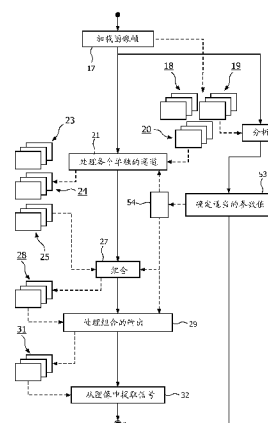




(45) 授权公告日 2015.08.19

权利要求书2页 说明书16页 附图6页

少一个,并且利用所述分析来选择与相应的其中一个变量相对应的至少一个参数(54)的至少一个值;以及(ii)计算与相应的其中一个变量相对应的至少一个时变因数的值,其中每一个因数值基于至少一个第二信号值,以及在多个并行操作序列当中的至少一个操作序列内的一个操作中应用每一个因数,并且将与相应的其中一个第二信号(55-57)相对应的信号取作输入,其中所述操作序列包括至少一个所述操作。



1. 用于进行远程光体积描记的方法,所述方法促进获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,所述至少一个周期性分量对应于生物体内的生物现象,所述方法包括:

获得代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号,其中每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应,

第一信号至少可以从通过对第二信号应用变换而获得的输出信号导出,从而使得输出信号的任何值是基于来自对应时间点处的每一个相应的第二信号的值,

在捕获对应于第二信号的信号以及应用变换时,通过以下措施的至少其中之一获得决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个变量的至少一个值:

(i) 分析第二信号、通过对第二信号应用变换获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个,并且

利用所述分析来选择与相应的其中一个变量相对应的至少一个参数的至少一个值;以及

(ii) 计算与相应的其中一个变量相对应的至少一个时变因数的值,其中每一个因数值基于至少一个第二信号值,

以及在多个并行操作序列当中的至少一个操作序列中的一个操作中应用每一个因数,并且将与相应的其中一个第二信号相对应的信号取作输入,其中所述操作序列包括至少一个所述操作。

2. 根据权利要求 1 的方法,其中,对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的所述分析被用来选择决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个参数的至少一个值,以便最大化第一信号的频谱的有限部分中的相对信号强度。

3. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述变换包括至少一个参数化操作,并且其中对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的所述分析被用来选择所述参数化操作的至少一个参数的值。

4. 根据权利要求 3 的方法,其中,所述参数化操作是取得以不同方式基于第二信号的至少两个输入的操作。

5. 根据权利要求 3 的方法,其中,所述变换包括利用至少一个参数值在相应的输入信号上并行地实施的操作,其中所述至少一个参数值特定于少于所有的输入信号。

6. 根据权利要求 3 的方法,其中,所述变换包括至少一个参数化非线性操作,并且其中对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的所述分析被用来选择所述参数化非线性操作的至少一个参数的值。

7. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述变换包括对于相应的输入信号并行地实施的操作,其中每一个输入信号是第二信号与至少一个非零系数的不同线性组合,所述操作包括取得输入信号的对数。

8. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述分析包括对分别基于多个第二信号的数据集合实施主分量分析。

9. 根据权利要求 1 的方法,其中,对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个进行分析,并且所述分析被用来选择在

捕获对应于第二信号的信号以及应用变换时决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个参数的至少一个值,所述方法还包括使得所述至少一个参数的所选值被加载到系统中,所述系统包括:

用于获得代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号的接口,其中每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应;以及

用于对第二信号应用变换以便获得至少可以从中导出第一信号的输出信号的信号处理系统,输出信号的任何值都是基于来自共同时间点处的每一个相应的第二信号的值,其中,所述系统被设置成使得至少部分地根据所述至少一个参数的加载值来确定相应的第二信号对输出信号的影响。

10. 根据权利要求 1 的方法,其中,连续地实施对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的所述分析以及对于至少一个参数值的所述选择,同时对第二信号进行处理以便获得第一信号。

11. 根据权利要求 1 的方法,其中,所述至少一个时变因数包括可以通过计算来自所述至少其中一个第二信号当中的每一个的相应值的线性组合而获得的因数,并且其中该因数的相同值被使用在每一个并行操作序列中。

12. 根据权利要求 1 的方法,其中,对于至少其中一个因数,对于每一个并行序列计算对应的关联时间点处的单独值,其中每一个单独值是从被所涉及的序列取作输入的第二信号的多个值获得的,所述多个值与跨越一定间隔的相应时间点相关联,所述间隔包括与所述因数值相关联的时间点。

13. 用于进行远程光体积描记的系统,所述系统用于获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,所述至少一个周期性分量对应于生物体内的生物现象,所述系统包括:

用于获得代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号的接口,其中每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应,

至少可以从能够通过对第二信号应用变换获得的输出信号导出第一信号,从而使得输出信号的任何值都是基于来自对应时间点处的每一个相应的第二信号的值,

其中所述系统被设置成:

在捕获对应于第二信号的信号以及应用变换时,通过以下措施的至少其中之一获得决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个变量的至少一个值:

(i) 分析第二信号、输出信号以及第一信号中的至少一个并且利用所述分析来选择与相应的其中一个变量相对应的至少一个参数的至少一个值,以及在捕获对应于第二信号的信号并且应用变换时决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响;以及

(ii) 计算与相应的其中一个变量相对应的至少一个时变因数的值,其中每一个因数值基于至少一个第二信号值,

以及在多个并行操作序列当中的至少一个操作序列内的一个操作中应用每一个因数,并且将与相应的其中一个第二信号相对应的信号取作输入,其中所述操作序列包括至少一个所述操作。

14. 根据权利要求 13 的系统,其被配置成实施根据权利要求 1-12 当中的任一条的方法。

用于获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于进行远程光体积描记的方法,所述方法促进获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,所述至少一个周期性分量对应于生物体内的生物现象。

[0002] 本发明还涉及一种用于进行远程光体积描记的系统,所述系统用于获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,所述至少一个周期性分量对应于生物体内的生物现象。

[0003] 本发明还涉及一种计算机程序。

背景技术

[0004] 其申请人与本申请相同的欧洲专利申请号 09154493.2 之前被提交,并且在本申请的优先权日期之后被公布。其描述了一种被设置成处理图像序列的系统。所述系统实施该处理,以便基于图像的像素数据确定一个信号的频谱中的至少一个峰值的存在和频率值的至少其中之一,其中所述图像对应于某一种周期性生理现象的频率。对所述图像序列的至少其中之一执行图像分段算法。在所述图像序列当中跟踪被确定为对应于所期望类型的身体部分的一个或更多不同节段。对于每一个所选择和跟踪的节段,选择一个测量区。对于每一个测量区,生成代表对应于该测量区的像素的时变平均亮度的信号。所述亮度可以是各个颜色分量的加权和,或者仅仅是一个颜色分量的值。所述信号以其均值为中心,并且使用基本的信号处理技术至少在一定范围内确定信号频谱的一个或更多局部最大值,所述范围已知包括对应于感兴趣的生物(通常是人类)的典型心率值和 / 或呼吸率值。

发明内容

[0005] 希望提供一种用于进行远程光体积描记的方法、系统和计算机程序,所述方法、系统和计算机程序用于促进获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,其中感兴趣的分量与噪声(例如由于运动和照明改变而导致的噪声)相对明显地区分开。

[0006] 为此,本发明提供一种用于进行远程光体积描记的方法,所述方法促进获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,所述至少一个周期性分量对应于生物体内的生物现象,所述方法包括:

[0007] 获得代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号,其中每一个第二信号对应于相应的不同辐射频率范围,

[0008] 第一信号至少可以从通过对第二信号应用变换而获得的输出信号导出,从而使得输出信号的任何值是基于来自对应时间点处的每一个相应的第二信号的值,

[0009] 在捕获对应于第二信号的信号以及应用变换时,通过以下措施的至少其中之一获得决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个变量的至少一个

值：

[0010] (i) 分析第二信号、通过对第二信号应用变换获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个，以及

[0011] 利用所述分析来选择与相应的其中一个变量相对应的至少一个参数的至少一个值；以及

[0012] (ii) 计算与相应的其中一个变量相对应的至少一个时变因数的值，其中每一个因数值基于至少一个第二信号值，

[0013] 以及在多个并行操作序列当中的至少一个操作序列中的一个操作中应用每一个因数，并且将与相应的其中一个第二信号相对应的信号取作输入，其中所述操作序列包括至少一个所述操作。

[0014] 所述方法适于促进这样一种方法，其中捕获反射、透射或辐射光并且进行处理，以便获得代表基于不同频率范围(其在这里也被称作颜色通道)内的强度值的一个值的至少一些变化的信号。分析该信号以便表征从中捕获所述反射、透射和/或发射光的场景中特定周期性现象。因为特定颜色通道由于感兴趣的现象而表现出弱于其他通道的变化，而运动和照明改变又会影响每一个第二信号，因此对第二信号所应用的变换适于获得具有增强信噪比的输出信号。但是简单地从其中一个第二信号中减去另一个通常将不足以去除运动和照明改变的影响。在捕获对应于第二信号的信号并且应用变换时，通过分析第二信号、输出信号和第一信号中的至少一个以及利用所述分析来选择决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个参数的至少一个值，确立每一个颜色通道是否应当影响输出信号(从而影响第一信号)以及影响程度。相应的参数值影响被用来获得输出信号的少于所有第二信号。其特别可能会影响第二信号对输出信号的影响程度，也就是说在被用来获得输出信号的第二信号的混合中受到所述参数值影响的第二信号的相对强度。与从一个波长下获得的强度信号中减去另一个波长下获得的强度信号的方法相比或者与取得比值的方法相比，本发明的方法对于分别包含至少在有限程度上与周期性的感兴趣现象相关联的分量的第二信号工作良好。使用来自多个通道的有关信息，同时抑制多余的信息。

