(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 114341924 A
(43)申请公布日 2022.04.12

(21)申请号 202080060825.6
(22)申请日 2020.12.16
(30)优先权数据
62/949,386 2019.12.17 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.02.24
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2020/065387 2020.12.16
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/127030 EN 2021.06.24
(71)申请人 谷歌有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 劳伦斯·J·马达尔三世
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 邓聪惠 周亚荣
(51)Int.Cl.
G06T 1/20(2006.01)
G06N 3/04(2006.01)
G06N 3/08(2006.01)
G06N 20/00(2019.01)

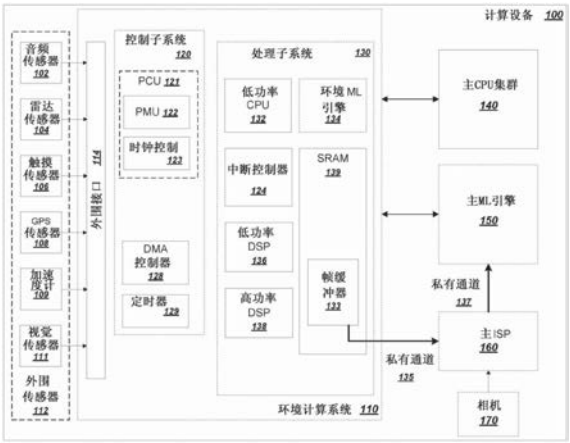
权利要求书2页 说明书11页 附图2页

(54)发明名称

低功率视觉感测

(57)摘要

用于执行低功率视觉感测的方法、系统和装置。一种计算设备包括:视觉传感器,该视觉传感器被配置成生成视觉传感器数据;以及环境计算系统,该环境计算系统被配置成根据低功率检测过程重复地处理由视觉传感器生成的视觉传感器数据。如果通过低功率检测过程指示检测,则环境计算系统唤醒计算设备的一个或多个其他组件以使用视觉传感器数据来执行高功率检测过程。



CN 114341924 A

1.一种计算设备,所述计算设备包括:

视觉传感器,所述视觉传感器被配置成生成视觉传感器数据;以及

用于根据低功率检测过程重复地处理由所述视觉传感器生成的所述视觉传感器数据的装置,以及

用于在通过所述低功率检测过程指示检测时执行高功率检测过程的装置。

2.根据权利要求1所述的计算设备,其中,所述设备被配置成利用第一处理组件执行所述低功率检测过程并且利用第二处理元件执行所述高功率检测过程,其中,所述第一处理组件与所述第二处理组件相比消耗更少的功率。

3.根据权利要求2所述的计算设备,其中,所述第二处理组件被禁用直到通过所述低功率检测过程指示检测为止。

4.根据任一前述权利要求所述的计算设备,还包括具有多个计算块片的主机器学习引擎,其中,所述设备被配置成使用所述主机器学习引擎来执行所述高功率检测过程。

5.根据权利要求4所述的计算设备,其中,所述设备被配置成使用所述主机器学习引擎的少于所有所述多个计算块片来执行所述低功率检测过程。

6.根据权利要求4所述的计算设备,还包括环境机器学习引擎,其中,所述设备被配置成使用所述环境机器学习引擎来执行所述低功率检测过程。

7.根据任一前述权利要求所述的计算设备,还包括主CPU集群,其中,所述设备被配置成在不将所述视觉传感器数据存储在能够由在所述主CPU集群中执行的线程访问的存储器中的情况下执行所述低功率检测过程和所述高功率检测过程。

8.根据任一前述权利要求所述的计算设备,还包括相机和主图像信号处理器ISP,所述主ISP被配置成处理由所述相机生成的数据,并且其中,所述设备被配置成使用在存储视觉传感器数据的帧缓冲器与所述主ISP之间的私有通道来生成预处理的视觉传感器数据以供在所述高功率检测过程期间使用。

9.根据如从属于权利要求7的权利要求8所述的计算设备,其中,所述私有通道不能够由在所述主CPU集群中执行的线程访问。

10.根据任一前述权利要求所述的计算设备,其中,所述视觉传感器被配置成生成用于所述低功率检测过程的第一帧速率和用于所述高功率检测过程的比所述第一帧速率高的第二帧速率。

11.根据任一前述权利要求所述的计算设备,其中,所述视觉传感器被配置成以用于所述低功率检测过程的第一分辨率和比用于所述低功率检测过程的所述第一分辨率高的第二分辨率来生成视觉传感器数据。

12.根据任一前述权利要求所述的计算设备,其中,用于根据低功率检测过程重复地处理由所述视觉传感器生成的所述视觉传感器数据的所述装置包括环境计算系统。

13.根据权利要求12所述的计算设备,其中,当通过所述低功率检测过程指示检测时,所述环境计算系统被进一步被配置成唤醒所述计算设备的一个或多个其他组件以使用所述视觉传感器数据来执行高功率检测过程。

14.一种方法,所述方法包括执行由根据权利要求1-13中的任一项所述的计算设备执行的操作。

15.一种或多种计算机存储介质,所述计算机存储介质被编码有计算机程序指令,当由

数据处理装置执行时,所述计算机程序指令能够操作以使所述数据处理装置执行根据权利要求1-13中的任一项所述的操作。

低功率视觉感测

技术领域

[0001] 本说明书涉及环境计算。

背景技术

[0002] 移动计算设备，例如，智能电话、个人数字助理、电子平板、膝上型电脑等，通常使用由一个或多个可再充电电池提供的功率。在必须例如通过对电池施加电流来对电池再充电之前，可再充电电池仅向设备提供有限量的功率。对移动计算设备的电池再充电通常需要将移动计算设备连接到电网，这降低或消除其移动性。因此，降低移动计算设备的功耗从而延长它们的电池寿命是一个重要目标。

