间（严格地说，第 1 次的第 3 期间）。

[0130] 在图 4 中，例如将第 1 自适应滤波器 202a 开始动作的时刻（时刻 t_{10} ：第 3 时刻）到经过第 1 时间（例如 10 分钟）的时刻 t_{20} 作为不需要切换第 1 自适应滤波器 202a 的期间 TA。期间 TA 能够以时刻 t_{10} 为基准定期地进行设定。

[0131] 另外，将从时刻 t_{20} 到经过第 2 时间（例如 5 分）的时刻 t_{50} 作为可切换自适应滤波器的期间 TB。

[0132] 时刻 t_{50} 是强制性切换自适应滤波器的定时（极限时刻）。该时刻 t_{50} 是当前使用的自适应滤波器即第 1 自适应滤波器 202a 从开始持续动作的时刻 t_{10} 起经过了规定容许时间的时刻。在本实施方式中，例如在该时刻 t_{50} 与有无自适应滤波器的劣化征兆或是否经过预先自适应处理所需的时间等无关地切换自适应滤波器。

[0133] 这样，当使用中的自适应滤波器（这里是第 1 自适应滤波器 202a）的累积使用时间达到规定容许时间时切换自适应滤波器，所以能够在自适应滤波器的性能大幅劣化之前，可靠地切换自适应滤波器。另外，例如，即使在由于某些原因而错过确认自适应滤波器的劣化征兆的情况下，也能够可靠地切换自适应滤波器。由此，不会发生不切换自适应滤波器而持续使用的时间超过容许时间并延长的情况。

[0134] 另外，从时刻 t_{10} 到时刻 t_{50} 的期间 TC 是在不切换的情况下使用中的滤波器即第 1 自适应滤波器 202a 可使用的最大期间。

[0135] 另外，时刻 t_{20} 是判断使用中的自适应滤波器即第 1 自适应滤波器 202a 的性能劣化征兆的最初定时。另外，时刻 t_{30} （第 1 时刻）是判断为在第 1 自适应滤波器 202a 中存在劣化征兆的最初定时。

[0136] 在时刻 t_{30} （第 1 时刻），开始下次使用的自适应滤波器即第 2 自适应滤波器 202b

的预先自适应处理。时刻 t_{40} (第 2 时刻) 是从时刻 t_{30} (第 1 时刻) 起经过规定时间、且下次使用的自适应滤波器即第 2 自适应滤波器 202b 的准备完成的时刻。

[0137] 从时刻 t_{30} (第 1 时刻) 到时刻 t_{40} (第 2 时刻) 的第 3 期间 TZ 是持续第 2 自适应滤波器 202b 的预先自适应处理的期间。

[0138] 在时刻 t_{40} (第 2 时刻), 作为第 1 自适应滤波器 202a 持续动作的期间的第 2 期间 TY 结束, 在此时刻, 实际使用的滤波器从第 1 自适应滤波器 202a 切换为第 2 自适应滤波器 202b。

[0139] 下次使用的自适应滤波器即第 2 自适应滤波器 202b 在刚刚自适应滤波器切换之后已经成为理想状态, 所以进行自适应以捕捉搏动信号。由此, 在本实施方式中, 可将实际使用的自适应滤波器的性能持续维持在理想水平。

[0140] 此外, 例如, 可利用定时判定部 (计时器) 216 (参照图 1) 简单地管理时刻 $t_{10} \sim$ 时刻 t_{50} 的各个定时, 容易实现。

[0141] (关于自适应滤波器切换处理的具体处理顺序的例子)

[0142] 图 5 是示出自适应滤波器的切换处理的顺序例的流程图。首先, 取得 16 秒钟的相当于 256 个样本的信号 (脉波信号数据等) (步骤 ST1)。接着, 判定是否是可切换自适应滤波器的期间 (步骤 ST2)。不过也可以省略该步骤 ST2。在判定为不是可切换自适应滤波器的期间时 (步骤 ST2: 否), 使处理转移到后述的步骤 ST10。

[0143] 接着, 在判定为是可切换自适应滤波器的期间时 (步骤 ST2: 是), 判断是否存在当前使用的自适应滤波器的劣化征兆 (步骤 ST3)。在此判断中, 如上所述, 例如可采用检测根据 SN3 算出的值是否是阈值以下的方法。

[0144] 当检测出自适应滤波器的劣化征兆时 (步骤 ST3: 是), 判定下次使用的自适应滤波器的自适应处理是否已经开始 (步骤 ST4), 如果没有开始 (步骤 ST4: 否), 则开始下次使用的自适应滤波器的自适应处理。下次使用的自适应滤波器为已初始化的状态或者以前的理想时刻的状态, 从该状态起开始预先自适应处理 (步骤 ST5)。

[0145] 此外, 在步骤 ST3 中为“否”时和在步骤 ST4 中为“是”时, 进入步骤 ST6。

[0146] 在步骤 ST6 中, 判断是否已达到强制性切换自适应滤波器的时刻即极限时刻。例如, 判断使用中的自适应滤波器的累积使用时间是否已达到与容许期间 TC 相当的时间。但是, 可省略该步骤 ST6。

[0147] 在步骤 ST6 中为“否”时, 判断下次使用的自适应滤波器的准备是否完成 (步骤 ST7)。例如, 当预先自适应处理的时间达到与第 3 期间 TZ 相当的时间时, 判断为准备完成 (待机 OK)。

[0148] 在步骤 ST6、步骤 ST7 中为“是”时, 执行滤波器的切换处理 (步骤 ST8), 使定时判定部 (计时器) 216 的时间计数复位并重新开始时间的计数 (步骤 ST9)。接着, 进入下一处理 A。另外, 在步骤 ST6、步骤 ST7 中为“是”时, 也进入下一处理 A。

[0149] 接着, 说明自适应滤波处理 (在频率分析前由脉波信号滤波部 200 执行的前处理) 和由脉波频率分析部 400 进行的频率分析处理 (后处理) 的顺序。

[0150] 图 6 是示出自适应滤波处理 (前处理) 和频率分析处理 (后处理) 的顺序一例的流程图。在前处理中, 首先利用延迟处理部 201 使脉波信号 d 延迟 (步骤 ST10)。接着, 判定已处理的数据数是否达到所有样本数 (步骤 ST11), 在没有达到的情况下 (步骤 ST11:

是),进行第1自适应滤波器202a或第2自适应滤波器202b的处理,输出自相关性高的信号即第1信号(稳定的成分)y(步骤ST12)。接着,通过从脉波信号d中减去第1信号y来输出自相关性低的信号e(步骤ST13)。此外,在步骤ST11中,当判定为已处理的数据数达到所有样本数时(步骤ST11:否),使处理转移到后述的步骤ST19。

[0151] 在步骤ST13之后,判定在采样区间内的脉波信号中是否检测出过大振幅(步骤ST14)。当检测出过大振幅时(步骤ST14:是),施加了冲击噪声的可能性较高,所以选择冲击检测模式的增益系数(例如, $h_1 = 1.2$, $h_2 = 0$),根据所选择的增益系数来算出输出值(步骤ST15)。然后,返回步骤ST11,继续进行处理。

[0152] 在步骤ST14中没有检测出过大振幅时(步骤ST14:否),判定在最后检测到过大振幅之后是否在一定期间内没有检测出过大振幅(步骤ST16),如果没有检测出(步骤ST16:是),则执行自适应滤波器系数更新处理(步骤ST17)。在步骤ST16中,当判定为在最后检测到过大振幅之后一定期间内检测出过大振幅时(步骤ST16:否),使处理转移到步骤ST15。在步骤ST17之后,选择通常模式的增益系数(例如, $h_1 = 1.0$, $h_2 = 0.5$),根据所选择的增益系数来算出输出值(步骤ST18)。然后,返回步骤ST11,继续进行处理。

[0153] 接着,说明后处理的顺序。首先,取得滤波后的信号和加速度信号等(体动信号)(步骤ST19)。接着,执行体动噪声去除处理部300(参照图1)的体动去除自适应滤波处理(步骤ST20)。

[0154] 接着,由脉波频率分析部400执行频率分析处理(步骤ST21)。接着,由脉搏数算出部410算出脉搏数(脉搏值)(步骤ST22)。

[0155] 接着,在步骤ST23中,判定是否已经过4秒钟(脉波信号的采样周期),如果已经过(步骤ST23:是),返回步骤ST2。在步骤ST23中判定为没有经过4秒钟时(步骤ST23:否),在步骤ST23中待机直至判定为经过4秒钟为止。

[0156] (实际的处理例)

[0157] 以下,说明实际的处理例。图7是示出采用SN3的滤波器劣化征兆判断的一例的图。

[0158] 在图7的例子中,根据基于滤波器前脉波信号(原信号)d的SN3的值(第1值)和基于滤波器后信号(滤波器后的脉波信号)的SN3的值(第2值)的比较,来判定滤波器的劣化征兆。更具体地说,当基于滤波器前脉波信号d的SN3的值(第1值)的最近1分钟的平均值(例如简单相加平均值)与基于滤波器后脉波信号的SN3值(第2值)的最近1分钟的值(例如简单相加平均值)之差小于某阈值时,判别为存在滤波器性能劣化的倾向。

[0159] 在图7中用表形式(数据表形式)示出基于滤波器前脉波信号d的SN3值(第1值)的例子、其最近1分钟的平均值的例子、基于滤波器后脉波信号的SN3值(第2值)的例子、其最近1分钟的值(例如简单相加平均值)的例子。

[0160] 在图7的例子中,如数据表所示,以下的关系成立。即, $0.156718 - 0.117115 \approx 0.0396 < 0.04$ 这样的关系成立。

[0161] 这里,0.156718是基于滤波器后脉波信号的SN3值(第2值)的最近1分钟的值(例如简单相加平均值)。0.117115是基于滤波器前脉波信号d的SN3值(第1值)的最近1分钟的平均值。0.0396是各平均值的差值。0.04(即4%)是判定阈值。

[0162] 在此例中,1 分钟的 SN3 的平均值的差值小于 4%,所以判定为自适应滤波器的性能开始劣化。

[0163] 即,如果适当执行了滤波处理,则从第 1 值的平均值减去第 2 值的平均值而得的差值应该是规定的阈值以上。差值小于阈值表示滤波器后信号的频谱状态与滤波器前信号的频谱状态之差较小,在此情况下可推定为滤波器未有效地工作,由此,可判定为存在自适应滤波器性能的劣化征兆。这样,能够高精度地检测使用中的自适应滤波器的劣化征兆。

[0164] 但是,该判定例仅为一例,本发明不限于此。也可以在 3 分钟内连续执行上述判定,当各 SN3 平均值的差(差值)连续规定次数(例如 3 次)低于判定阈值 4%时,判定为存在自适应滤波器的劣化征兆。在此情况下,能够进行更高精度的判定。

[0165] 另外,如上所述,例如还可以不将差值而是将各 SN3 平均值的任一个单独的值与阈值进行比较来判断自适应滤波器的劣化征兆。

[0166] 图 8(A)~图 8(C) 是示出实际处理中的脉波信号波形与通过 FFT 获得的频谱的一例的图。图 8 示出 16 秒的脉波信号的波形(上部)和其 FFT 结果(下部)。另外,在此例中处理的脉波信号是在没有进行步行或慢跑等周期运动时获得的脉波信号。

[0167] 在图 8(A) 的上部波形中,在 16 秒信号的终端部分附近可观察到认为是外部干扰噪声成分的信号混入(用虚线包围所示的部分 A)。在下部的 FFT 结果中,在脉波信号中混合存在有检测对象成分即搏动信号成分 MP1a、和干扰噪声信号成分 SP1a。

[0168] 接着,参照图 8(B)。图 8(B) 示出利用未实施自适应滤波器切换的自适应滤波器对具有图 8(A) 上部所示的波形的脉波信号进行滤波而获得的脉波信号和其 FFT 结果。这里,自适应滤波器是从测量开始起持续动作 40 分钟左右的状态(一边自适应地更新滤波器系数一边进行使用的状态)。但是,没有实施滤波器的切换处理。