[0015] 这对于其中计算至少一个时变因数的值并且每一个因数值基于至少一个第二信号值的情况同样成立，这是因为实现了某种归一化。通过把所述因数应用于基于相应的第二信号的信号，获得颜色空间内的一种变换，特别是一种归一化。由于所述因数是时变的，因此可以去除背景照明光谱中的改变，从而改进信噪比。随后可以把通过应用所述因数获得的信号组合成一个信号，从该信号至少可以导出第一信号，这是这样的事实所暗示的，即所述因数是决定在应用所述变换时的相应的第二信号的至少一些分量对输出信号影响的变量。在这方面，所述方法不同于简单地取得各个颜色分量的比值并且表征该比值的周期性分量的那些方法。据观察，基于相应的其中一个第二信号的信号分别对应于相应的其中一个第二信号、其标量倍数或者通过对其中一个第二信号应用其中另一个因数而获得的信号。因此，在计算至少一个时变因数的值的情况下，每一个第二信号形成去到其中应用所计算的因数的由一个或更多操作构成的相应序列的输入。随后把各个输出组合成一个输出信号，从该输出信号至少可以导出第一信号。

[0016] 在一个实施例中，对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的分析被用来选择决定相应的第二信号的至少

一些分量对输出信号的影响的至少一个参数的至少一个值,以便最大化第一信号的频谱的一个有限部分中的相对信号强度。

[0017] 因此,在先验地知道第一信号的总频谱的一个特定范围包括与感兴趣的现象相关联的信息的情况下,所述方法改进了该范围内的信噪比。

[0018] 在一个实施例中,所述变换包括至少一个参数化操作,并且对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的分析被用来选择所述操作的至少一个参数的值。

[0019] 与选择影响场景照明的参数的做法相比,该实施例相对一定会得到良好的结果。此外,该实施例与改变照明条件的做法相比没有那么生硬。

[0020] 在一种变型中,所述操作是取得以不同方式基于第二信号的至少两个输入的操作。

[0021] 所述输入可以简单地对应于包括在不同的相应的第二信号中的值,或者例如其中一个是和,另一个是差。该实施例允许将所述两个输入组合,其中使得所述参数值例如决定对于被组合的输入所应用的乘法因数或相位改变。

[0022] 在另一种变型中,所述变换包括利用至少一个参数值在相应的输入信号上并行地实施的操作,其中所述至少一个参数值特定于少于所有的输入信号。

[0023] 因此就提供了一种影响不同的第二信号在输出信号中的突出性的替换方式。

[0024] 在另一种变型中,所述变换包括至少一个参数化非线性操作,并且对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个的分析被用来选择所述操作的至少一个参数的值。

[0025] 因此,可以使得特定颜色通道对于所述变换的输出信号的影响取决于幅度和/或频率。这种变型例如可以被用来允许一个颜色通道中的大信号波动而不是小信号波动影响输出信号,反之亦然。

[0026] 在一个实施例中,所述变换包括对于相应的输入信号并行地实施的操作,其中每一个输入信号是第二信号与至少一个非零系数的不同线性组合,所述操作包括取得输入信号的对数。

[0027] 一般来说,所述操作将对于相应的输入信号实施,所述输入信号是第二信号的标量倍数或者对应于第二信号。

[0028] 周围照明水平的变化在许多情况下将在近似相同的程度上影响每一个颜色通道。实质上,每一个第二信号是通过代表周围照明水平的变化的信号进行调制的结果。所述对数的输出是具有与周围照明水平的乘法变化相关的加法分量的信号。可以把输出视为代表周围照明水平变化的信号与独立于周围照明水平变化并且包括代表感兴趣的周期性现象的分量的信号的和。后一个信号对于每一个颜色通道通常是不同的,这是因为每一个颜色通道受到所述周期性现象的不同影响。可以相对容易地抑制代表周围照明水平的变化的信号。这样做的一种方式是通过一个后续操作,其把至少从包括取得对数的所述操作的相应输出信号导出的输入信号投影到多维空间内的一个平面上。该多维空间通常将具有一定数目的维度,所述维度的数目等于第二信号的数目(例如在第二信号代表红色、绿色和蓝色通道的情况下是三个)。所述多维空间可以被想作一个颜色空间。应当提到的是,由于被不完美地跟踪的感兴趣区段的移动而造成的变化会导致与周围照明水平的变化类似的效果,所

述效果在该实施例中类似地得到抑制。

[0029] 在一个实施例中,每一个第二信号包括一个图像帧序列,所述图像帧由代表在相关联的辐射频率范围内捕获的电磁辐射的强度的像素值构成。

[0030] 该实施例相对容易利用视频摄影机来实施,这是因为这样的摄影机已经包括用以提供多个颜色通道内的图像帧的滤波器。此外,可以通过将来自图像中的不同位置的像素值组合形成第一信号或其先驱形式来减少随机噪声。

[0031] 在一个实施例中,所述第二信号包括这样的第二信号:其包括在电磁频谱的被调谐到水的吸收频谱中的峰值的一部分内所捕获的电磁辐射的强度值。

[0032] 该实施例适于促进获得第一信号进行分析,以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,其中所述周期性分量对应于从中捕获辐射、反射或透射光的生物体内的生物现象。具体来说,这种变型可以被用来促进实施一种用于确定生物的心率的光体积描记方法。

[0033] 在一个实施例中,所述第二信号包括这样的第二信号:其包括在电磁频谱的对应于 500nm 到 600nm 之间的波长值范围的一个部分内所捕获的电磁辐射的强度值。

[0034] 该实施例类似地适于促进获得第一信号进行分析,以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,其中所述周期性分量对应于从中捕获辐射、反射或透射光的生物体内的生物现象。包括在电磁频谱的对应于 500nm 到 600nm 之间的波长值范围的一个部分内所捕获的电磁辐射的强度值的所述第二信号将包含关于受照(皮肤)组织中的氧合血红蛋白水平改变的信息。

[0035] 在一个实施例中,所述分析包括对分别基于多个第二信号的数据集合实施主分量分析。

[0036] 该实施例提供了一般方法的分析步骤的一种适当的实现方式,其中一个第二信号相对较强地与感兴趣的周期性现象相关,另一个信号则相对较弱地与之相关。可以对所述信号进行矩阵操作,以便获得作为第一信号的基础的输出信号,特别是第一信号与之相对应的输出信号。所述矩阵操作的参数是从所述主分量导出的。通过对第二信号实施主分量分析允许确定各个第二信号之间的相关性。其中一个主分量将对应于代表感兴趣的周期性现象的信号分量。包括基于所述主分量分析的参数的矩阵操作被设置成获取该主分量以作为第一信号,或者获取可以直接从中获得第一信号的一个信号。

[0037] 在一个实施例中,其中对第二信号、通过对第二信号应用变换而获得的输出信号以及从输出信号导出的第一信号中的至少一个进行分析,并且所述分析被用来选择在捕获对应于第二信号的信号以及应用变换时决定相应的第二信号或其至少一些分量对输出信号的影响的至少一个参数的至少一个值,该实施例还包括使得所述至少一个参数的所选值被加载到一个系统中,所述系统包括:

[0038] 用于获得代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号的接口,其中每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应;以及

[0039] 用于对第二信号应用变换以便获得至少可以从中导出第一信号的输出信号的信号处理系统,输出信号的任何值都是基于来自共同时间点处的每一个相应的第二信号的值,

[0040] 其中,所述系统被设置成至少部分地根据所述至少一个参数的加载值来确定相应的第二信号对输出信号的影响。

[0041] 因此,该实施例被用来找到用在被制造成实施一种获得第一信号的方法的系统中的适当参数值,其中所述方法是通过以下步骤实现的:获得代表所捕获的电磁辐射强度的至少两个第二信号,每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应;以及对第二信号应用变换以便产生输出信号,所述输出信号的任何值是基于来自对应时间点处的每一个相应的第二信号的值。

[0042] 在一个实施例中,连续地实施所述分析以及对于至少一个参数值的所述选择,同时对第二信号进行处理以便获得第一信号。

[0043] 因此,该实施例提供了一种连续地适配成确保提供第一信号的方法,其中感兴趣的周期性分量被相对明确地定义。

[0044] 在一个实施例中,所述至少一个时变因数包括可以通过计算来自所述至少一个第二信号当中的每一个的相应值的线性组合而获得的因数,并且该因数的相同值被用在每一个并行操作序列中。

[0045] 该实施例的一个效果是关于与感兴趣的周期性现象无关的照明变化实施了归一化。由于不同颜色通道中的信号(各个第二信号)受到这种变化的影响程度基本上相同,因此任何线性组合都将导致在至少一定程度上去除由于所述照明变化而造成的调制。

[0046] 在该实施例的一种变型中,与在捕获对应于第二信号的信号并且应用变换时决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的相应的其中一个变量相对应的参数包括所述线性组合的至少一个系数。

[0047] 在该实施例中,可以为所述因数给出一个值,该值导致变换到颜色空间内的一个平面,其通常平行于颜色空间内的对应于由于感兴趣的周期性现象而导致的变化的一条线。举例来说,在远程光体积描记的情况下,在彩色图像序列中表示的由于对象的心搏和/或呼吸而造成的脉冲血流将导致所述对象的暴露出的皮肤的颜色变化。在没有由于图像中的颜色改变的其他原因而导致的噪声的情况下,上述变化在颜色空间内是沿着一条线。通过投影到一个平行的平面上往往将会去除由于其他原因而导致的变化。

[0048] 在一种变型中,其中每一个第二信号包括图像帧序列,所述图像帧由代表在相关联的频率范围内捕获的电磁辐射的强度的像素值构成,对于每个像素实施所述并行序列中的操作,其中对于每一个像素位置计算一个因数值。

[0049] 在所述方法的另一个实施例中,对于至少其中一个因数,对于每一个并行序列计算对应的关联时间点处的单独值,其中每一个单独值是从被所涉及的序列取作输入的第二信号的多个值获得的,所述多个值与跨越一定间隔的相应时间点相关联,所述间隔包括与所述因数值相关联的时间点。