[0003] 移动计算设备能够包括一个或多个外围传感器。例如，一些移动计算设备包括麦克风、相机、加速度计等。移动计算设备还能够包括一个或多个处理组件以处理由一个或多个外围传感器收集的数据。例如，一些移动计算设备包括中央处理单元(CPU)、数字信号处理器(DSP)或其他处理组件。

[0004] 移动计算设备能够基于由它们的一个或多个外围传感器收集并且由它们的一个或多个处理组件处理的数据执行动作。例如，一些移动计算设备能够响应于由麦克风检测到并且由CPU处理的语音命令而执行动作。然而，使处理组件维持在活动状态下使得它们能够处理传感器数据消耗大量功率。

发明内容

[0005] 本说明书描述用于在计算设备上实现低功率视觉感测的技术。这些技术允许在低功率状态下运行依靠对视觉传感器数据的连续监测的各种复杂应用。

[0006] 能够在特定实施例中实现本说明书中描述的主题以便实现以下优点中的一个或多个。环境计算系统能够基于视觉感测执行各种复杂任务，同时消耗更少的功率。这导致功率节省和电池寿命的增加。能够在不用唤醒设备的主CPU集群的情况下执行这些复杂的视觉感测任务。另外，系统的架构能够通过防止来自主CPU集群的线程访问视觉传感器数据来保护用户隐私。这允许环境计算系统对其环境变化更具响应性，同时还降低功耗。因此，环境计算系统能够在对计算设备的电池寿命影响有限的情况下提供更大的功能性，并且增加具有复杂环境状态的计算设备的总电池寿命。

[0007] 根据本公开的第一方面，提供了一种计算设备，该计算设备包括：视觉传感器，该视觉传感器配置成生成视觉传感器数据；以及环境计算系统。该环境计算系统被配置成根据低功率检测过程重复地处理由视觉传感器生成的视觉传感器数据，并且，当检测通过低功率检测过程指示时，唤醒计算设备的一个或多个其他组件以使用视觉传感器数据来执行高功率检测过程。

[0008] 根据本公开的第二方面，提供了一种计算设备，该计算设备包括：视觉传感器，该视觉传感器被配置成生成视觉传感器数据；用于根据低功率检测过程重复地处理由视觉传感器生成的视觉传感器数据的装置；以及用于在通过低功率检测过程指示检测时执行高功

率检测过程的装置。

[0009] 可以与第一方面或第二方面中的任何一个方面相结合地提供以下特征。

[0010] 该设备可以被配置成利用第一处理组件执行低功率检测过程并且利用第二处理元件执行高功率检测过程,其中,第一处理组件与第二处理组件相比消耗更少的功率。

[0011] 第二处理组件可以被禁用直到通过低功率检测过程指示检测为止。

[0012] 该计算设备还可以包括具有多个计算块片的主机器学习引擎。该设备可以被配置成使用主机器学习引擎来执行高功率检测过程。主机器学习引擎可以包括第二处理元件。

[0013] 该设备可以被配置成使用主机器学习引擎的少于所有多个计算块片来执行低功率检测过程。

[0014] 该计算设备还可以包括环境机器学习引擎。该设备可以被配置成使用环境机器学习引擎来执行低功率检测过程。环境机器学习引擎可以包括第一处理元件。

[0015] 该计算设备还可以包括主CPU集群。该设备可以被配置成在不将视觉传感器数据存储在可由在主CPU集群中执行的线程访问的存储器中的情况下执行低功率检测过程和高功率检测过程。

[0016] 该计算设备还可以包括相机和主图像信号处理器(ISP),该主ISP被配置成处理由相机生成的数据。该设备可以被配置成使用存储视觉传感器数据的帧缓冲器与主ISP之间的私有通道来生成预处理的视觉传感器数据以供在高功率检测过程期间使用。私有通道可以不可由在主CPU集群中执行的线程访问。

[0017] 视觉传感器可以被配置成生成用于低功率检测过程的第一帧速率以及用于高功率检测过程的比第一帧速率高的第二帧速率。

[0018] 视觉传感器可以被配置成在用于低功率检测过程的第一分辨率和比用于低功率检测过程的第一分辨率高的第二分辨率下生成视觉传感器数据。

[0019] 所述用于根据低功率检测过程重复地处理由视觉传感器生成的视觉传感器数据的装置可以包括环境计算系统。所述用于根据低功率检测过程重复地处理由视觉传感器生成的视觉传感器数据的装置可以是环境计算系统。

[0020] 当通过低功率检测过程指示检测时,环境计算系统可以被进一步配置成唤醒计算设备的一个或多个其他组件以使用视觉传感器数据来执行高功率检测过程。所述用于当检测通过低功率检测过程指示时执行高功率检测过程的装置可以包括计算设备的所述一个或多个其他组件。

[0021] 根据本公开的第三方面,提供了一种方法,该方法包括执行由第一方面或第二方面中的任何一个方面的计算设备执行的操作。该方法可以包括:由计算设备的视觉传感器生成视觉传感器数据;根据低功率检测过程重复地处理视觉传感器数据;以及当检测通过低功率检测过程指示时执行高功率检测过程。

