(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114543703 A
(43)申请公布日 2022.05.27

(21)申请号 202111410695.7

(22)申请日 2021.11.24

(30)优先权数据
20209903.2 2020.11.25 EP

(71)申请人 普诺飞思
地址 法国巴黎

(72)发明人 X·拉戈斯 A·楚普里纳

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
专利代理师 刘薇 于静

(51)Int.Cl.
G01B 11/25(2006.01)

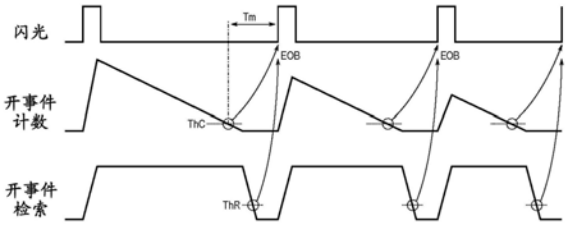
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

用于在主动感知系统中自动适配图案投影率的方法

(57)摘要

一般地,提供了一种用于在主动感知系统中调整图案投影率的方法,其包括以下步骤:用基于事件的传感器阵列观察场景;在场景上投影光图案序列中的当前光图案持续给定时间间隔;响应于对当前光图案的投影,检索由基于事件的传感器阵列生成的事件;监视事件检索进展的特性;以及基于该特性来动态地控制对光图案的投影。



CN 114543703 A

1.一种用于在主动感知系统中调整图案投影率的方法,包括:

用基于事件的传感器阵列观察场景;

在所述场景上投影光图案序列中的当前光图案持续给定时间间隔;

响应于对所述当前光图案的投影,检索由所述基于事件的传感器阵列生成的事件;

其特征在于,所述方法包括:

监视事件检索进展的特性;以及

基于所述特性,动态地控制对所述光图案的投影。

2.根据权利要求1所述的方法,包括:

当所述特性满足突发结束标准时,动态地触发对所述序列中的下一个光图案的投影。

3.根据权利要求2所述的方法,包括:

基于所生成的事件的数量,对计数器设置值;以及

随着所述事件被检索,递减所述计数器;

其中,当计数器值低于阈值时,所述突发结束标准被满足。

4.根据权利要求2所述的方法,包括:

随着所述事件被检索,计算事件检索率;

其中,当所述事件检索率低于阈值时,所述突发结束标准被满足。

5.根据权利要求2所述的方法,其中,当在系统时钟的多个连续周期内没有生成事件时,所述突发结束标准被满足。

6.根据权利要求1所述的方法,其中,在所述投影开始之后的时间量,监视所述特性启动。

7.根据权利要求2所述的方法,其中,在所述突发结束标准被满足之后的固定时间量,对下一个光图案的投影发生。

8.根据权利要求3所述的方法,其中,所述传感器阵列包括按行组织的像素,所述方法包括:

针对其中至少一个像素生成事件的每一行,生成请求;

用已经生成请求的行的数量来设置所述计数器;以及

每当一行的所有事件被检索到时,计数器减一。

9.根据权利要求4所述的方法,其中,所述事件检索率被计算为在多个检索周期上的滑动平均。

10.根据权利要求1所述的方法,包括:

当所述特性满足峰值事件生成标准时,动态地停止对当前光图案的投影。

11.根据权利要求3所述的方法,包括:

延迟所述事件检索,直到所述计数器满足固定条件。

用于在主动感知系统中自动适配图案投影率的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在主动感知系统(特别是结构光感知系统)中使用基于事件的摄像头来捕捉场景。

背景技术

[0002] 在结构光感知系统中,空间图案序列被投影到场景上,并被摄像头传感器阵列捕捉,以用于通过三角测量来执行三维重建。在主动立体系统中,图案投影由两个不同的摄像头来捕捉。

[0003] 专利申请WO2020/169834公开了一种使用基于事件的摄像头来捕捉所投影的图案的结构光感知系统。使用基于事件的摄像头显著降低图像数据速率,并因此减少用于3D重建过程的图像处理资源。然而,可以通过使用基于事件的摄像头的其他特性来进一步改进系统。