[0169] 由图 8(B) 可知,外部干扰噪声成分(噪声信号成分)SP1b 未能完全清除而仍然残留。在图 8(B) 的例子中,因为搏动呈现谱 MP1b 的谱值最大,所以可通过基于各频谱峰值的排序处理(以峰值从大到小的顺序排列多个频谱的处理)等将信号 MP1b 判定为搏动呈现谱。但是,在搏动呈现谱 MP1b 较小的情况下,难以与外部干扰噪声成分(噪声信号成分)SP1b 进行区分,搏动成分的检测失败的可能性变高。

[0170] 接着,参照图 8(C)。图 8(C) 示出利用自适应滤波器 202 对具有图 8(A) 上部所示的波形的脉波信号进行滤波而获得的脉波信号和其 FFT 结果。这里,自适应滤波器 202 是从测量开始持续动作 40 分钟左右的状态(一边自适应地更新滤波器系数一边进行使用的状态),而且以 10 分钟为间隔实施了自适应滤波器的切换。

[0171] 由图 8(C) 可知,通过自适应滤波处理可充分地抑制外部干扰噪声成分 SP1c,另一方面,强调搏动呈现谱 MP1b,由此能够可靠地确定搏动成分。

[0172] 图 8(A) 所示的脉波信号(原信号)中的 S/N 指标(即 SN3) 是 13.8%。图 8(B) 所示的脉波信号(没有自适应滤波器的切换)中的 SN3 是 13.3%,与原信号相比稍微降低。与此相对,图 8(C) 所示的脉波信号(具有自适应滤波器的切换)中的 SN3 是 18.7%,S/N 大幅改善。根据该 S/N 改善的事实,能够以数值的方式来确认切换第 1 自适应滤波器 202a 以及第 2 自适应滤波器 202b 所带来的效果。

[0173] (第 2 实施方式)

[0174] 图 9(A) 以及图 9(B) 是示出确认执行自适应滤波器切换的例子与不执行时的例子

(比较例)中的各个 S/N 指标(即 SN3)的与经过时间对应的变动的结果的图。

[0175] 这里,作为被检体的人佩戴着手表型的脉搏计(即搏动检测装置 100),被检体在步行 20 分钟,利用自适应滤波器对脉波信号进行滤波,然后,针对滤波后的信号算出 S/N 指标(SN3),并在时间轴上绘制其算出结果。

[0176] 在图 9(A)以及图 9(B)中,横轴是时间轴,纵轴是表示 S/N 指标即 SN3 的值(%)的轴。图 9(A)示出从作为被检体的用户开始步行到经过 10 分钟之前的 SN3 的经时变化。另外,图 9(B)示出从经过 15 分钟的时刻到经过 20 分钟之前的 SN3 的经时变化。另外,与本实施方式对应的数据用涂黑的四边形表示,比较例的数据用空白的菱形表示。

[0177] 在从测量开始到经过 10 分钟左右的时刻(图 9(A))的期间在中,在本实施方式与比较例之间,SN3 的值几乎未出现差异。但是,由图 9(B)可知,在经过 15 分钟左右之前,出现明显差异。显然在实施自适应滤波器切换的本实施方式中,SN3 的值整体上变高。

[0178] 由图 9(A)以及图 9(B)证明了:通过在适当的定时切换构成脉波信号滤波部的自适应滤波器 202,可以将实际使用的自适应滤波器的性能始终维持在适当的水平。由此,即使在进行长时间的连续测量的情况下,也能够将自适应滤波器的性能维持在适当的水平。由此,能够降低搏动检测的失败及误检测的产生。

[0179] 另外,例如,因为有效利用了自适应滤波器,所以可简化滤波器结构,另外,容易进行自适应滤波器切换,由此,可实现能够降低装置的处理负担并执行有效的噪声对策的搏动检测装置。

[0180] 此外,虽然如上所述地详细说明了本实施方式,但本领域及技术人员应理解能够进行不实际脱离本发明内容和效果的多种变形。因此,这些变形例全部包含在本发明的范围内。

[0181] 例如,还能够设置 2 个以上的自适应滤波器,以时间分割的方式使用各自自适应滤波器(即,一边适当地切换,一边进行使用)。另外,在说明书或附图中,至少一次与更广义或同义的不同用语共同记载的用语在说明书或附图的任何位置都能够置换为该不同用语。