[0022] 该方法可以包括:由计算设备的环境计算系统根据低功率检测过程重复地处理由视觉传感器生成的视觉传感器数据;以及,当检测通过低功率检测过程指示时,唤醒计算设备的一个或多个其他组件以使用视觉传感器数据来执行高功率检测过程。

[0023] 根据本公开的另一个方面,提供了一种或多种计算机存储介质,该计算机存储介质被编码有计算机程序指令,当由数据处理装置执行时,这些计算机程序指令可操作,以使数据处理装置执行第一方面或第二方面的操作,或第三方面的方法。

[0024] 将理解,可以与上面同样描述的第三和另外的方面相结合地使用上面在第一方面和第二方面的场境中描述的可选特征。

[0025] 在以下附图和描述中阐述本说明书的主题的一个或多个实施例的细节。主题的其他特征、方面和优点将从描述、附图和权利要求中变得明显。

附图说明

[0026] 图1是示例计算设备的图。

[0027] 图2是用于执行两阶段视觉检测过程的示例过程的流程图。

[0028] 在各个附图中相同的附图标记和名称指示相同的组件。

具体实施方式

[0029] 图1是具有低功率视觉感测能力的示例计算设备100的图。设备100是能够使用低功率视觉传感器来对其环境中的对象反应的设备的示例。设备100能够是在任何适当的计算设备,例如,以下各项中实现的系统:智能电话、智能手表、健身追踪器、个人数字助理、电子平板或膝上型电脑,仅举几个示例。

[0030] 能够使用计算设备100的系统,使得计算设备100能够保持在低功率状态下,同时连续地处理来自视觉传感器111的输入。在这种场境中,处于低功率状态意味着最强大计算组件中的一个或多个未被使用,这能够意味着这些设备被部分地断电或完全地关闭。在图1中,例如,最强大组件包括主CPU集群140、主机器学习(ML)引擎150和主图像信号处理器(ISP)(160)。为了简洁,这些组件将被称为设备的高功率组件,因为通常这些设备与环境计算系统110相比在运行时消耗更多的功率。

[0031] 因此,设备100能够使用环境计算系统110在不使用任何高功率组件的情况下重复地处理视觉传感器数据。然而,如果环境计算系统110确定已经进行低功率检测,则能够唤醒高功率组件。在本说明书中,术语唤醒和激活将被用于意指向特定处理组件或其他电子电路系统供应增加的功率量。系统可能已经或可能尚未向正在被唤醒或激活的处理组件或其他电路系统供应功率。换句话说,被唤醒或激活的组件先前可能已经或可能尚未被完全断电。唤醒或激活处理组件能够导致处理组件执行引导过程并且使用于处理组件的指令和数据被加载到随机存取存储器中。替代地或另外,唤醒或激活处理组件能够包括从先前挂起状态恢复。

[0032] 在本说明书中,视觉传感器数据是指由视觉传感器的一个或多个光传感器生成的数据元素的二维数组。每个数据元素能够包括一个或多个光强度值,例如,用于红光、蓝光和绿光的光强度值。因此能够将视觉传感器数据存储为光的每种颜色的原始强度值。替代地或另外,每个数据元素能够存储没有颜色信息的单个强度值。

[0033] 在本说明书中,低功率检测意指由视觉传感器111捕获的数据根据低功率检测模型已经被处理并且低功率检测模型已经指示应该进行进一步处理。低功率检测能够由处理子系统130的低功率组件中的一个或多个,例如,低功率CPU 132、低功率DSP或环境ML引擎134来执行。

[0034] 如果已经进行低功率检测,则设备100能够唤醒主CPU集群140、主ML引擎150或主ISP中的一个或多个以便进一步处理视觉传感器数据111。这些组件能够使用更复杂和更细

化的模型来处理视觉传感器数据，该模型将被称为高功率检测模型，因为它们还利用更强大处理设备，因此消耗更多的功率。

[0035] 该技术的一个说明性示例是使用面部识别以便解锁移动电话。具有可靠地区分不同用户的面部所需要的复杂特征空间的全面部识别模型往往消耗大量功率。因此在具有有限电池功率的设备上对由视觉传感器捕获的所有数据重复地运行全面部识别模型是不切实际且效率低的。

[0036] 替代地，环境计算系统110能够使用低功率检测模型来重复地处理由视觉传感器111捕获的数据。低功率检测模型能够是具有更少层、更少特征的模型，或者在更小输入帧上操作。因此，低功率检测模型可以仅能够将人类头部或人类面部与其他对象区分开，然而没有将各个用户彼此区分开所需要的复杂性。

[0037] 因此，设备能够使用低功率检测模型来以高可靠性指示视觉传感器111是否正在捕获与人类头部或面部相对应的数据，而不是任何特定人类头部或面部。如果低功率检测指示视觉传感器111很可能正在捕获人类面部的数据，则环境计算系统110能够唤醒高功率组件中的一个或多个以执行完全面部识别模型，以便确定视觉传感器111是否正在捕获特定人类面部的数据，例如，移动电话的所有者的人类面部。并且，在电话解锁场景的情况下，系统能够使用完全面部识别模型的输出以便确定是否解锁电话。

[0038] 在低功率检测状态下，与当在高功率检测状态下时相比，环境计算系统110能够指示视觉传感器111使用更低的帧速率、更低的分辨率或两者。例如，在低功率检测状态下，视觉传感器110能够以仅每秒10帧的速度在140像素分辨率下捕获数据。然后，在高功率检测状态下，视觉传感器110能够切换到以每秒30帧在1080像素分辨率下捕获数据。