发明内容

[0004] 一般地,提出一种用于在主动感知系统中适配图案投影率的方法,其包括以下步骤:用基于事件的传感器阵列观察场景;在场景上投影光图案序列中的当前光图案持续给定时间间隔;响应于对当前光图案的投影,检索由基于事件的传感器阵列生成的事件;监视事件检索进展的特性;以及基于特性,动态地控制对光图案的投影。

[0005] 该方法还可以包括以下步骤:当特性满足突发(burst)结束标准时,动态地触发对序列中的下一个光图案的投影。

[0006] 该方法可以包括以下进一步的步骤:基于所生成的事件的数量,对计数器设置值;以及随着事件被检索,递减计数器;其中,当计数器值低于阈值时,突发结束标准被满足。

[0007] 该方法可以替代地包括以下进一步的步骤:随着事件被检索,计算事件检索率;其中,当事件检索率低于阈值时,突发结束标准被满足。

[0008] 替代地,当在系统时钟的多个连续周期内没有生成事件时,突发结束标准被满足。

[0009] 在投影开始之后的时间量,监视特性可以启动。

[0010] 在突发结束条件被满足之后的固定时间量,对下一个光图案的投影可以发生。

[0011] 传感器阵列可以包括按行组织的像素,该方法包括以下步骤:针对其中至少一个像素生成事件的每一行,生成请求;用已经生成请求的行的数量来设置计数器;以及每当检索到一行的所有事件时,计数器减一。

[0012] 事件检索率可被计算为在多个检索周期上的滑动平均。

[0013] 该方法可以包括以下进一步的步骤:当特性满足峰值事件生成标准时,动态地停止对当前光图案的投影。

[0014] 该方法可以包括以下进一步的步骤:延迟事件检索,直到计数器满足固定条件为止。

附图说明

[0015] 根据以下仅用于示例性目的而提供的并在附图中呈现的本发明的特定实施例的描述，其他优点和特征将变得更加清楚，其中：

[0016] 图1示意性地图示包括自适应投影率控制系统的实施例的示例性结构光感知系统；

[0017] 图2图示了自适应投影率控制过程的两个实施例的时序图。

具体实施方式

[0018] 在结构光感知系统中，即使是使用基于事件的摄像头，序列的连续光图案也是以固定速率被投影的，其中，分离两个投影或闪光(flash)的时间是恒定的，并被选择在与最坏情况相对应的值。

[0019] 在连续的闪光之间，应当给予摄像头时间以获取由前一个闪光引起的场景的所有变化。采用传统的摄像头，则该摄像头以恒定的帧速率操作，闪光速率在该帧速率上被同步。采用基于事件的摄像头，则检索由闪光引起的事件所需的时间取决于事件的数量，即看见光变化的像素的数量，这可随着所投影的特定图案、场景中的移动、场景、结构光投影仪和摄像头的相对位置等而变化。因此，投影率通常被设置为等于检索与摄像头传感器的所有像素相对应的多个事件所需的时间的时段，它在大多数时候比需要的更慢。

[0020] 为了提高投影率，本公开提供了使投影率可变并与检索由每个闪光引起的事件突发所用的时间动态地适配。实际上，只要检索到由前一个闪光引起的所有事件，则可以触发序列中的下一个闪光，由此，投影率相对于应当读出传感器的所有像素的最坏情况平均被增加了。

[0021] 图1示意性地图示了包括自适应投影速控制系统的实施例的示例性结构光感知系统。包括三维对象10的场景被投影仪12照亮，并被基于事件的摄像头EBC以一个角度观察。

[0022] 投影仪12被设计成投影适于对象的3D重建的图案序列，诸如一组垂直线图案，其中，表示光的白线假定在该组的多个图案上的不同位置，以使得线条扫描场景的全部表面区域。

[0023] 摄像头EBC包括传感器阵列14和事件处理电路16，其中，场景在传感器阵列14上被聚焦，事件处理电路16通常被称为仲裁器并且被设计为在事件异步地发生时从传感器阵列检索事件。所检索的事件以已知格式通过接口被输出，该格式通常传达类型、地址(阵列中的位置)和时间戳。通常，事件类型对于亮度增加是“正”或“开”，对于亮度降低则是“负”或“关”。