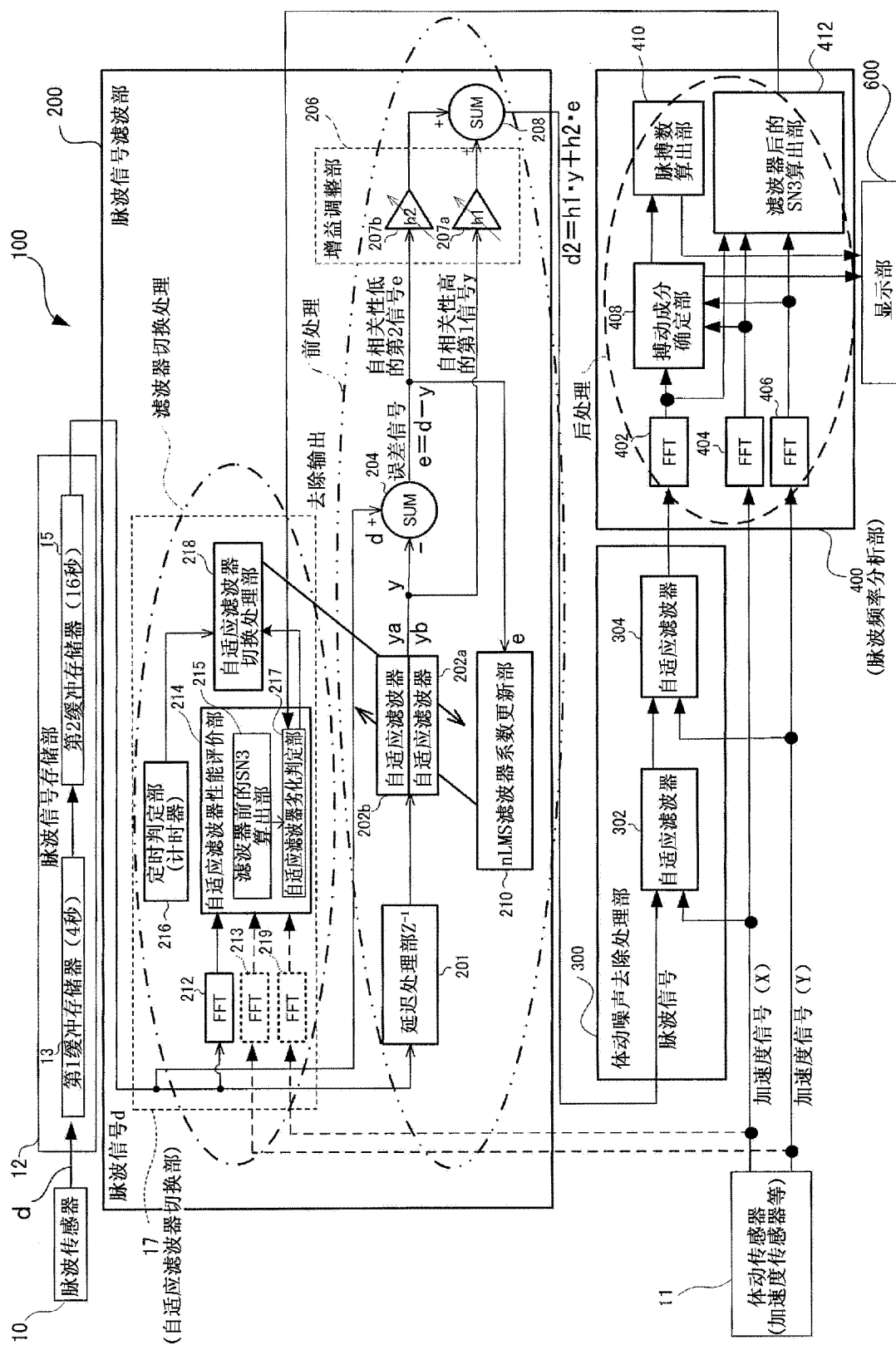
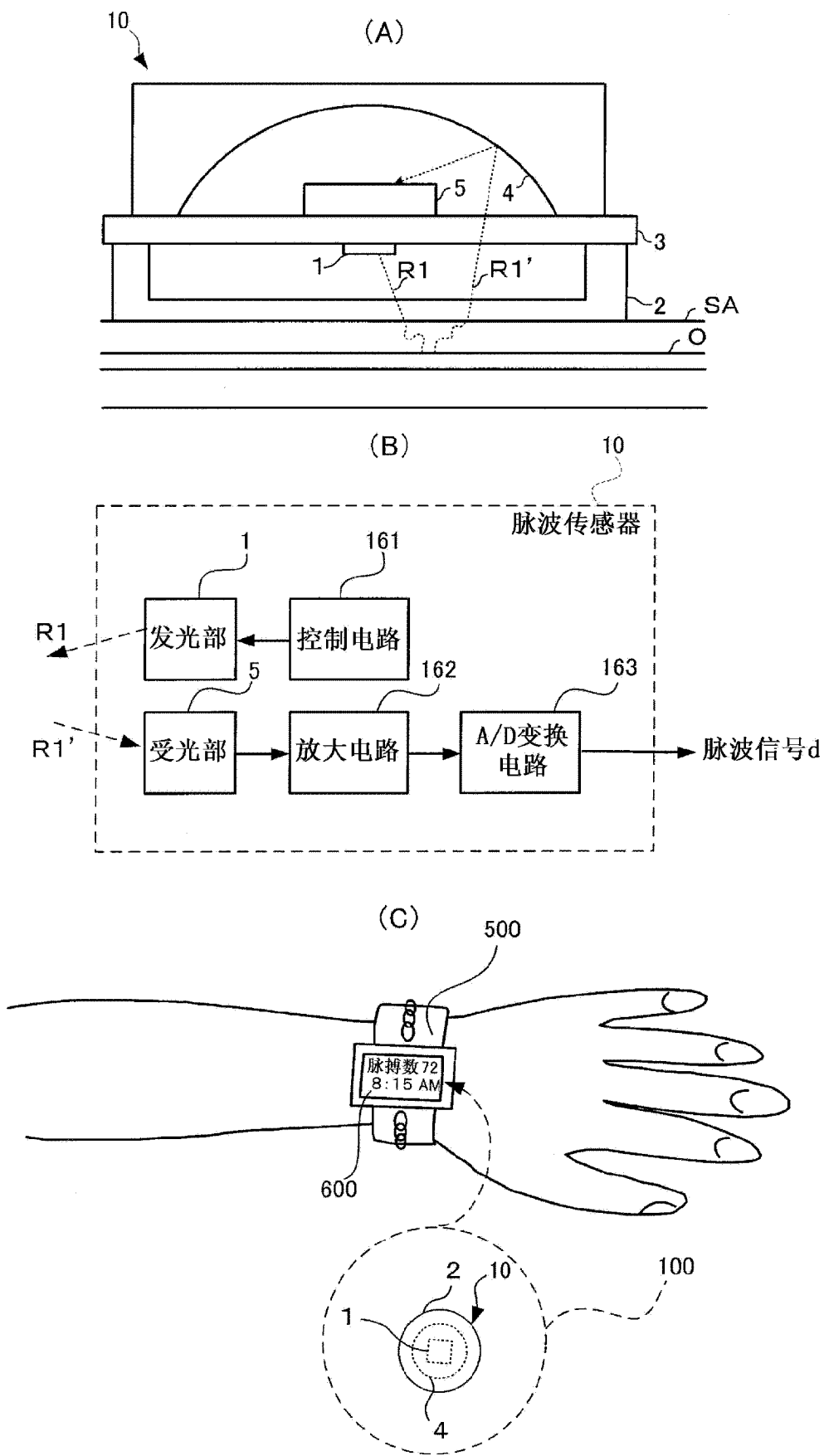