[0039] 除了保存功率之外，该布置在仍然提供使用高级面部识别模型的能力的同时还增强用户隐私。换句话说，在低功率检测状态下，视觉传感器111没有正在捕获可能被用于标识任何特定人的足够高质量的数据。因此，即使移动电话被可能读取由视觉传感器111正在捕获的数据的恶意软件损害，所捕获的数据对于标识由视觉传感器111捕获的数据中的特定人来说也将是无用的，因为分辨率不够高。

[0040] 设备100还能够可选地包括集成相机170，并且能够可选地包括用于处理由相机170捕获的图像的主ISP 160。值得注意的是，相机170能够包括比视觉传感器111高得多的分辨率能力。例如，相机能够捕获10、20或30兆像素图像，然而视觉传感器111即使在高功率检测模式下也可能捕获仅最大2兆像素图像。

[0041] 环境计算系统110的架构还能够帮助增强用户隐私。特别地，环境计算系统110能够被设计来防止视觉传感器数据泄漏到芯片的它们可能被受损害软件过程访问的其他组件中。

[0042] 因此，环境计算系统110能够在环境计算系统110的其SRAM 139中分配专用帧缓冲器133。在一些实施方式中，环境计算系统110在SRAM 139的不可由运行主CPU集群140或主ML引擎150的线程访问的一部分中分配帧缓冲器。因此，即使在主CPU集群140上运行的软件过程被损害，受损害过程也没有用于访问存储由视觉传感器111捕获的数据的帧缓冲器133的机制。这是因为与由主CPU集群140使用的通用DRAM不同，SRAM 139只可由环境计算系统110的组件访问，这些组件可能从不运行任意用户代码。

[0043] 在一些情形下，为了提供更高质量检测，环境计算系统能够借用主ISP 160的处理

流水线。主ISP 160能够是包括按顺序处理原始图像数据的多个功能组件的流水线的硬件或软件实现的系统。例如，主ISP160能够具有应用线性化、黑电平校正、透镜阴影校正、白平衡增益和高光恢复以生成最终输出图像的模块。

[0044] 主ISP 160的图像处理流水线能够被用于处理由全分辨率相机170捕获的原始图像数据。另外，在一些实施方式中，主ISP的相同处理流水线能够被用于增强由视觉传感器111捕获的数据。

[0045] 为了防止由视觉传感器111捕获的数据的数据泄漏，计算设备能够具有从帧缓冲器133到主ISP 160的私有专用通道135。作为私有专用通道意味着设备100的架构不提供用于任何其他设备从通道135读取。换句话说，在主CPU集群140上运行的线程不具有用于访问沿着私有通道135传递的数据的机制。

[0046] 类似地，设备100还能够在主ISP与主ML引擎150之间实现私有信道137。这允许主ML引擎150对高质量数据执行非常复杂的模型，该高质量数据通过主ISP 160在通道上运行，该通道防止这种数据泄漏到设备100的它们可能被运行主CPU集群140的受损害线程读取的其他组件。

[0047] 针对不同功率检测电平的另一用例是将文本从一种语言翻译成另一语言。环境计算系统110能够对由视觉传感器接收到的数据连续地运行低功率光学字符识别(OCR)模型。低功率OCR模型指示低功率检测意味着视觉传感器111正在拾取具有文本的图像，例如，在标志上或在一张纸上。环境计算系统110因此能够唤醒主ML引擎150以对从视觉传感器识别的文本运行全高功率翻译模型。然后能够将输出提供给用户，例如，在环境显示器上或在环境文本至语音模型上。以这种方式，设备既能够连续地搜索要翻译的文本，能够检测文本，又能够自动地执行任何捕获的文本的完全翻译并且输出结果，同时从不唤醒主CPU集群140。

[0048] 能够在计算设备内的片上系统(SoC)上实现计算设备100的一个或多个组件。SoC能够是例如使用硅插入件、堆叠管芯或互连桥接器在单个硅衬底上或在多个互连管芯上包括系统的每个组件的集成电路。能够在同一管芯上或在分离的管芯上实现计算设备的其他组件，包括主CPU集群140。计算设备100可以包括组件，包括传感器112、一个或多个显示器、电池和其他组件，这些组件与SoC分离并且独立于SoC，并且可以例如被安装在公共外壳上。

[0049] 简要地，并且如在下面进一步详细地描述的，设备100包括被配置成基于来自计算设备的环境的输入来生成传感器信号的许多外围传感器112。设备100包括用于控制向系统中的组件供应功率和传感器信号的控制子系统120。并且设备100包括用于处理传感器信号并且生成输出的处理子系统130。

[0050] 设备100还包括主CPU集群140。主CPU集群140是包括与处理子系统130中的设备分离的一个或多个通用处理器的计算设备的组件。主CPU集群140的处理器比处理子系统130中的任何设备通常具有更多的计算能力，因此，主CPU集群140的处理器还可以比处理子系统130中的任何设备消耗更多的功率。

[0051] 设备100还能够可选地包括主机器学习(ML)引擎150。主ML引擎150是被配置成通过一个或多个机器学习模型执行推理的专用处理设备。每个推理遍使用机器学习模型的输入和学习参数值来生成由学习模型预测的一个或多个输出。主ML引擎150能够包括一个或多个计算块片。一般地，计算块片是被配置成独立地执行计算集合的自包含计算组件。用于

加速机器学习的块片通常具有大规模并行架构。在一些实施方式中，每个计算块片包括计算阵列的网格，其中计算阵列中的每个元件是能够独立地执行数学运算的处理元件。因此，例如，为了计算单个3x3卷积，块片能够并行使用9个计算阵列，其中每个计算阵列在模型的输入和权重之间并行执行16或32个张量乘法。具有多个计算块片的合适的机器学习引擎在美国专利No.9,710,265中描述，该专利通过引用并入本文。