[0024] 迄今为止所描述的图1的系统可以是传统的，诸如在专利申请WO2020/169834中公开的。

[0025] 此外，该系统包括设备18，该设备18被连接以从摄像头EBC接收事件数据，并被配置为检测由每个闪光引起的事件突发的结束。每次检测到突发结束时，该设备使能突发结束信号EOB。实际上，EOB信号被使能持续短时间量，形成脉冲。随后公开用于突发结束检测的标准的示例。

[0026] 投影仪的控制电路20被设计为设置图案序列的投影率，并可被修改成使用EOB信号作为时钟，由此，每次EOB信号展示出脉冲时触发下一次投影。

[0027] 在没有EOB脉冲的情况下，投影仪12可被设计为以与最坏情况相对应的固定频率在自由运行模式下传统地投影图案序列。然后，当EOB脉冲出现时，EOB脉冲覆盖自由运行模式。

[0028] 图2图示了可以在图1的系统(尤其是突发结束检测设备18)中实现的自适应投影率控制过程的两个示例的时间图。

[0029] 在顶部的图形示出了与投影仪12对图案的投影或闪光相对应的脉冲序列。除了第一个闪光之外的每个闪光由突发结束条件EOB触发，该条件EOB可以通过各种方法来确定，其中两种方法在下面的两个图表中列举说明。

[0030] 在第一个示例中，假设摄像头EBC(特别是它的事件处理器16)包括事件计数器，该事件计数器在事件出现时被异步地递增，并在事件被检索并清除时递减。如前所述，事件可以是“开”或“关”事件。实际上，每个闪光将引起开事件突发，后面通常是关事件突发。针对本公开的目的，可以仅考虑开事件，因此，在下文中提到的事件实际上将是开事件。

[0031] 因此，第二个图形示出了事件计数器的演变，该事件计数器将被评估以检测突发结束标准并在标准被满足时触发下一个闪光。

[0032] 计数器最初在零处。就在闪光开始之后，事件计数迅速增加以在最大像素延迟时间达到时达到峰值，这通常可在闪光结束前发生，如图所示。

[0033] 在闪光结束时，随着事件被事件处理器16检索并清除(图1)，事件计数逐渐减少。

[0034] 在理论上，只要事件计数再次达到零，就可以满足突发结束标准。然而，在实践中，由于噪声触发虚假事件，因此，事件计数不认为是稳定的零值，或者有时甚至从未达到零。因此，优选地，当事件计数低于阈值ThC时，认为EOB标准被满足。计数阈值ThC可以是例如几十。

[0035] 在某些情况下(未示出)，下一个闪光可以就在检索事件所需的时间保持在阈值ThC以下的短时段之后几乎立即被触发。

[0036] 在其他情况下，可以对两个闪光之间的最短时间施加限制，例如为了确保眼睛安全或为了向3D重建系统提供充分的处理时间。在这种情况下，下一个闪光可以在EOB标准被满足之后被延迟给定时间裕度Tm，如图所示。

[0037] 可以使用计数历史来评估EOB标准，并且在当前计数低于阈值ThC而一个或几个先前计数高于阈值时，可认为EOB标准被满足。另一种替代方式是仅将当前计数与阈值进行比较，并在闪光触发后的给定延迟之后使能比较器输出，以允许计数在突发开始时超过阈值。

[0038] 这些图形示出了其中事件突发的大小从一个闪光到下一个闪光减小的示例情况，说明诸如当对象远离摄像头时之类的场景特性的变化。显然，闪光之间的时间间隔相应地减小。

[0039] 在某些情况下，提供单独跟随每个事件的事件计数器可能难以实现。在典型的基于事件的摄像头中，通过传感器阵列的行来评估事件，即，只要在一行中出现第一个事件，该行就向仲裁器发出用于检索的请求，并且无论在仲裁器处理该请求之前在该行中后来出现了多少个事件，都只发出一个这种请求。在这种情况下，计数器可以仅对行请求而不是实际事件进行计数，并且随着行请求被仲裁器处理和清除而递减。事件计数则不太准确，但仍与突发大小相称，并且仍然实现期望的功能。