[0050] 一个效果是实施颜色归一化。由于所述因数值分别是从小于被所涉及的第二序列取作输入的第二信号的多个值获得的,其中所述多个值与跨越一定间隔的相应时间点相关联,所述间隔包括与所述因数值相关联的时间点,因此可以去除相对缓慢地变化的背景颜色改变。与感兴趣的现象(例如在对应于第二信号的图像信号中表示的对象的脉冲血流)相关联的那些颜色改变则得以保留。

[0051] 在该实施例的一种变型中,计算所述因数值包括计算与至少两个时间点相关联的第二信号值的平均值。

[0052] 通过求平均去除了变化的影响。

[0053] 在另一种变型中,各个第二信号在时间上是离散的,并且对于每一个因数值的计算包括取得与至少两个时间点相关联的第二信号值的平均值,其中一个对应于与所述因数数值相关联的时间点。

[0054] 与所述因数数值相关联的时间点是与在所述操作序列内的有关操作中为之应用因数值的信号值相关联的时间点。这种变型的一个效果是确保所述平均值尽可能密切地近似瞬时平均值,从而可以更加精确地去除更加快速的背景变化。

[0055] 根据另一方面,根据本发明的系统用于进行远程光体积描记,所述系统用于获得第一信号进行分析以便表征该第一信号的至少一个周期性分量,所述至少一个周期性分量对应于生物体内的生物现象,所述系统包括:

[0056] 用于获得代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号的接口,其中每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应,

[0057] 至少可以从能够通过对第二信号应用变换获得的输出信号导出第一信号,从而使输出信号的任何值都是基于来自对应时间点处的每一个相应的第二信号的值,其中所述系统被设置成:

[0058] 在捕获对应于第二信号的信号以及应用变换时,通过以下措施的至少其中之一获得决定相应的第二信号的至少一些分量对输出信号的影响的至少一个变量的至少一个值:

[0059] (i) 分析第二信号、输出信号以及第一信号中的至少一个,并且利用所述分析来选择与相应的其中一个变量相对应的至少一个参数的至少一个值;以及

[0060] (ii) 计算与相应的其中一个变量相对应的至少一个时变因数的值,其中每一个因数数值基于至少一个第二信号值,

[0061] 以及在多个并行操作序列当中的至少一个操作序列内的一个操作中应用每一个因数,并且将与相应的其中一个第二信号相对应的信号取作输入,其中所述操作序列包括至少一个这样的操作。

[0062] 在一个实施例中,所述系统被配置成实施根据本发明的方法。

[0063] 根据本发明的另一方面,提供包括指令集合的计算机程序,当被合并到机器可读介质中时,所述指令集合能够使得具有信息处理能力的系统施行根据本发明的方法。

附图说明

[0064] 下面将参照附图更加详细地解释本发明,其中:

[0065] 图 1 是用于从信号中提取信息的系统的方框图,所述信号是通过对代表所捕获的电磁辐射的强度的至少两个第二信号应用变换而获得的,其中每一个第二信号与相应的不同辐射频率范围相对应;

[0066] 图 2 是由所述系统实施的方法的流程图;

[0067] 图 3 是示出了由所述系统应用的变换的图示;

[0068] 图 4 是示出了在第一种变型中由所述系统实施来获得用于进行分析的信号以便表征其至少一个周期性分量的一些步骤的流程图;

[0069] 图 5 是示出了在第二种变型中由所述系统实施来获得用于进行分析的信号以便表征其至少一个周期性分量的一些步骤的流程图;以及

[0070] 图 6 是示出了获得第一信号进行分析以便表征其至少一个周期性分量的一种替换方法的流程图。

具体实施方式

[0071] 在图 1 中通过举例的方式示出了一种用于实施远程光体积描记的系统。光体积描记成像是基于以下原理：皮肤下方的血量的时间变化导致由皮肤吸收的光的变化。可以通过取得某一皮肤区域的图像并且计算一个所选区段上的像素平均值来检测及测量这样的变化。还可以通过利用光照明皮肤的一个所选区域并且利用光电传感器测量反射光的强度来检测所述变化。在这里使用的实例中，图 1 的系统被设置成确定生物的心率值。但是相同的系统也可以被用来表征某种其他的周期性生物现象（例如呼吸率或氧合水平）的相位和 / 或频率。

[0072] 应当提到的是，图 1 所示的系统和下面将解释的原理还可以被用来从图像中采集时间上振动或脉冲的非生物信号。适当的应用的实例包括监测工业装备和处理以便通过分析振动来预测即将发生的故障，以及远程检测机动车中的引擎的每秒转数以便确定其速度。在所有这些实例中，正如这里将要详细解释的实例中那样，使用一种对于照明改变以及对于与将要分析的周期性现象无关的运动鲁棒的方法。

[0073] 在所示实施例中，所述系统包括数据处理系统 1，其可以是配备有适当接口的通用计算机或专用设备。数据处理系统 1 包括数据处理设备 2 和主存储器 3 以及大容量存储设备 4。其至少还包括去到输出设备 6 的接口 5。

[0074] 该例的数据处理系统 1 被设置成通过接口 8 从视频摄影机 7 采集图像序列。更精确地说，数据处理系统 1 被设置成在相应的颜色通道中接收多个图像帧序列。特定颜色通道内的图像帧包括代表在电磁频谱的特定范围内捕获的电磁辐射的强度的像素值。这是由于包括在视频摄影机 7 中的彩色滤波器而实现的。

[0075] 不同颜色通道中的图像帧序列通常是同步的，在这种意义上，来自每一个通道的一个图像帧都与特定时间点相关联。如果视频摄影机 7 仅有一个光电传感器阵列，则在相关联的图像帧之间会有微小的时间偏移，但是所述偏移将比对应于捕获完整图像的频率的偏移小一个数量级。但是通常来说，视频摄影机 7 将具有多个光电传感器阵列，因此可以同时捕获各个图像帧。在一个替换实施例中，使用多个视频摄影机。

[0076] 应当提到的是，所述系统还使用具有适当滤波器的光电传感器 9-11 来获得代表所捕获的电磁辐射的强度的信号，所述信号分别对应于一个相应的不同频率范围。来自光电传感器 9、10、11 的信号被数据处理系统 1 通过接口 12 接收到。在这样的实施例的一种变型中，第一传感器 9 被设置成捕获红色光，第二传感器 10 捕获蓝色光，并且第三传感器 11 捕获绿色光。在一个替换实施例中，其中一个传感器 9-11 被设置成捕获信号（模拟或数字），所述信号包括在电磁辐射频谱的一个部分内捕获的电磁辐射的强度值，所述部分对应于包括在 500nm 到 600nm 范围内的仅仅一个范围内的空气中波长。其对应于可见光谱的绿色部分。

[0077] 在同一个或另一个实施例中，其中一个传感器 9-11 被调谐到对应于水的吸收频谱中的峰值的频率。频谱的可见部分中的适当频率是对应于 514、606、660 或 739nm 的空气中波长的那些频率。在一种替换的变型中，其中一个传感器 9-11 被调谐到刚好在频谱的可

见部分之外的频率(其处在红外附近)。具体来说,所述传感器可以被调谐到对应于 836nm 或 970nm 的空气中波长的频率。硅光电传感器对于 800 到 1000nm 范围内的辐射特别敏感,因此这样的实施例得到了所捕获的强信号。硅光电传感器相对便宜且常见。虽然视频摄影机 7 和光电传感器 9-11 都在图 1 中示出,但是应当理解的是,所述系统通常可以仅仅使用这些模式的其中之一来捕获代表对应于不同的相应辐射频率范围的所捕获电磁辐射的强度的信号。本发明的描述将在利用视频摄影机 7 的实施例的基础上继续。

[0078] 在一个实施例中,使用具有红色、绿色和蓝色通道的标准视频摄影机 7。在另一个实施例中,所述通道可以是蓝绿色、黄色和品红色。

[0079] 一个实施例使用具有滤波器的经过适配的视频摄影机 7,其只允许包括在对应于 500nm 到 600nm 之间的空气中波长的频率范围内的一个有限范围内的光进入。这意味着该通道内的图像帧包括对应于所捕获的绿色光强度的像素值。

[0080] 另一个实施例包括具有被调谐到水的吸收频谱中的峰值的滤波器的经过适配的视频摄影机 7。具体来说,所述滤波器可以被调谐到对应于 514、606、660 或 739nm 的空气中波长的频率。如果希望在相对较暗的情况下使用图 1 的系统,则所述滤波器可以被调谐到刚好在光谱的可见部分之外的频率(其处在红外附近)。具体来说,所述传感器可以被调谐到对应于 836nm 或 970nm 的空气中波长的频率。这样做的效果在于可以使用具有传统 CMOS 或 CCD 阵列的视频摄影机 7。这样的传感器对于 800 到 1000nm 之间的范围内的辐射特别敏感,因此这样的实施例得到所捕获的强信号。当被用来捕获一个或更多生物的图像时,该通道内的像素值随着血浆流发生相对较强的变化。因此有可能提取出具有其频率对应于所述生物的心率的相对较强分量的第一信号,正如后面将解释的那样。

[0081] 在所示实施例中,图 1 的系统配备有(可选的)光源 13-15 的集合,其中的每一个光源被调谐到特定的频率范围。在一个实施例中,光源 13-15 频率或频率范围被调谐到对应于视频摄影机 7 的各个通道的频率或频率范围。数据处理系统 1 被配置成通过适当的接口 16 控制在相应的频率范围内发出的光的强度。在另一个实施例中,数据处理系统 1 光源 13-15 是可调谐的,并且数据处理系统 1 被设置成选择控制光源 13-15 在其中发光的电磁频谱范围的适当参数值。这可以与用于视频摄影机 7 的可调谐滤波器相组合。