[0052] 主ML引擎150的块片能够被布置在网络中和被编程，使得主ML引擎150的每个块片被配置成通过机器学习模型执行推理遍的一个部分的操作。例如，如果机器学习模型是神经网络，则主ML引擎150中的每个块片能够被配置成计算神经网络的一个层的计算。

[0053] 主ML引擎150与环境计算系统110的处理子系统130中的任何设备相比提供更高性能的计算能力。因此，主ML引擎150与处理子系统130中的任何设备相比也消耗更多的功率。

[0054] 处理子系统130可选地包括环境机器学习引擎134。环境ML引擎134也是被布置在环境计算系统110内并且被配置成通过一个或多个机器学习模型执行推理遍的专用处理设备。当设备100包括主ML引擎150和环境ML引擎134两者时，环境ML引擎134具有更少的计算块片，因此与主ML引擎150相比具有更少的处理能力并且与主ML引擎150相比消耗更少的功率。例如，环境ML引擎134能够被实现为一个或两个块片，然而主ML引擎150能够具有8-16个或更多个互连的块片。

[0055] 如上所述，处理子系统130能够通过使用环境ML引擎134执行视觉传感器数据的低功率检测来节省功率，并且然后能够使用完全地启用的ML引擎150来执行高功率检测。

[0056] 替代地或另外，环境计算系统110能够将主ML引擎150重新配置成在降低功率模式下操作。在降低功率模式下，少于所有计算块片被启用。因此，一些计算块片可能不被使用，然而可能针对推理遍的不同部分充分地使用其他计算块片。例如，系统能够在主ML引擎150上启用单个块片并且能够使用该单个块片来计算神经网络的所有层以用于低功率检测。当然，使用单个块片使计算检测变得较慢，但是它也以较低速率消耗功率。另外，如上所述，视觉传感器能够以较低帧速率生成数据以用于低功率检测。因此，由于使用一个计算块片而导致的处理速度的降低可以仍然足以每帧计算一个推理遍。其他配置是可能的，例如，使用主ML引擎150中的2、4、8、16个块片或某个其他适当子集的降低功率模式。

[0057] 由于不需要在环境计算系统内包括分离的计算块片来实现环境ML引擎134，所以使用主ML引擎150的降低功率模式的优点是减少的芯片尺寸和成本。

[0058] 尽管未描绘，但是计算设备100还能够包括在这种计算设备上通常找到的一个或多个其他组件，例如，显示器、调制解调器、图形处理单元、显示处理器或专用图像处理器，仅举几个示例。这些组件能够在下述低功率状态期间被断电并且在系统确定传感器信号与需要其激活的应用匹配的情况下被激活。

[0059] 设备100包括许多外围传感器112。外围传感器112包括一个或多个音频传感器102、一个或多个雷达传感器104、一个或多个触摸传感器106、全球定位系统(GPS)传感器108和加速度计110。系统能够包括附加的、更少的或替代的外围传感器。例如，系统能够包括Wi-Fi信号检测器、蜂窝信号检测器、气压计、温度计、磁力计或其他类型的外围传感器。

[0060] 外围传感器112能够是被配置成响应于环境输入而生成传感器信号的设备。一个或多个音频传感器102，例如，麦克风，能够基于环境中的声音生成音频信号。例如，音频传感器102能够生成与人类语音相对应的音频信号。一个或多个雷达传感器104能够基于由计

算设备的发射器发出的反射无线电波检测雷达信号。反射无线电波中的变化能够指示环境中的移动。例如，雷达传感器104能够生成由于，例如，当用户在计算设备附近做出手势时被用户反射而接收到的雷达信号。类似地，一个或多个触摸传感器106能够由于由计算设备的用户在设备的存在敏感或压力敏感界面上做出的触摸手势而生成信号。GPS传感器108能够响应于接收到的位置数据通信而生成信号。并且加速度计109能够由于计算设备所经历的加速度而生成信号。并且如上所述，视觉传感器111能够生成视觉传感器数据，其能够具有较低分辨率和帧速率以用于执行低功率检测。在本说明书中，无论何时传感器信号被描述为是其他处理组件的输入，输入能够是由传感器本身生成的模拟电信号、传感器信号的数字表示、或表示原始信号的一个或多个特性的传感器信号的处理后的数字表示。计算设备100的外围传感器还能够包括惯性测量传感器、气压计、特定吸收率接近传感器和WiFi网络名称传感器，仅举几个其他示例。

[0061] 环境计算系统110包括一个或多个外围接口114。外围接口114能够是计算设备100的即使在设备处于其最低功率状态时也被通电的组件。外围接口114能够包括用于将从外围传感器112接收到的输入转换成要由环境计算系统110使用的传感器信号的任何适当的外围接口。例如，外围接口114能够包括脉冲密度调制(PDM)接口、IC间声音(I2S)接口、集成电路间(I2C)接口、I3C接口、时分复用(TDM)接口和串行外围接口(SPI)，仅举几个示例。