图 1



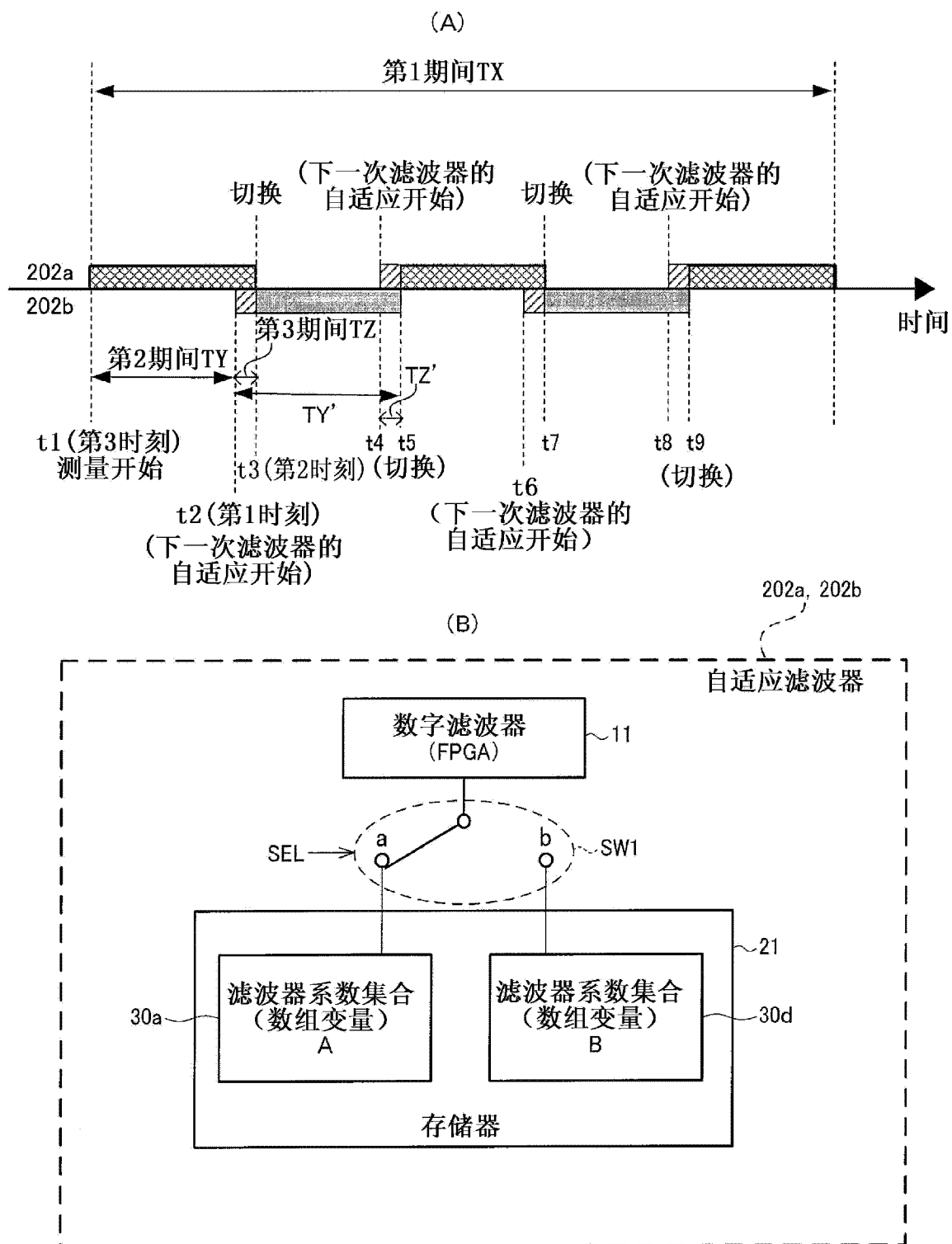


图 3

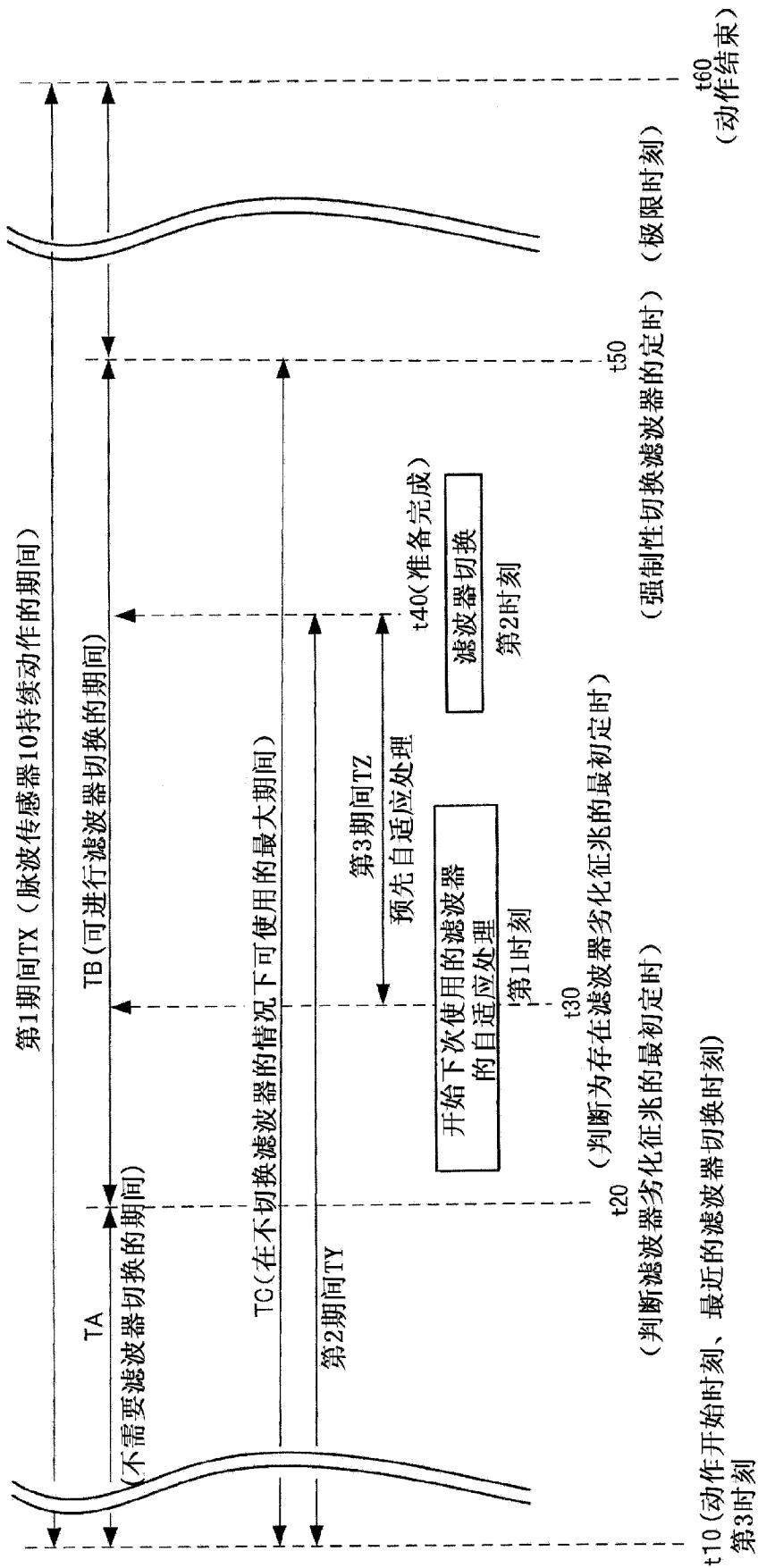


图 4

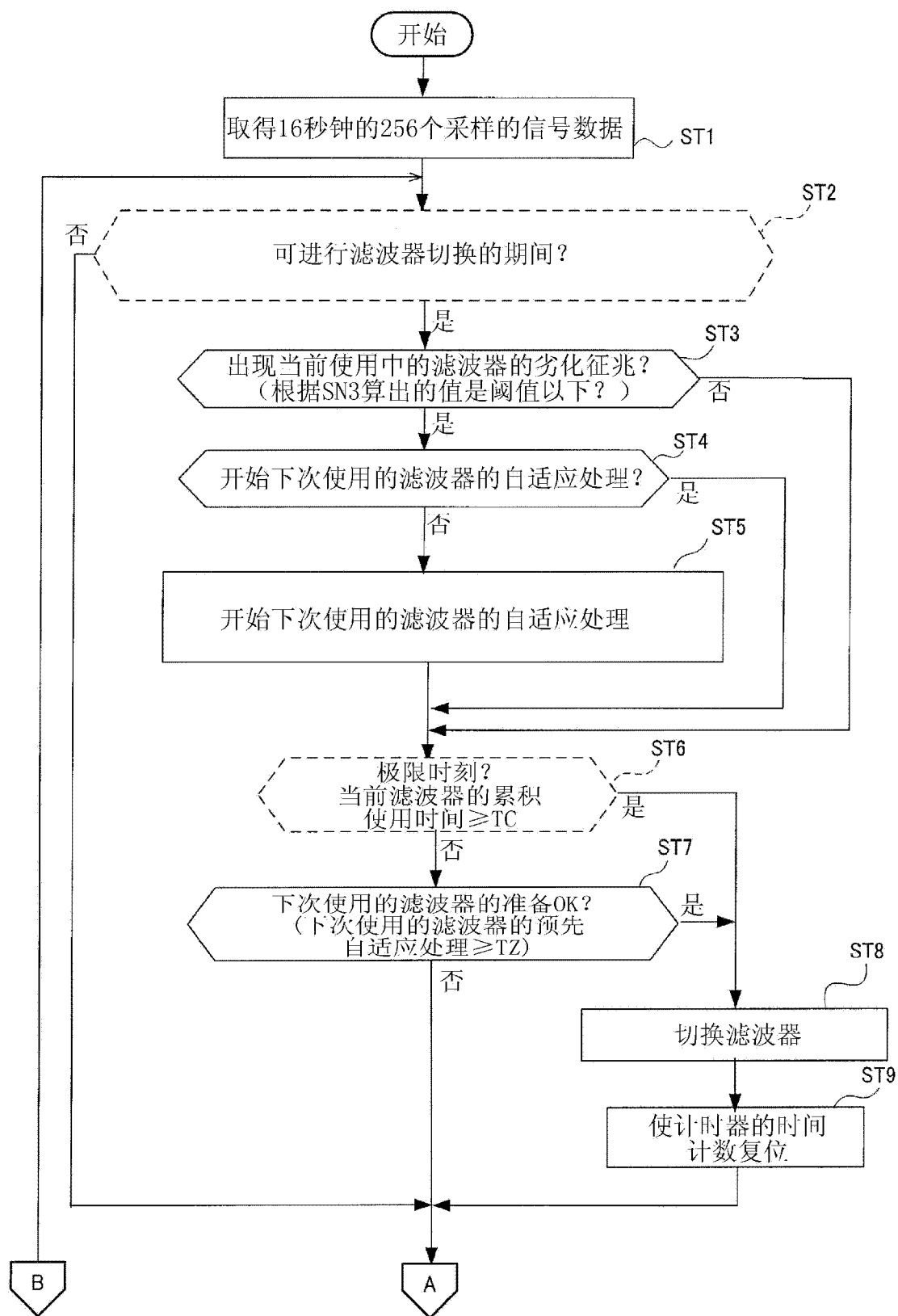


图5

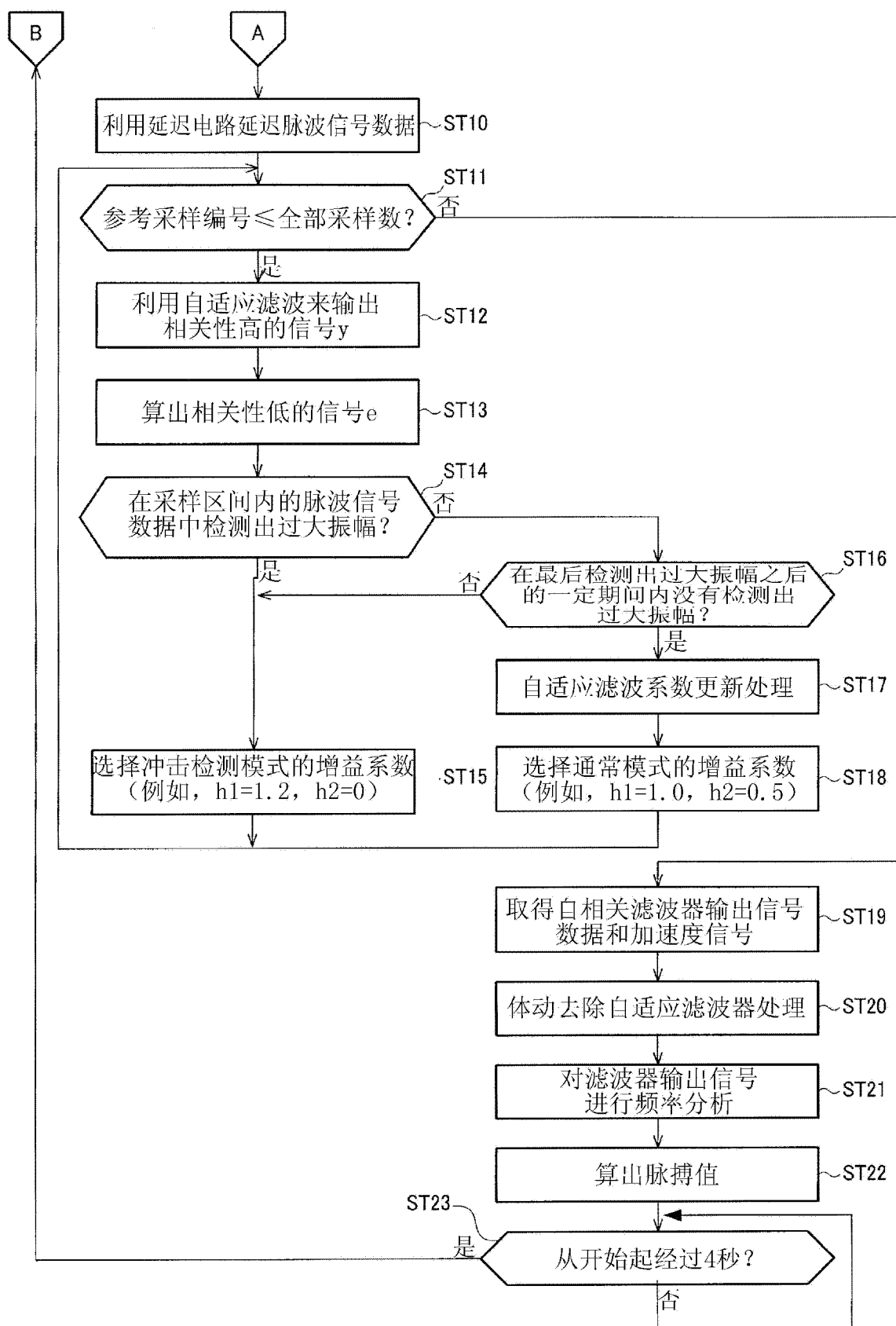


图 6

$$0.156718 - 0.117115 \approx 0.0396 < 0.04$$

历史(秒)	滤波器前 SN3	滤波器后 SN3
60(最旧)	0.124210	0.184473
56	0.068568	0.118469
52	0.065873	0.111315
48	0.059216	0.104766
44	0.096202	0.148943
40	0.199818	0.209080
36	0.373617	0.357530
32	0.079359	0.152353
28	0.077831	0.146197
24	0.077598	0.146142
20	0.062731	0.111669
16	0.074557	0.109650
12	0.063565	0.105882
8	0.105109	0.120666
4	0.166139	0.190862
0(本次)	0.179446	0.189490
平均	0.117115	0.156718