[0040] 在第二个示例中，突发结束标准是基于瞬时事件检索率的演变。如前所述，事件处

理器16检索开事件和关事件两者，但优选地，仅考虑开事件，因为它们更早发生。

[0041] 因此，在底部的图形示出了瞬时事件检索率的演变，该瞬时事件检索率将被监视以检测突发结束标准并在该标准被满足时触发下一个闪光。

[0042] 检索率最初是零。从第一个闪光开始，检索率随着事件出现而增加，并以峰值速度为上限，在峰值速度处，使用系统的全带宽来检索事件。只要事件仍有待被检索，则保持峰值速度不变，并且当没有事件剩余时，即当由闪光引起的事件突发已被全部检索时，峰值速度突然下降。

[0043] 检索率的上升和下降被示为是渐进的，因为在实践中，事件速率可以被计算为在几个时钟周期上的滑动平均，以过滤噪声和虚假变化。

[0044] 如先前所述，为了满足可对两个闪光之间的最短时间施加的限制，下一个闪光可以被延迟给定时间裕度，如图所示。

[0045] 在理论上，当检索率达到零时，可以认为EOB标准被满足。然而，在实践中，由于噪声触发了虚假事件，因此，检索率不认为是稳定的零值，或者有时甚至从未达到零。因此，优选地，当检索率低于阈值ThR(例如峰值速率的10％左右)时，认为EOB标准被满足。

[0046] 可以使用瞬时速率历史来评估EOB标准，并且在当前速率值低于阈值ThR而一个或几个先前速率值高于阈值时，认为EOB标准被满足。另一种替代方式是仅将当前速率值与阈值进行比较，并在闪光触发后的给定延迟后使能比较器输出，以允许速率值在突发开始时超过阈值。

[0047] 所示的事件检索率演变遵循其中在系统时钟的每个周期检索相同数量的事件的示例模型，对于第一代基于事件的摄像头，通常每个周期检索一个事件。在最近的基于事件的摄像头中，每一行的像素可以被分组为“向量”，其中在每个周期检索包含至少一个事件的一个向量。结果，在每个周期检索可变数量的事件，可变数量介于1与向量的大小之间。在这种情况下，推荐计算在多个周期上的滑动平均事件检索率，以滤除从一个周期到下一个周期的变化或者用将显示相同特性的向量检索率来替换事件检索率。

[0048] 用于确定突发结束条件的另一种方法可以是基于在突发之后发生的相对静止。为此目的，可以在每个闪光之后监视事件的不存在，并且如果在多个连续的时钟周期(例如3到10个周期)内还没有生成事件，则认为EOB条件被满足。

[0049] 如先前关于基于事件计数器的方法(图2第二个图表)所提到的，计数可以在闪光结束之前达到峰值。在这种情况下，闪光持续时间看起来比需要的更长。更早地结束闪光可以是有用的，这会减少运动模糊并进一步提高平均投影率。为此目的，该系统可被配置为只要检测到事件计数中的峰值，就停止闪光。

[0050] 在实践中，由于像素的反应时间的不同，因此，取决于它们各自的照明条件，一些事件比其他事件更早发生，而较早的事件可在所有事件已实际发生之前被仲裁器检索到。在这种情况下，计数器会在它达到表示所有事件的峰值之前开始递减，并表现出早期假峰值。