[0062] 每一个外围接口114被配置成在检测到环境输入时生成相应中断。一般而言，每个中断能够标识传感器数据的来源，例如，负责中断的外围接口或传感器的标识符。中断由一个或多个中断控制器124接收和处理。例如，在接收到中断时，中断控制器124能够唤醒电源控制单元(PCU)121，其包括电源管理单元(PMU)122和时钟控制单元123。PMU 122能够控制设备100的哪些组件接收功率并且每个组件接收多少功率。时钟控制单元123能够控制设备100的组件操作的频率。在一些实施方式中，每个处理组件具有是基础时钟频率的倍数或分数的不同时钟频率。通过具有是基础时钟频率的倍数或分数的时钟频率，每个处理组件能够与其他处理组件更高效地交换信号。

[0063] 在接收到中断时，PCU 121能够基于中断的来源确定应该激活环境计算系统110的哪些其他组件以便进一步处理引起中断的传感器信号。为了为这种组件提供处理支持，PCU 121能够唤醒静态随机存取存储器(SRAM)139和系统通信结构。结构是将环境计算系统110的内部组件、它们的通信或这些的某种组合通信地耦合到外部组件的通信子系统。结构能够包括通信硬件，例如，总线或专用互连电路系统的任何适当的组合。

[0064] 静态随机存取存储器(SRAM)139能够是能够由处理子系统130的多个处理组件共享的通用随机存取存储器设备。例如，SRAM 139能够存储传感器信号、处理器指令和数据、系统输出和其他数据，例如，被或将被环境ML引擎134实现的神经网络模型的神经网络参数。一般地，SRAM可与动态随机存取存储器(DRAM)区分开的原因在于不需要周期性地刷新SRAM。如在下面更详细地描述的，处理子系统130中的处理组件可直接或通过一个或多个DMA控制器访问SRAM 139。在一些实施方式中，SRAM 139包括多个存储体，其能够各自存储大体上类似量的数据，例如，每个为1、10或100MB。另外，每个单独存储体能够包括多个块，其在进入低功率状态时能够被单独地断电。通过在四个存储体当中仔细地按顺序排序块被断电的次序，SRAM地址空间能够保持连续。

[0065] 当PCU 121唤醒SRAM 139时，PCU 121能够唤醒SRAM 139的少于所有块或所有存储

体。PCU 121能够替代地仅唤醒足以让处理子系统130的下一个组件确定是否进一步逐步扩大设备100的组件的上电的许多块。

[0066] PCU 121还能够向SRAM 139的不同块供应不同功率水平。例如，在监测功率状态下，PMU 122能够向整个SRAM 139供应较低保持电压以降低其功耗。如果没有处理组件需要访问SRAM 139，则PMU 122还能够向SRAM 139供应保持电压。在处理功率状态下，PMU 122能够向SRAM 139的全部或部分提供正常电压并且向SRAM 139的其他部分提供降低的电压或不提供电压。

[0067] 在处置中断的过程期间，环境计算系统110还能够唤醒一个或多个DMA控制器128。DMA控制器128能够管理允许更高数据带宽用于传入传感器信号的DMA路径。例如，DMA控制器128能够被用于将音频数据从麦克风连续地流传输到SRAM 139中以供由处理子系统130中的处理组件访问。相反地，DMA控制器还能够被用于连续地流传输存储在SRAM 139的音频数据以供通过一个或多个扬声器作为声音输出。作为另一示例，DMA控制器128能够被用于将视觉传感器数据从视觉传感器111流传输到SRAM 139中。DMA控制器128还能够被用于将任何适当的传感器数据流传输到SRAM 139中，但是使用编程IO可以在计算上比为少量数据激活DMA控制器便宜。因此，环境计算系统110能够激活DMA控制器128并将其用于相对高带宽传感器数据，例如，音频数据和雷达数据，并且能够将编程IO用于其他类型的传感器数据。

[0068] 在准备结构和SRAM 139之后，PCU 121然后能够使用中断来确定处理子系统130的哪些其他组件要唤醒。例如，PMU 122能够取决于一个或多个传感器中的哪个生成了中断而控制是否向处理子系统130的低功率CPU 132、低功率DSP 136或其他组件提供功率。在一些实施方式中，外围接口114和控制子系统120的组件是设备100的在监测功率状态下被通电的唯一组件，该监测功率状态是系统正在等待接收由于计算设备的环境输入而导致的中断的功率状态。

[0069] 处理子系统130的处理组件包括低功率CPU 132、环境ML引擎134、低功率DSP 136和高功率DSP 138。在一些实施方式中，处理子系统具有这些组件中的一个或多个的多个实例，例如，多个低功率DSP或多个高功率DSP。例如，处理子系统130能够具有专用于处理音频信号的一个高功率DSP和专用于处理雷达信号的分离的高功率DSP。替代地或另外，处理子系统130能够具有专用于处理由视觉传感器111生成的视觉传感器数据的高功率DSP。

[0070] 在监测功率状态下，能够使处理子系统130中的处理组件维持在保持模式下。PCU 121能够通过减少或消除被提供给组件的功率来使组件保持在保持模式下。例如，在保持模式下，PCU 121能够向处理组件供应刚好足够的功率来维持寄存器状态，但是没有足够的功率来处理寄存器中的数据。

[0071] 低功率CPU 132能够是包括寄存器、控制电路系统和算术逻辑单元(ALU)的通用可编程处理器。一般地，低功率CPU 132与计算设备的主CPU集群14相比消耗更少的功率，并且可以包含更少的处理核心。在一些实施方式中，低功率CPU 132主要是对单一指令和单一数据输入进行操作的标量处理器。

[0072] 低功率DSP 136和高功率DSP 138能够是被配置用于高度矢量化信号的高效解码和处理的专用处理器。处理子系统130能够包括为不同目的设计的各种DSP。例如，处理子系统130能够包括被配置成处理视觉传感器数据的DSP、被配置成处理音频信号的DSP、被配置