[0082] 图 2 示出了由数据处理系统 1 实施的第一方法中的各个步骤,此外还将参照图 3 对其进行解释。在第一步骤 17 中,数据处理系统 1 加载来自每一个通道的图像帧的序列 18-20。序列 18-20 是同步的,在这种意义上,特定时间点对应于来自每一个序列 18-20 的一个图像帧。因此,每一个序列形成一个信号,对该信号应用变换以便获得单个输出信号。所述变换的性质使得输出信号的每一个值是基于来自对应时间点处的每一个相应的第二信号的值。

[0083] 就是说,所述变换包括多个操作,其中一些仅仅取得来自其中一个序列 18-20 的一个图像帧作为输入。在所示实施例中,所述方法包括对于来自每一个相应的序列 18-20 的一个帧并行地实施操作 22a-c (图 3) 的步骤 21。操作 22a-c 是参数化操作 22a-c,这意味着其取得一个参数值作为另一个输入,所述参数值是对于每一个相应的通道单独地设定的。因此,一般来说其对于每一个相应的通道将是不同的。操作 22a-c 可以是如图 3 中所示的非线性操作。几种适当的操作的一个实例是伽马编码操作($V_{out}=V_{in}^{\gamma}$),其中对于每一个通道使用一个单独的伽马值。该步骤 21 的输出包括由经过单独处理的图像帧构成的三个

并行序列 23-25。

[0084] 对于在先前步骤 21 中被提供作为输出的序列 23-25 实施下一个操作 26(步骤 27)。该操作 26 是取得以不同方式基于由经过单独处理的图像帧构成的序列 23-25 的至少两个输入的操作。在该例中,所述输入直接对应于序列 23-25。在该例中,操作 26 是矩阵操作。其把三个图像帧变换成单个图像(即由基于各个像素值的值构成的阵列),从而把由经过单独处理的图像帧构成的序列 23-25 变换成单个图像序列 28。该步骤 27 被实现成使得把对应于共同时间点的各个图像帧用作输入。

[0085] 随后在另一个非线性操作 30 中对矩阵操作 26 的输出进行处理(步骤 29)。该操作同样可以是伽马编码操作。其结果是图像的输出生列 31(即由基于各个像素值的值构成的阵列)。从输出序列 31 中提取出至少一个信号(步骤 32)进行分析,以便表征其至少一个周期性分量。所提取出的信号具有由单个值构成的序列的形式,这与由值的阵列构成的序列不同。每一个值都是基于来自输出序列 31 中的一个图像的多个像素值。

[0086] 在图 3 中所示出的方法的一种替换实现方式中,对于来自每一个相应的序列 18-20 的一个帧并行地实施操作 22a-c(图 3)的步骤 21 不使用伽马编码操作。相反,操作 22a-c 包括取得序列 18-20 的各个像素值的对数。在该替换实现方式中,不必对操作 22a-c 进行参数化,但是其当然是非线性的。此外,在该实现方式中,对于相应的序列 18-20 并行逐帧地实施非线性操作 22a-c 的步骤 21 的输出包括由经过单独处理的图像帧构成的三个并行序列 23-25。

[0087] 取得对数可用于去除由于影响所有通道的照明改变而导致的信号分量。这样的改变是由受照对象的移动导致的(例如导致阴影落在各帧中的整个感兴趣区段上并且 / 或者是由背景照明的改变导致的)。所述改变通常是乘法的,在这种意义上,每一个通道中的感兴趣信号都被乘以一个调制因数,所述调制因数代表亮度改变以及照明源的光谱中的任何改变。通过取得对数,背景照明变为加法的,从而更加容易例如在后续的矩阵操作 26 中将其去除。矩阵操作 26 例如可以涉及投影在颜色空间内的一个平面上,从而导致完全或部分去除代表辉度改变的调制信号。取得对数不会明显地影响感兴趣的信号(也就是将从图像的输出生列 31 中提取出的信号),这是因为正如将会看到的那样,感兴趣的信号具有相对较小的变化。因此,通过观察自然对数的 Taylor 展开($\ln z = (z-1) - 1/2(z-1)^2 + \dots$)将会看到,所述对数近似该信号。

[0088] 在另一个实施例中(图 2 中未详细示出),在矩阵操作 26 之前是这样一操作:其中减少或消除以大致相等的度量影响所有颜色通道的条件中的特定变化的效果。举例来说,在远程光体积描记中,周围照明改变、皮肤透射的改变以及对于感兴趣区段的不完美跟踪可能会导致每一个颜色通道中的信号的相同方式的调制。通过把相应的序列 18-20 的相关联的帧的每一个对应的像素值除以一个值来减少或去除这一效果,其中所述值是来自每一个序列 18-20 的像素值的线性组合。应当提到的是,可能有这样的实施例,其中所述线性组合的除了一个之外的所有系数都等于零。

[0089] 可以如下写出不同的相应颜色通道中的图像帧的序列 18-20:

[0090]

$$\bar{I}(\bar{x}, t) = \begin{bmatrix} R_c(\bar{x}, t) \\ G_c(\bar{x}, t) \\ B_c(\bar{x}, t) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

[0091] 其中, $\bar{x}$ 是一帧中的像素位置, t 是对应于每一个相应的序列 18-20 中的一帧的时间点。于是可以如下写入矩阵操作 26 之前的步骤 21 中的去除或减少辉度变化的效果:

[0092]

$$\bar{I}_b(\bar{x}, t) = \frac{1}{\alpha R_c(\bar{x}, t) + \beta G_c(\bar{x}, t) + \gamma B_c(\bar{x}, t)} \bar{I}(\bar{x}, t). \quad (2)$$

[0093] 应当提到的是, 这是一个参数化操作, 并且可以通过分析由序列 18-20 代表的信号、从矩阵操作 26 得到的信号或者从后一个信号中提取出的信号中的至少一个来优化系数 α 、 β 、 γ 的值。但是一般来说, 任何系数值集合都将提供一种效果, 其中包括这些系数当中的两个具有零值的组合。

[0094] 下面将描述提取至少一个信号进行分析以便表征其至少一个周期性分量的步骤 32 的实现方式。

[0095] 在图 4 中示出了一种提取方法的第一实例。为了清楚起见省略了一些步骤。可以在一定程度上改变各个步骤的顺序, 并且在早于所示的阶段实施特定步骤。具体来说, 可以在从视频摄影机 7 接收图像序列 18、19、20 的阶段实施特定步骤。所示方法开始于获得(步骤 33)从图 2 中所示的最后一个非线性处理步骤 29 得到的输出序列 31。在下一步骤 34 中, 对图像进行处理以便去除非周期性背景信号。在该步骤 34 的一种实现方式中, 形成对应于序列 31 中的一部分或所有图像的平均亮度的校正信号。随后把像素数据与所述校正信号去相关。用于抵消非线性互相关的算法本身是已知的。在该步骤 34 中可以进行另外的图像处理以便例如补偿摄影机运动。

[0096] 在图 4 的方法中, 在图像序列 31 中跟踪感兴趣区段 35 (步骤 37)。感兴趣区段 35 被选择成对应于代表生物的一部分(例如面部)的暴露出的皮肤的图像的一部分。例如在 Viola, P. 和 Jones, M. J. 的“Robust real-time object detection (鲁棒的实时对象检测)”(*Proc. Of IEEE Workshop on statistical and computational theories of vision*, 2001 年 7 月 13 日)中描述了一种用于选择这样的感兴趣区段 35 的适当算法。可以替换该技术或者与该技术组合来使用其他技术。

[0097] 在整个序列 31 当中跟踪感兴趣区段 35。在 De Haan 等人的“True-motion estimation with 3-D recursive search block matching(利用 3-D 回归搜索块匹配的真实运动估计)”(*IEEE Transactions on circuits and systems for video technology*, 3(5), 1993 年 10 月, pp. 368-379)中描述了一种适当的跟踪算法。可以替换该跟踪算法或者与该跟踪算法相组合地使用其他跟踪算法。

[0098] 在所实施例中, 选择感兴趣区段 35 内的测量区 36 (步骤 38)。通过对多个图像部分(每一个图像部分的尺寸为一个或更多图像点)进行空间和/或时间分析来选择测量区 36, 以便确定具有类似特性的邻接部分集合。一种适当的算法是用于选择具有最小梯度变化的区段的算法。在关键图像中关于感兴趣区段 35 确定测量区 36 的位置, 从而随后可以

在序列 31 的每一个图像中对其进行定位。

[0099] 接下来(步骤 39),对于每一个图像,组合与测量区 36 内的各个单独的图像点相关联的值,从而获得亮度信号 40。一种适当的组合操作是求平均。该信号 40 是时变信号,这是因为每一个值都对应于序列 31 中的一个图像,并且序列 31 中的每一个图像都对应于特定时间点。

[0100] 随后把该亮度信号 40 转换(步骤 41)成最终信号 42,其至少代表基于来自从视频摄影机 7 获得的序列 18-20 的像素值的一个值的变化。在该步骤 41 的一种实现方式中,亮度信号 40 以其均值为中心。在一种不同的实现方式中,该步骤 41 包括滤波操作,例如对应于平均亮度信号 40 的微分的滤波操作。用于提取亮度信号 40 的动态范围的大约 1% 的变化的其他替换技术也是可能的。

[0101] 分析最终信号 42 (步骤 43),以便表征一个或更多周期性生理现象。具体来说,使用频谱分析来确定其频谱中的至少一定频率范围内的一个或更多局部最大值,其中已知所述频率范围包括对应于感兴趣的生物(例如人类)的典型心率值和 / 或呼吸率值。在一个替换实施例中,使用时域内的心率提取方法。