图 7

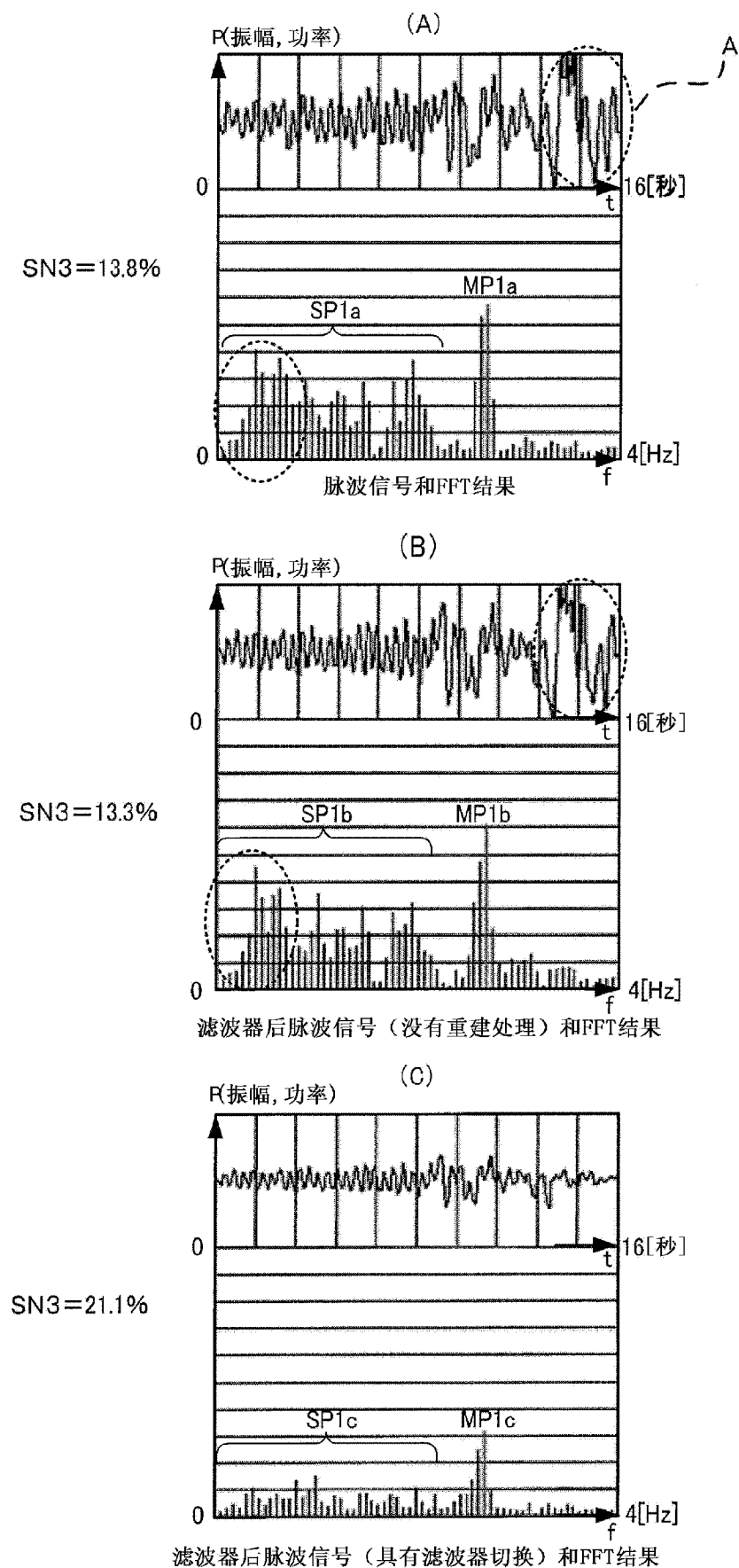


图 8

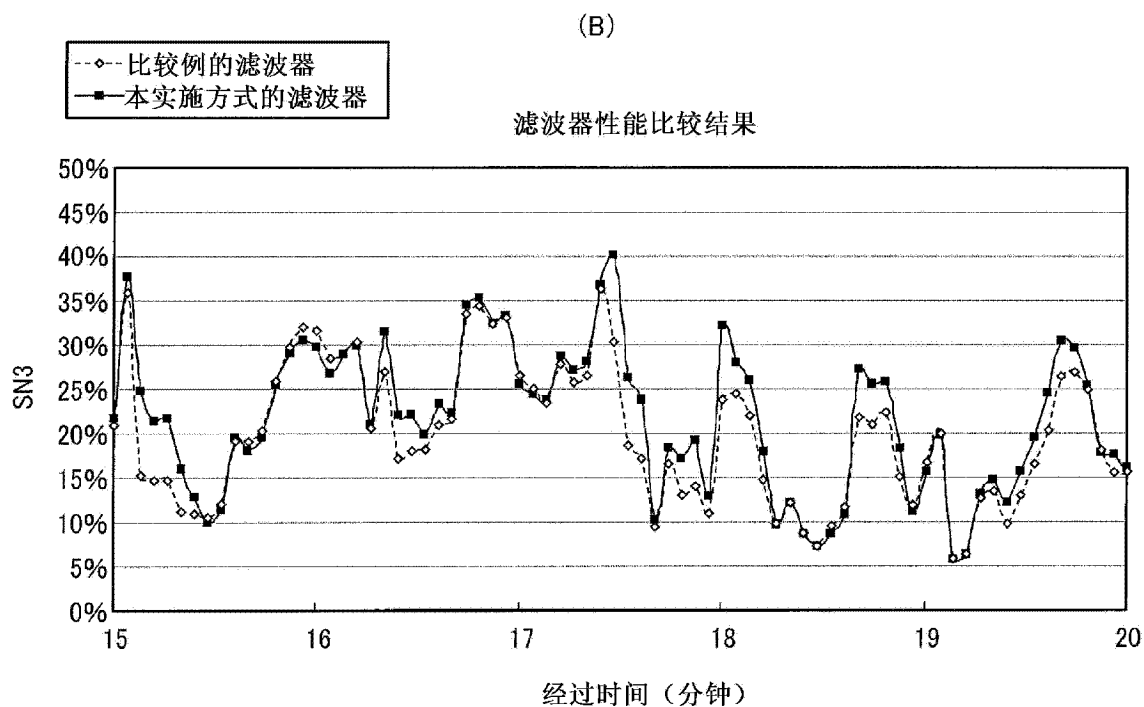
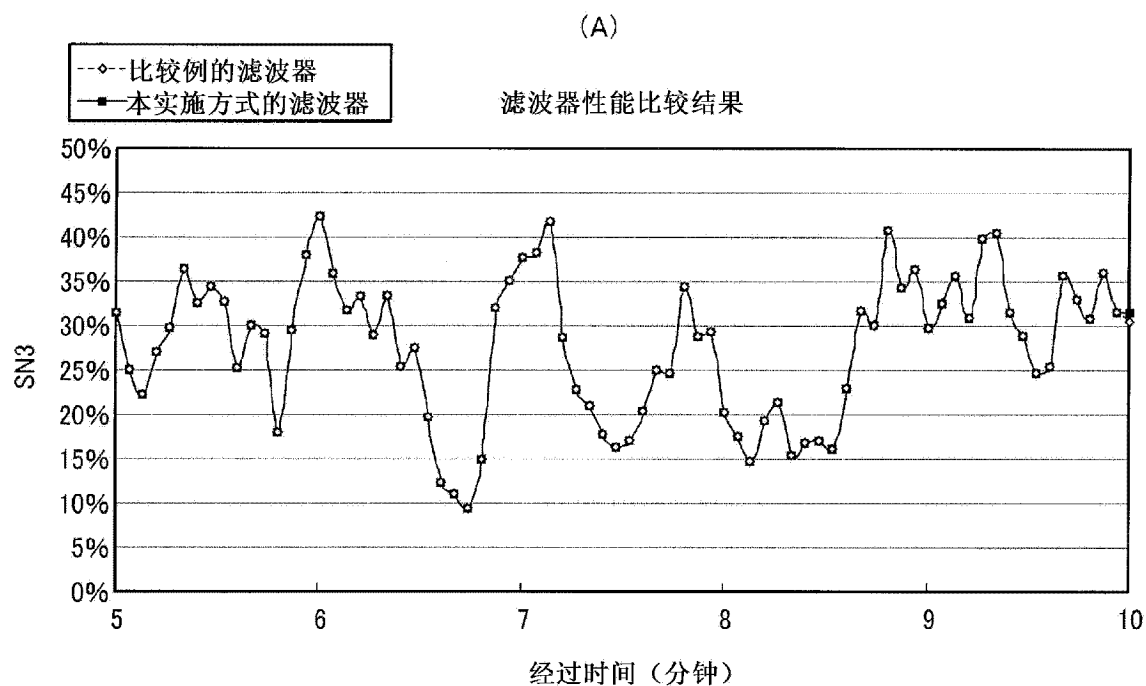


图 9