成执行数据平面算法的DSP、被配置成处理无线通信信号的DSP、以及被配置成处理GPS信号的DSP，仅举几个示例。一般地，高功率DSP与低功率DSP相比消耗更高水平的功率，因为它们有更多的活动寄存器，它们并行访问和处理更多的数据，因为它们更重地依靠存储器操作，或者这些的某种组合。

[0073] 在操作中，当系统进入处理功率状态时，低功率CPU 132能够接收中断和传感器信号。基于低功率CPU 132接收的传感器信号的类型并且基于那些传感器信号的特性，低功率CPU 132能够确定应该激活系统的其他组件，例如，通信结构、DMA控制器128、SRAM 139或这些的某种组合。在激活这些组件之后，低功率CPU 132能够可选地返回到非操作状态。

[0074] 为了支持低功率检测，低功率CPU 132能够在接收到视觉传感器数据时唤醒处理子系统130的其他组件。如上所述，这能够包括唤醒环境ML引擎134以对存储在SRAM 139的帧缓冲器133中的视觉传感器数据执行低功率检测。替代地或另外，低功率CPU 132能够唤醒处于少于所有块片被启用的低功率模式的主ML引擎150。低功率CPU 132然后能够将帧缓冲器133中的数据流传输到主ML引擎150以执行低功率检测。

[0075] 在一些实施方式中，视觉传感器数据首先被由处理子系统的一个或多个组件执行的软件图像处理流水线预处理。例如，低功率DSP 136或高功率DSP 138在被用于低功率检测之前能够执行图像处理流水线的一个或多个级以增强视觉传感器数据。这些组件能够使用存储在SRAM 139的一部分中的指令来执行图像处理流水线。

[0076] 在一些其他实施方式中，视觉传感器数据由专用图像处理设备预处理。例如，高功率DSP 138能够是为了处理视觉传感器数据专门地设计的二维DSP。高功率DSP 138能够被配置成在与视觉传感器111为低功率检测生成的相同分辨率和帧速率上操作。

[0077] 如果低功率检测的结果是肯定的，则低功率CPU 132能够唤醒更高功率的组件以执行高功率检测过程。这能够包括唤醒主CPU集群140、主ML引擎150、主ISP 160或这些的某种组合。替代地或另外，高功率检测能够由环境计算系统110的另一组件执行，例如，高功率DSP 138。如上所述，高功率检测可以对通过由环境计算系统110的主ISP 160或另一组件实现的图像处理流水线预处理的视觉传感器数据进行操作。如果图像预处理由主ISP 160执行，则环境计算系统110能够在接收到低功率检测为肯定的指示时唤醒主ISP 160。如果图像预处理由环境计算系统110的另一组件执行，则结果可能不太复杂，但是其优点是主ISP 160不需要被通电。控制子系统120还能够包括定时器129，其是能够检测系统故障并且解决那些故障的电子定时器。在正常操作期间，系统能够定期重置定时器129以防止定时器129超时。如果，例如，由于硬件故障或程序错误，系统未能重置定时器，定时器将流逝并且生成超时信号。超时信号能够被用于发起一个或多个校正动作。校正动作能够包括将系统置于安全状态下并且恢复正常系统操作。

[0078] 图2是用于执行两级视觉检测过程的示例过程的流程图。如上所述，环境计算系统能够使用低功率处理组件来对视觉传感器数据执行低功率检测过程，并且如果检测被指示，则使用高功率处理组件来执行高功率检测过程。示例过程将被描述为由具有视觉传感器、低功率处理组件和高功率处理组件的系统执行，例如，图1的计算设备100。

[0079] 系统使用视觉传感器来生成视觉传感器数据(210)。

[0080] 系统使用低功率处理组件来执行低功率检测过程(220)。如上所述，低功率处理组件可以是环境计算系统或主ML引擎上的设备的被部分地启用的任一个。一般而言，低功率

处理组件在被完全地启用时与主CPU集群或主ML引擎相比消耗更少的功率。另外，在低功率检测过程期间，视觉传感器能够被配置成以较低帧率、较低分辨率或两者生成数据。

[0081] 如果通过低功率检测过程未指示检测(230)，则系统使用下一捕获的视觉传感器数据来再次重复低功率检测过程(分支到220)。

[0082] 如果通过低功率检测过程指示检测(230)，则系统唤醒高功率处理组件(分支到240)。如上所述，这能够意指在之前未供应功率时向高功率处理组件供应功率，增加给高功率处理组件的功率，或者启用高功率处理组件的附加能力。例如，系统能够唤醒机器学习引擎的附加计算块片。

[0083] 系统使用高功率处理组件来执行高功率检测过程(250)。如上所述，高功率处理组件能够是环境计算系统的主ML引擎或DSP。高功率检测过程能够使用已经捕获的视觉传感器数据或更新的视觉传感器数据。

[0084] 如果通过高功率检测过程未指示检测(260)，则系统能够再次将高功率处理组件断电至其原始状态(分支到280)并且使用下一捕获的视觉传感器数据来重复低功率检测过程(220)。替代地或另外，系统能够在切换回到执行低功率检测过程之前执行高功率检测过程的多次迭代。

[0085] 如果通过高功率检测过程指示检测(260)，则系统能够调用处理组件来处置高功率检测(分支到270)。例如，在电话解锁场景中，系统能够调用主CPU集群来解锁电话。