[0102] 可以看到,出于说明性目的已经描述了单个感兴趣区段 35 和单个测量区 36。在其他实施例中,跟踪序列 31 内的多个感兴趣区段,并且 / 或者使用一个感兴趣区段内的多个测量区来获得多个最终信号。随后可以使用例如聚类算法等等来获得对应于例如心率的公议值(consensus value)。

[0103] 图 5 示出了对利用图 2 的方法获得的图像序列 31 进行处理的一种替换方法。同样地,为了清楚起见省略了某些步骤,可以改变各个步骤的顺序,并且可能已经在图 2 中所示的阶段实施了某些步骤。

[0104] 初始步骤 44、45 类似于图 4 的方法的第一步骤 33、34。因此,获得(步骤 44)并且校正(步骤 45)利用图 2 的方法生成的图像序列 31。

[0105] 但是在下一步骤 46 中,将栅格覆盖在序列 31 中的每一个图像上。所述栅格把图像分割成(潜在的)测量区阵列。每一个测量区包括多个图像点,即像素位置。随后(步骤 47),选择至少一个但是通常是所有测量区,并且对于每一个测量区形成相应的信号 48a-n,所述信号 48a-n 对应于所涉及的测量区内的各个图像点处的像素值的时变空间组合。所述空间组合可以是平均值、均值或其他类型的组合。在任何情况下,一个特定时间点处的其中一个信号 48a-n 的值是基于来自对应于该时间点的序列 31 中的图像的多个像素值。因此,随机噪声(与由于所代表场景中的摄影机运动或对象移动而导致的噪声不同)得以被抵消。

[0106] 随后把每一个信号 48a-n 以其均值为中心(步骤 49),以便产生最终信号 50a-n 进行分析,从而表征其至少一个周期性分量。同样地,取代把信号 48a-n 以其均值为中心,可以使用提取小幅度变化的不同操作(比如微分)。

[0107] 在最后一个步骤 51 中实施对最终信号 50a-n 的分析。在该例中,确定特定频率范围内的主导频率。在其他应用中,对于特定频率产生相位图(如果对于由所述栅格限定的每一个测量区产生最终信号 50a-n 的话)。

[0108] 前面参照图 2、4 和 5 描述的方法允许对于人类的生物统计信号进行鲁棒的连续监测。此外,与所监测的人类的日常活动的干扰最小,这是由于所述监测的远程性质而实现的。因此,所述方法可以被用来在任何时刻提供关于一个人的精神和生理状况的实际上即

时的反馈。所述方法不需要正被监测的个人佩戴不便的身体传感器。

[0109] 传统的远程光体积描记方法受限于对处在视频摄影机 7 的大约 1 米范围内的人进行远程监测。此外,所监测的对象不应当移动,并且在采集视频信号的过程中照明应当是恒定的。

[0110] 图 2 中所示的步骤 52、53 使得图 1 的系统能够提供具有增强的信噪比的最终信号 42、50a-n,至少在涉及对应于将要分析的周期性信号的分量的情况下是这样(所述分量表明所述远程光体积描记实例中的脉冲血流)。具体来说,对于由于视频摄影机 7 的移动、所监测的人的移动以及照明变化而导致的噪声的鲁棒性得到了改进。

[0111] 为此,所述系统分析(步骤 52)接收自视频摄影机 7 的图像帧序列 18-20、由经过单独处理的图像帧构成的序列 23-25、从矩阵操作 26 得到的图像序列 28、图像的输出序列 31 以及所提取出的信号 40、48 和信号 42、50a-n 中的至少一个,并且确定(步骤 53)适当的值,以便提供对应于第一操作 22a-c、矩阵操作 26 和另外的非线性变换操作 30 的每一个实例的参数值集合 54。替换地或附加地,可以在参数值集合 54 中包括用于导出控制信号和/或滤波器系数的值的参数,其中所述控制信号决定由不同的经过调谐的光源 13-15 发出的光的相对强度和/或频率,所述滤波器系数决定由传感器 9-11 捕获的光的相对衰减和/或通带。

[0112] 所述参数值被选择成优化所需信号分量(其代表血量脉冲)与多余信号分量(其由于照明改变或运动导致)的比值。

[0113] 在一个实施例中,所述数据处理系统实际上利用最终信号 42、50a-n 计算信噪比,并且利用穷举性或定向搜索方法来调节参数值,以便最大化所计算的信噪比。

[0114] 在另一个实施例中,数据处理系统 1 仅仅利用利用各个颜色通道中的图像帧序列 18-20 或者经过单独处理的序列 23-25 来实施主分量分析。随后把用于矩阵操作的系数选择成正交于与感兴趣的信号分量(即代表心率和/或呼吸率的分量)无关的主分量。

[0115] 在所实施实施例中,在处理由序列 18-20 代表的信号的同时,连续实施步骤 52、53。该实施例适用于其中周围照明条件发生改变的情况。

[0116] 在一个替换实施例中,如图 1 中所示的系统被用来获得参数值集合 54 以便随后用在仅仅实施步骤 17、21、27、29、32 的一个或更多其他系统中,所述步骤直接得到信号 42、50a-n 以进行分析,从而表征其至少一个周期性分量。因此,一种制造所述其他系统的方法包括:利用之前通过使用测试信号和图 2 的完整方法获得的参数值集合 54 来配置所述系统。这些系统(比如实施图 2 的完整方法的系统)能够提取一个信号,其中所述信号包括携带代表相对较强的周期性信号的信息的分量。

[0117] 在图 6 中示出了实施远程光体积描记的方法的另一个实施例。该方法可以被视为图 2 的方法的一种替换方案,并且同样由数据处理系统 1 实施。

[0118] 该方法还把相应的颜色通道中的图像帧的多个序列 55-57 作为输入,其对应于在图 2 中示出并且在前面讨论过的序列 18-20。每一个图像帧由代表在与所涉及的序列 55-57 相关联的频率范围内捕获的电磁辐射的强度的像素值构成,其中不同的相应频率范围与每一个序列 55-57 相关联。序列 55-57 是同步的,这是因为特定时间点对应于每一个序列 55-57 的一个图像帧。因此,每一个序列 55-57 形成一个信号,其在这里也被称作第二信号。各个图像帧对应于具有暴露出的皮肤的至少一个生物(优选地是人类)的图像。在下面的详

细解释中将假设对完整的图像帧进行处理,但是图 6 的方法也可以在一个或更多所跟踪的感兴趣区段上实施,其中每一个所跟踪的感兴趣区段都是分段操作的结果,所述分段操作旨在识别出各个图像帧的代表暴露出的皮肤的那些部分。

[0119] 在第一步骤 58 中获得图像帧的序列 55-57,随后对其进行并行处理。也就是说,每一个序列形成对于包括至少一个操作的相应序列的输入。每一个序列中的至少一个操作涉及到应用一个因数,所述因数的值是基于在来自序列 55-57 本身中的图像帧的像素值的基础上计算的至少一个值。这些因数决定序列 55-57 的至少一些分量对最终信号的相对影响,其中所述最终信号被用来提取心率或呼吸率信息(在光体积描记应用中)。

[0120] 在所示实施例中,首先实施颜色归一化(步骤 59),但是操作序列中的各个操作的顺序在原则上可以不同。实施颜色归一化步骤 59 以便对一定时间区间内的平均皮肤色调进行归一化,从而消除照明频谱中的缓慢改变以及由于运动导致的平均皮肤色调的缓慢改变的效果。当代表皮肤的像素被不完美地跟踪时,运动可能会导致平均皮肤色调中的改变。当其中所描绘的对象发生移动的环境没有被均匀地照明时,其也可能会导致平均皮肤色调中的改变,这例如是由于存在具有不同频谱的多个光源或者由于有色的反射表面而导致的。

[0121] 颜色归一化步骤 59 实际上把由摄影机 7 限定的颜色空间变换到归一化的颜色空间,其中缓慢的颜色改变没有效果。这种归一化的一个效果是(在理想情况下)在归一化的颜色空间内提供一个矢量,其与代表由于血量脉冲而导致的颜色改变的固定线(“心搏线”)平行地移动。

[0122] 假设图像帧的序列 55-57 对应于红色、绿色和蓝色通道,则可以如下写出由摄影机在像素位置 $\vec{x}$ 和时间点 t 处记录的颜色改变 $\vec{H}_c(\vec{x}, t)$:

[0123]

$$\vec{H}_c(\vec{x}, t) = \frac{d\vec{I}_c(\vec{x}, t)}{dt} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} R_c(\vec{x}, t) \\ G_c(\vec{x}, t) \\ B_c(\vec{x}, t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0124] 由于变化的血量(在远程光体积描记的情况下是感兴趣的现象)而导致的颜色改变被覆盖所述血量的皮肤的局部皮肤色调以及照明源调制。这是一个乘法处理,因此适当的归一化将导致解调。

[0125] 颜色归一化步骤 59 包括把瞬时颜色分量除以红色、绿色和蓝色值的对应的时间平均值。取代所述平均值,可以取得与相应的不同时间点相关联的多个值的不同组合,其中所述不同时间点跨越与为之计算所述组合的时间点相关联的时间点。一个实例是中值。颜色归一化步骤 59 的结果由经过颜色归一化的图像的三个并行序列 60-62 形成。所述操作可以被如下写出 :

[0126]

$$\bar{I}_n(\vec{x}, t) = \begin{bmatrix} R_n(\vec{x}, t) \\ G_n(\vec{x}, t) \\ B_n(\vec{x}, t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R_c(\vec{x}, t)}{R_c(t)} \\ \frac{G_c(\vec{x}, t)}{G_c(t)} \\ \frac{B_c(\vec{x}, t)}{B_c(t)} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

[0127] 其中, $\bar{I}_n(\vec{x}, t)$ 是归一化的颜色矢量, 并且 $\bar{R}_c(t)$ 、 $\bar{G}_c(t)$ 、 $\bar{B}_c(t)$ 是对于图像帧的每一个并行序列 55-57 单独计算的时变因数。