[0051] 为了避免这种情况，事件的检索可被延迟，直到计数达到固定条件为止，诸如保持同一值持续几个时钟周期。这种固定值原则上会是峰值计数值。

[0052] 使用事件检索率方法，可以通过检测事件检索率(图2的最后一个图表)封顶来实现用于调整闪光持续时间的类似功能。

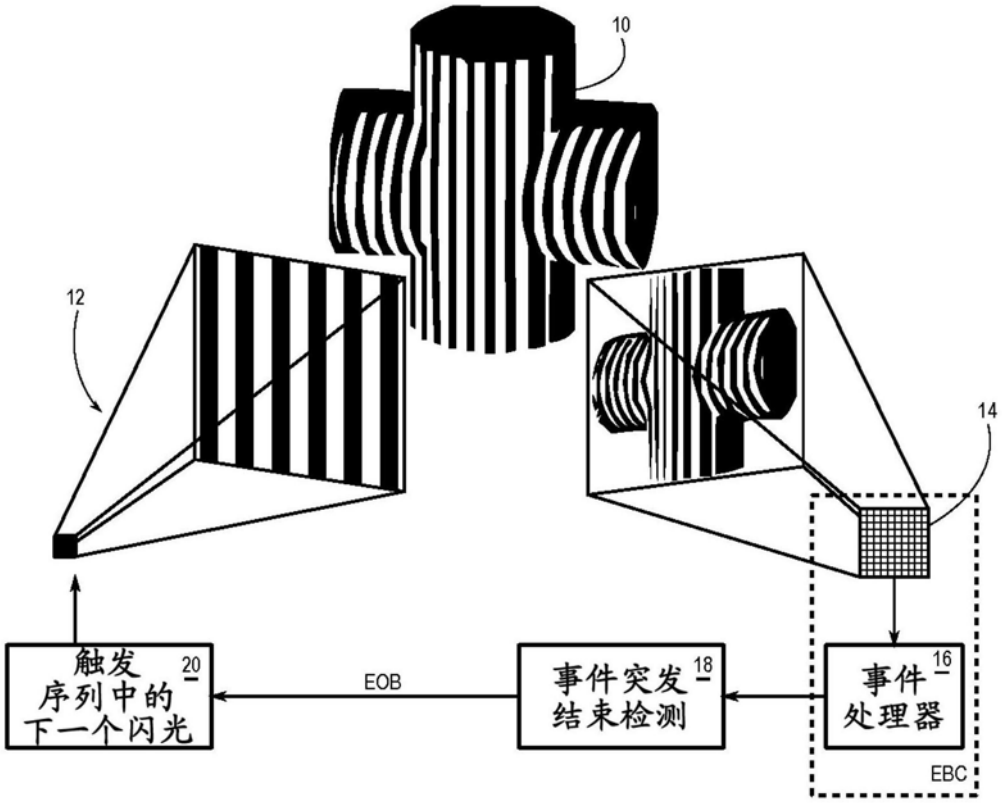

10
12
14
触发
序列中的
下一个闪光
20
EOB
事件突发
结束检测
18
事件
处理器
16
EBC

图1

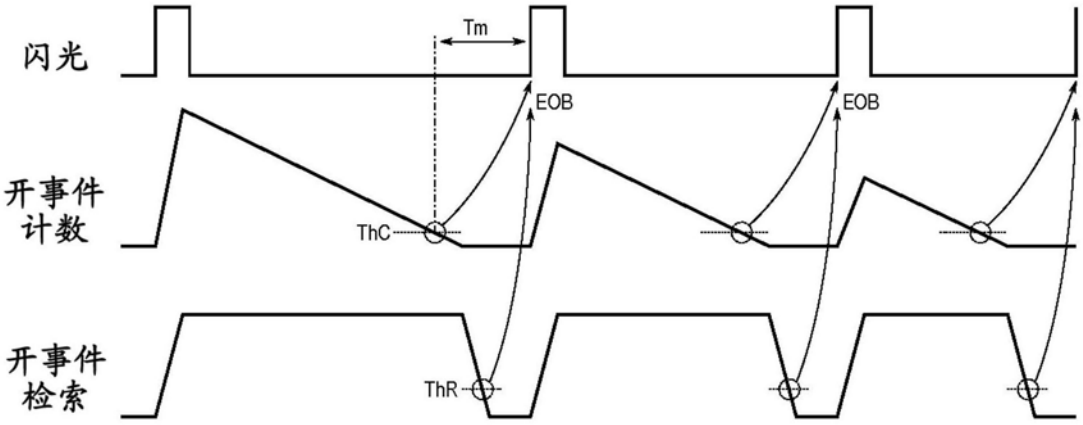

闪光
Tm
EOB
EOB
开事件
计数
ThC
开事件
检索
ThR

图2