[0128] 在针对这里所讨论的变型的一种替换变型中, 计算单独的因数值 $\bar{R}_c(\vec{x}, t)$ 、 $\bar{G}_c(\vec{x}, t)$ 、 $\bar{B}_c(\vec{x}, t)$, 并且将其应用于每一个像素位置 (即没有空间组合)。

[0129] 在所示变型中, 在一个或更多感兴趣区段当中的每一个之内的多个像素位置处的像素值的基础上计算因数 $\bar{R}_c(t)$ 、 $\bar{G}_c(t)$ 、 $\bar{B}_c(t)$, 并且将其应用于与该感兴趣区段内的各个位置相关联的像素。因此可以将其如下写出:

[0130]

$$\begin{aligned} \bar{R}_c(t) &= \frac{1}{2\epsilon|X|} \int_{t-\epsilon}^{t+\epsilon} \int R_c(\vec{x}, z) d\vec{x} dz, \\ \bar{G}_c(t) &= \frac{1}{2\epsilon|X|} \int_{t-\epsilon}^{t+\epsilon} \int G_c(\vec{x}, z) d\vec{x} dz, \text{ 和} \\ \bar{B}_c(t) &= \frac{1}{2\epsilon|X|} \int_{t-\epsilon}^{t+\epsilon} \int B_c(\vec{x}, z) d\vec{x} dz, \end{aligned} \quad (5)$$

[0131] 其中, $|X|$ 对应于感兴趣区段 X 的面积。

[0132] 当然, 数据处理设备 2 将处理时间离散信号。虽然随着时间的平均值可以使用来自多于两个时间点的像素值, 但是简单并且相对精确的近似使用来自两个相继时间点的像素值。其中一个可以对应于为之计算所述因数值的时间点。在这样的步骤的实现方式的一个实例中, 其可以被如下写出:

[0133]

$$I_{n,d}(x, t) = \frac{I_{c,d}(\vec{x}, t)}{I_{c,d}(\vec{x}, t) + I_{c,d}(\vec{x}, t-1)}, \quad (6)$$

[0134] 应当提到的是, 所述感兴趣区段在该变型中对应于一个像素位置。

[0135] 颜色归一化步骤 59 应当得到其像素值遵循高斯分布的图像帧。在一种变型中, 其值偏差过大的那些像素不被用来获得用以进行分析以便表征其至少一个周期性分量的最终信号 (其在这里也被称作“第一信号”)。附加地或替换地, 所述方法被迭代地应用。在颜色归一化之后, 随着时间具有最稳定像素值分布的一个区段被用作感兴趣区段。可替换地,

可以使用最大的区段。在全部两种替换方案中,代表单个生物的暴露出的皮肤的图像部分应当具有高斯分布这一事实被用来对图像帧进行分段。计算适用于其中一个所述节段的颜色归一化因数,并且将其应用于与仅仅该节段中的各个像素位置相关联的像素值。

[0136] 如图6中所示,在下一步骤63中对颜色归一化的图像的序列60-62进行进一步处理,在该步骤中实施照明归一化。应当提到的是,该步骤63可以处在颜色归一化步骤59之前,并且在一些变型中可以省略这两个归一化步骤59、63的其中之一。

[0137] 照明归一化步骤63考虑到了近乎不可能在图像的序列55-57中精确地跟踪各个像素,尽管通常应当有可能分段出代表暴露出的皮肤的所有像素。但是当各个单独的像素被不完美地跟踪时,照明强度和皮肤透射的变化仍将表现出来。照明归一化有助于帮助去除这些效果。其还有助于去除由于移动而不是图像中所示对象的脉冲血流导致的亮度改变。

[0138] 照明归一化步骤63得到另外三个归一化的图像序列64-66。其可以被如下地数学表示:

[0139]

$$\bar{I}_b(\bar{x}, t) = \frac{1}{\alpha R_n(\bar{x}, t) + \beta G_n(\bar{x}, t) + \gamma B_n(\bar{x}, t)} \bar{I}_n(\bar{x}, t) \quad (7)$$

[0140] 参数 α 、 β 、 γ 可以具有任何值。实际上,其中一个或两个可以具有零值。但是在理论上存在对于各个值的最优选择,其是使得所得到的归一化的像素处在归一化的颜色空间内的与心搏线平行的一个平面内的该组合。在一个实施例中,实施分析以便选择参数 α 、 β 、 γ 的优化值。

[0141] 在所示方法的后续步骤67中,通过从每一个当前像素值中减去紧接在前的时间点处的对应像素位置处的值而建立不同的信号,从而得到差值帧的三个序列68-70。应当提到的是,该步骤67可以与例如颜色归一化步骤59相组合,从而将等式(6)修改成:

[0142]

$$H_{n,d}(x, t) = \frac{I_{c,d}(\bar{x}, t) - I_{c,d}(\bar{x}, t-1)}{I_{c,d}(\bar{x}, t) + I_{c,d}(\bar{x}, t-1)} \quad (8)$$

[0143] 所示步骤67是取得图像帧的序列55-57(“第二信号”)作为输入的并行操作序列中的最后一步。

[0144] 其后是另一个步骤71,其中实施操作以便把归一化的差信号组合成单个信号,其每一个值都是基于来自对应时间点处的相应的归一化的差信号的值。在所示实施例中,该步骤71涉及到投影到归一化的颜色空间内的一条线,其对应于由于生物的脉冲血流而导致的颜色变化。与该线正交的任何噪声都在步骤71中被消除,从而得到单个帧序列72。在一种变型中,在该步骤71中还消除了异常值。

[0145] 随后应用可选的后处理步骤73。该步骤73可以涉及诸如带通滤波之类的操作。其结果是经过后处理的图像帧序列74。

[0146] 最后(步骤75),建立至少一个组合信号76。该信号是基于多个像素位置处的信号,对其进行处理的结果是获得一个公议值。该步骤75可以涉及聚类、求平均、确定中值、进一步的异常值去除等等。该步骤75得到具有更好信噪比的更强信号。可以应用傅里叶分析来表征至少一个周期性分量,例如对应于心搏信号或呼吸信号的周期性分量。

[0147] 在一个替换实施例中,后处理步骤 73 已经涉及从时域到频域的变换。

[0148] 前面描述的实施例的效果是允许把利用相对不那么复杂并且便宜的摄影机 7 捕获的图像用来表征周期性现象,其中所述周期性现象在图像帧的感兴趣区段内导致几乎不可察觉的变化。所述表征相对可靠,这是因为由于其他影响导致的变化被消除或者至少被抑制。

[0149] 应当提到的是,前面提到的实施例说明而非限制本发明,在不背离所附权利要求书的范围的情况下,本领域技术人员将能够设计许多替换实施例。在权利要求书中,置于括号之间的任何附图标记不应当被理解为限制该权利要求。“包括”一词不排除未在权利要求中列出的其他元件或步骤的存在。元件之前的“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。在互不相同的从属权利要求中引述某些措施的纯粹事实并不意味着不能使用这些措施的组合来获益。

[0150] 在其中同时使用视频摄影机 7 和传感器 9-11 的实施例也例如是可能的。在其中除了视频摄影机 7 之外还使用另一个摄影机的另一个实施例也是可能的。举例来说,热摄影机可以提供一个通道内的信号,视频摄影机 7 则提供另一个通道内的信号。

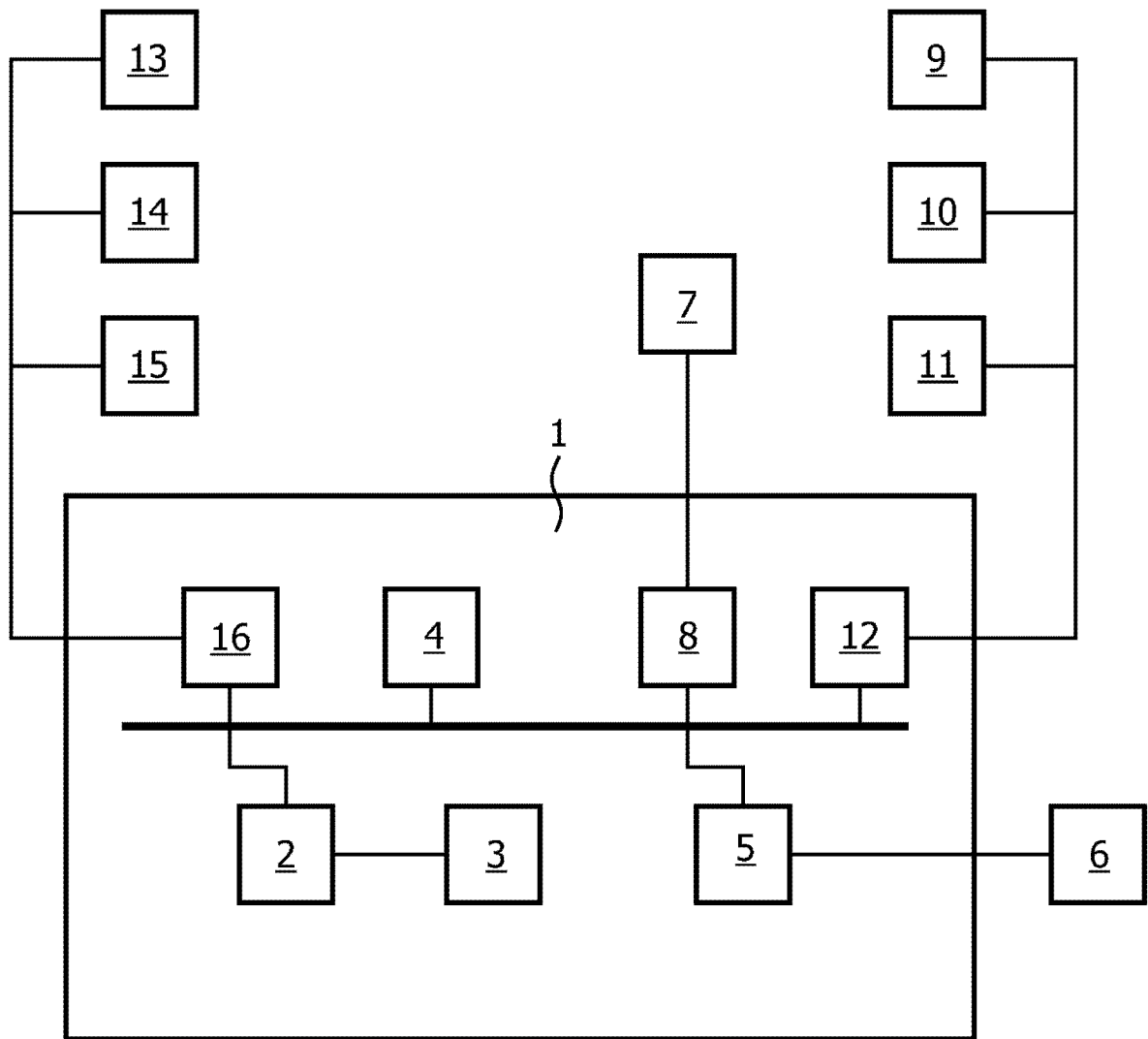


图 1

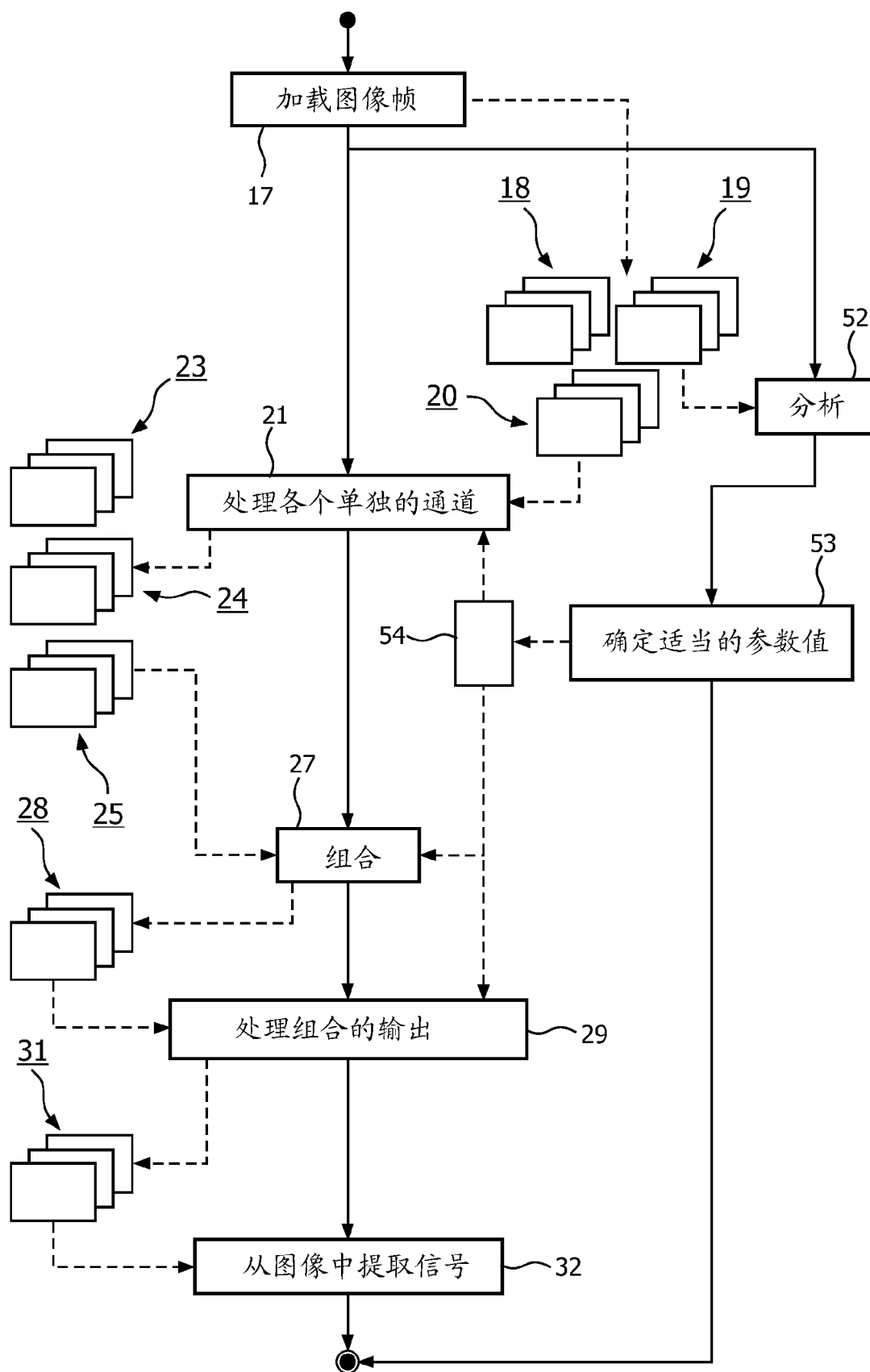


图 2

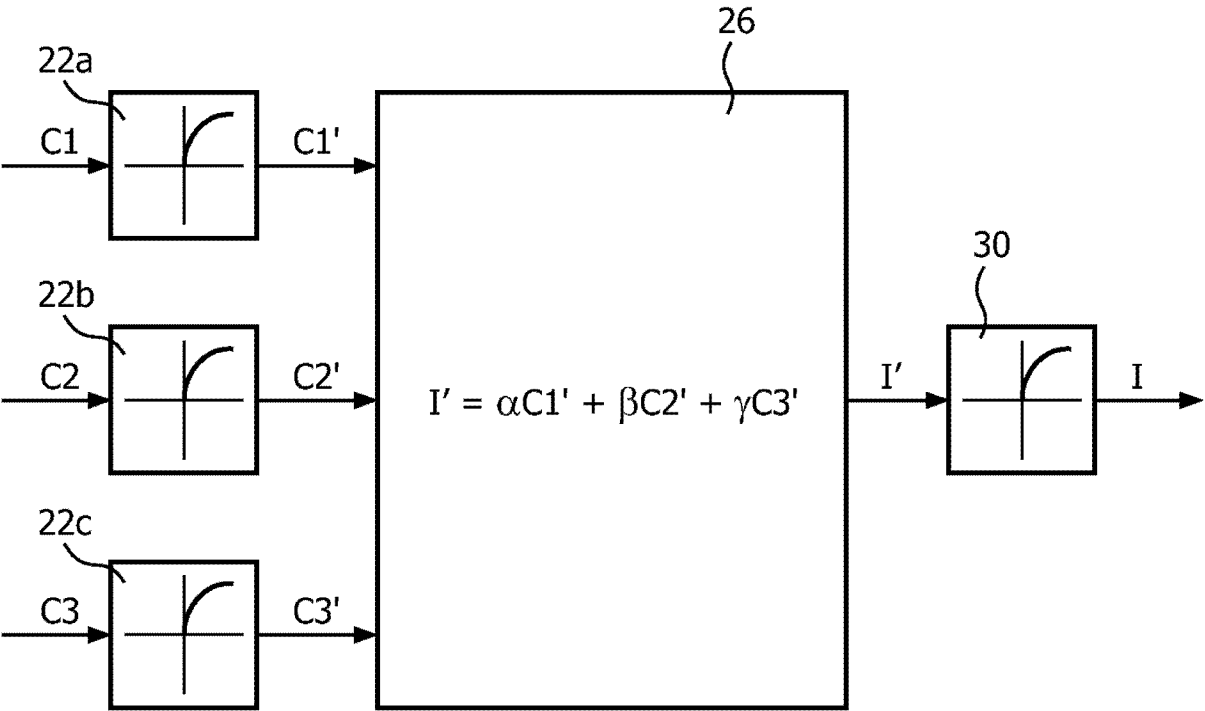


图 3

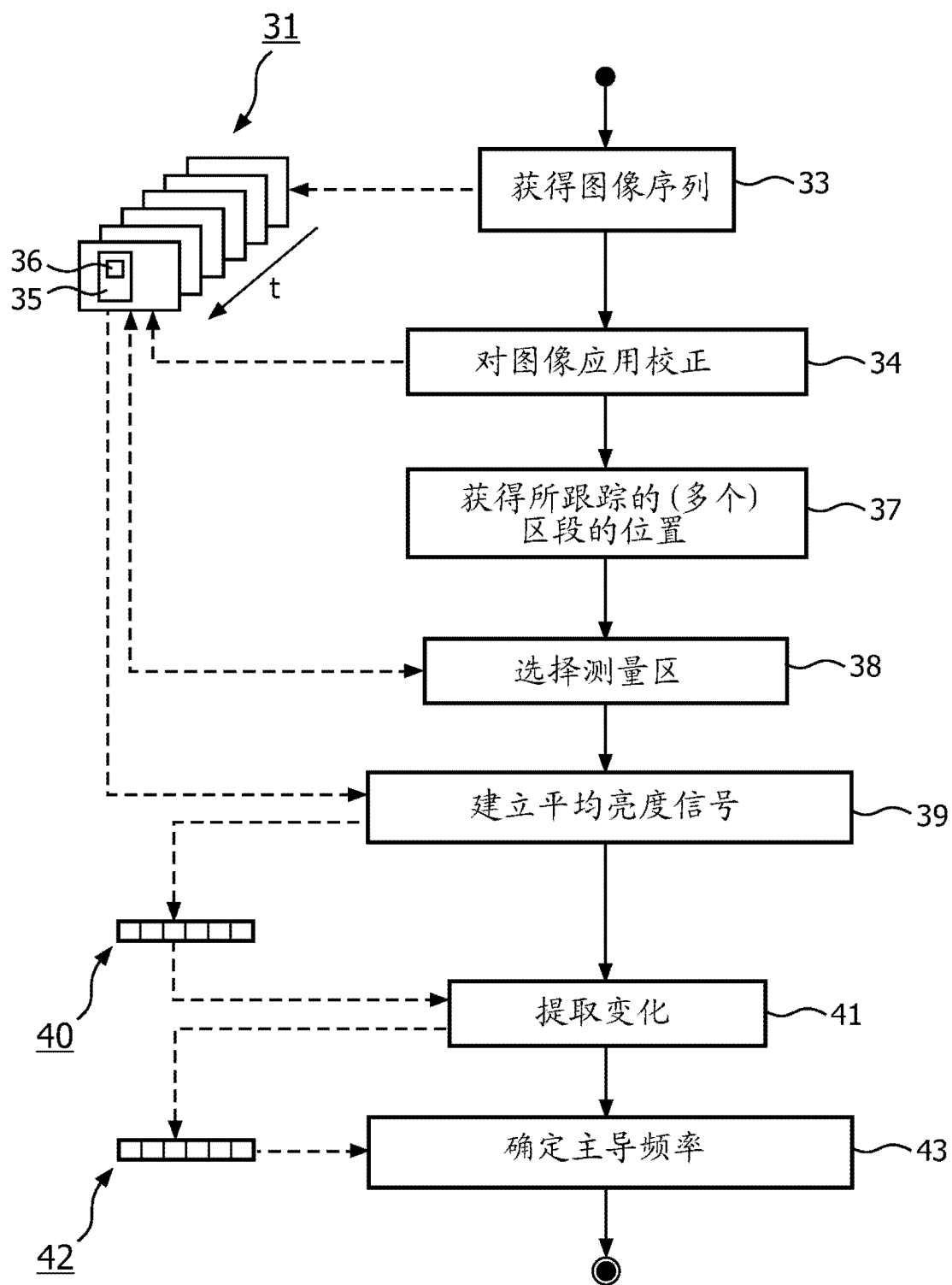


图 4

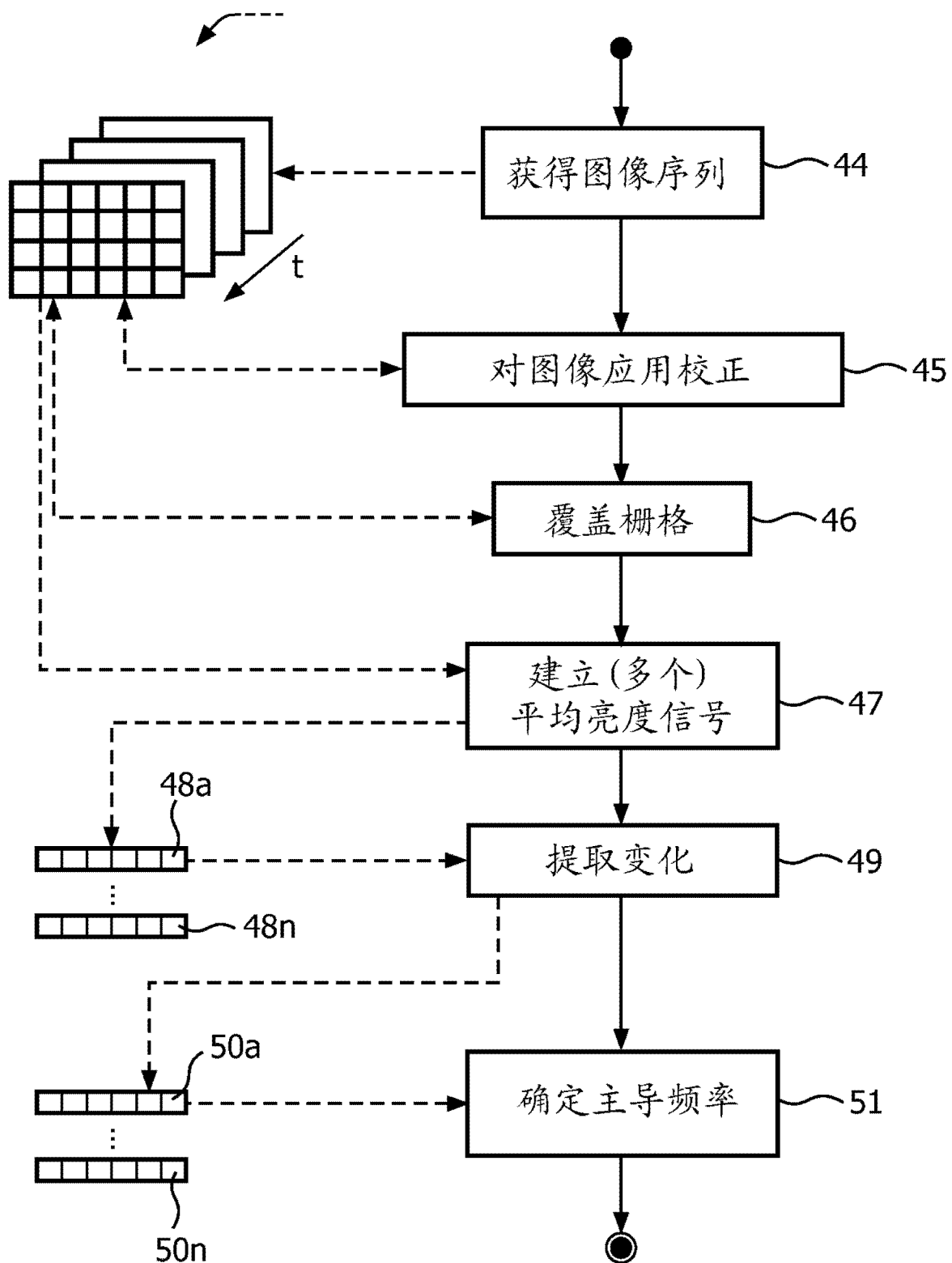


图 5

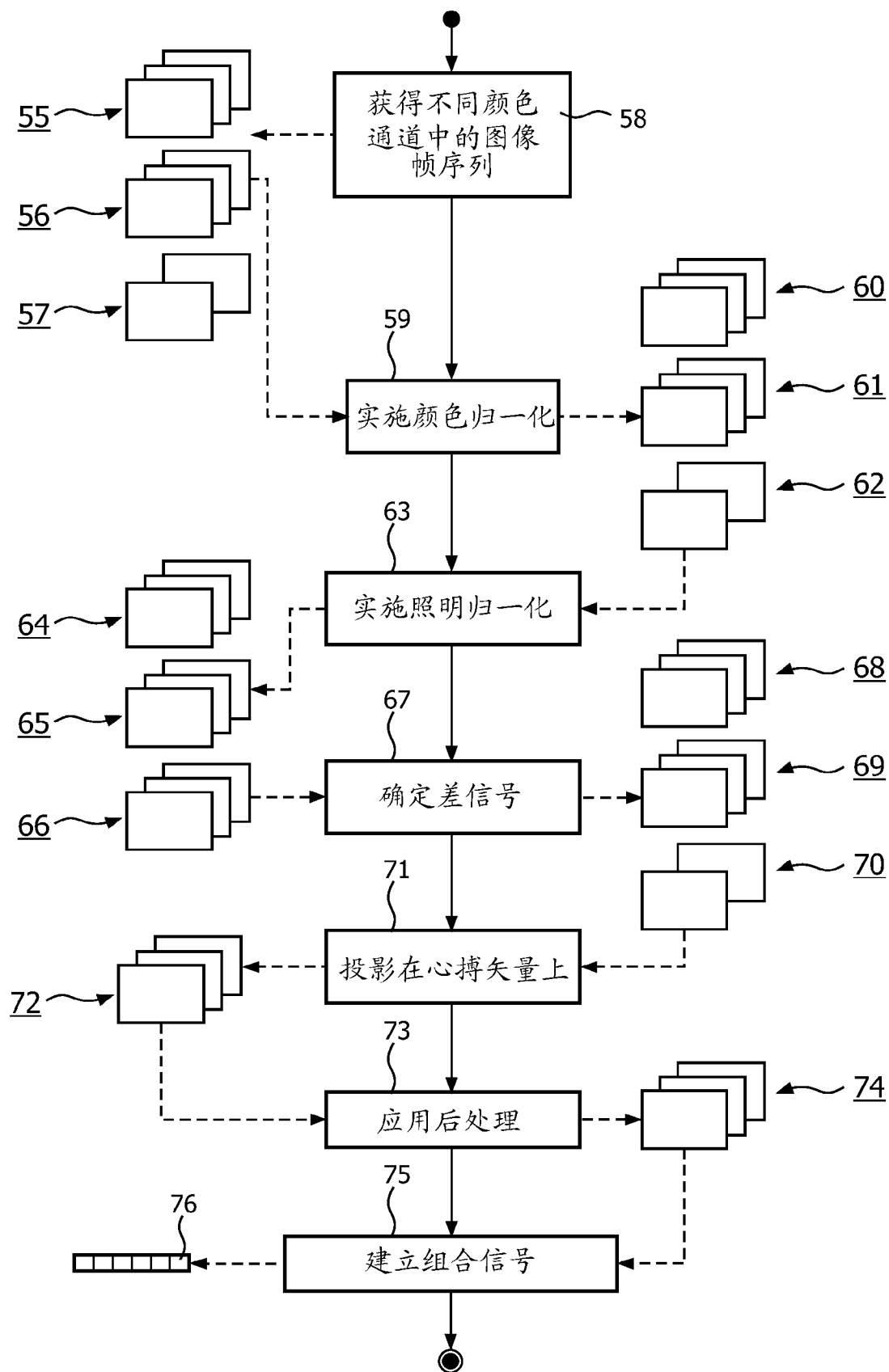


图 6