[0086] 对于一些应用，系统调用处理组件来处理高功率检测过程的输出，而与过程的结果无关。例如，在自动文本翻译的应用中，系统能够向设备的显示器重复地输出高功率文本翻译过程的结果，而与该过程的结果无关。

[0087] 本说明书中描述的主题及动作和操作的实施例能够被实现在数字电子电路系统、有形地体现的计算机软件或固件、包括本说明书中公开的结构及其结构等价物的计算机硬件或者它们中的一个或多个的组合中。本说明书中描述的主题的实施例能够被实现为一个或多个计算机程序，即，在有形非暂时性存储介质上编码以用于由数据处理装置执行或者控制数据处理装置的操作的计算机程序指令的一个或多个模块。替代地或另外，程序指令能够被编码在人工生成的传播信号上，例如，机器生成的电、光或电磁信号，该信号被生成来对信息进行编码以用于传输到合适的接收器装置以供由数据处理装置执行。计算机存储介质能够是机器可读存储设备、机器可读存储基板、随机或串行存取存储器设备、或它们中的一个或多个的组合或者是它们的一部分。计算机存储介质不是传播信号。

[0088] 计算机程序，其还可以被称为或描述为程序、软件、软件应用、app、模块、软件模块、引擎、脚本或代码，能够以任何形式的编程语言编写，该编程语言包括编译或解释语言或声明或过程语言；并且它能够被以任何形式部署，包括作为独立程序或作为模块、组件、引擎、子例程或适合于在计算环境中执行的其他单元，该环境可以包括一个或多个位置中的通过数据通信网络互连的一个或多个计算机。

[0089] 计算机程序可以但不必须对应于文件系统中的文件。程序能够被存储在保持其他程序或数据的文件的一部分中，例如，存储在标记语言文档中的一个或多个脚本、在专用于所述程序的单个文件中、或者在多个协调文件中，例如，存储一个或多个模块、子程序或代码的各部分的文件。

[0090] 为了提供与用户的交互，本说明书中描述的主题的实施例能够被实现在计算机上

或者被配置成与计算机进行通信，该计算机具有用于向用户显示信息的显示设备，例如，LCD(液晶显示器)监视器，并且具有用户能够通过其向计算机提供输入的输入设备，例如，键盘和定点设备，例如鼠标、轨迹球或触摸板。还能够使用其他种类的设备来提供与用户的交互；例如，提供给用户的反馈能够是任何形式的感觉反馈，例如，视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈；并且能够以任何形式接收来自用户的输入，包括声、语音或触觉输入。另外，计算机能够通过向由用户使用的设备发送文档并且从由用户使用的设备接收文档来与用户交互；例如，通过响应于从web浏览器接收到的请求而向用户设备上的web浏览器发送web页面，或者通过与在用户设备上运行的app交互，例如，智能电话或电子平板。另外，计算机能够通过向个人设备，例如，正在运行消息传送应用的智能电话，发送文本消息或其他形式的消息并且反过来接收来自用户的响应消息来与用户交互。

[0091] 能够在计算系统中实现本说明书中描述的主题的实施例，该计算系统包括后端组件，例如，作为数据服务器，或者包括中间件组件，例如，应用服务器，或者包括前端组件，例如，具有用户能够通过其与本说明书中描述的主题的实施方式交互的图形用户界面、web浏览器或app的客户端计算机，或者包括一个或多个这种后端、中间件或前端组件的任何组合。系统的组件能够通过任何形式或介质的数字数据通信互连，例如，通信网络。通信网络的示例包括局域网(LAN)和广域网(WAN)，例如，互联网。

[0092] 计算系统能够包括客户端和服务器。客户端和服务器通常彼此远离并且通常通过通信网络来交互。客户端和服务器的关系借助于在相应计算机上运行并且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序而产生。在一些实施例中，例如，出于向与作为客户端的设备交互的用户显示数据并且从该用户接收用户输入的目的，服务器向用户设备传送数据，例如，HTML页面。能够在服务器处从设备接收在用户设备处生成的数据，例如，用户交互的结果。

[0093] 虽然本说明书包含许多特定实现方式细节，但是这些不应该被解释为对任何发明的范围或对可能要求保护的范围构成限制，而是相反被解释为可以特定于特定发明的特定实施例的特征的描述。还能够在单个实施例中相结合地实现在本说明书中在单独实施例的上下文中描述的某些特征。相反地，还能够单独地在多个实施例中或在任何合适的子组合中实现在单个实施例的上下文中描述的各种特征。此外，尽管特征可以在上面被描述为按某些组合行动并且甚至最初被如此要求保护，但是能够在一些情况下从组合中除去来自要求保护的组合的一个或多个特征，并且权利要求可以针对子组合或子组合的变化。

[0094] 类似地，虽然在附图中描绘并且在权利要求中以特定次序叙述操作，但是这不应该被理解为要求这种操作以所示特定次序或以顺序次序被执行，或者要求执行所有图示的操作以实现期望的结果。在某些情况下，多任务处理和并行处理可以是有利的。此外，上述实施例中的各种系统模块和组件的分离不应该被理解为在所有实施例中需要这种分离，并且应该理解，所描述的程序组件和系统通常能够被一起集成在单个软件产品中或者包装到多个软件产品中。

[0095] 已经描述了主题的特定实施例。其他实施例在以下权利要求的范围内。例如，权利要求中叙述的动作能够被以不同次序执行并且仍然实现期望的结果。作为一个示例，附图中描绘的过程不一定要求所示特定次序或顺序次序以实现期望的结果。在一些情况下，多任务处理和并行处理可以是有利的。

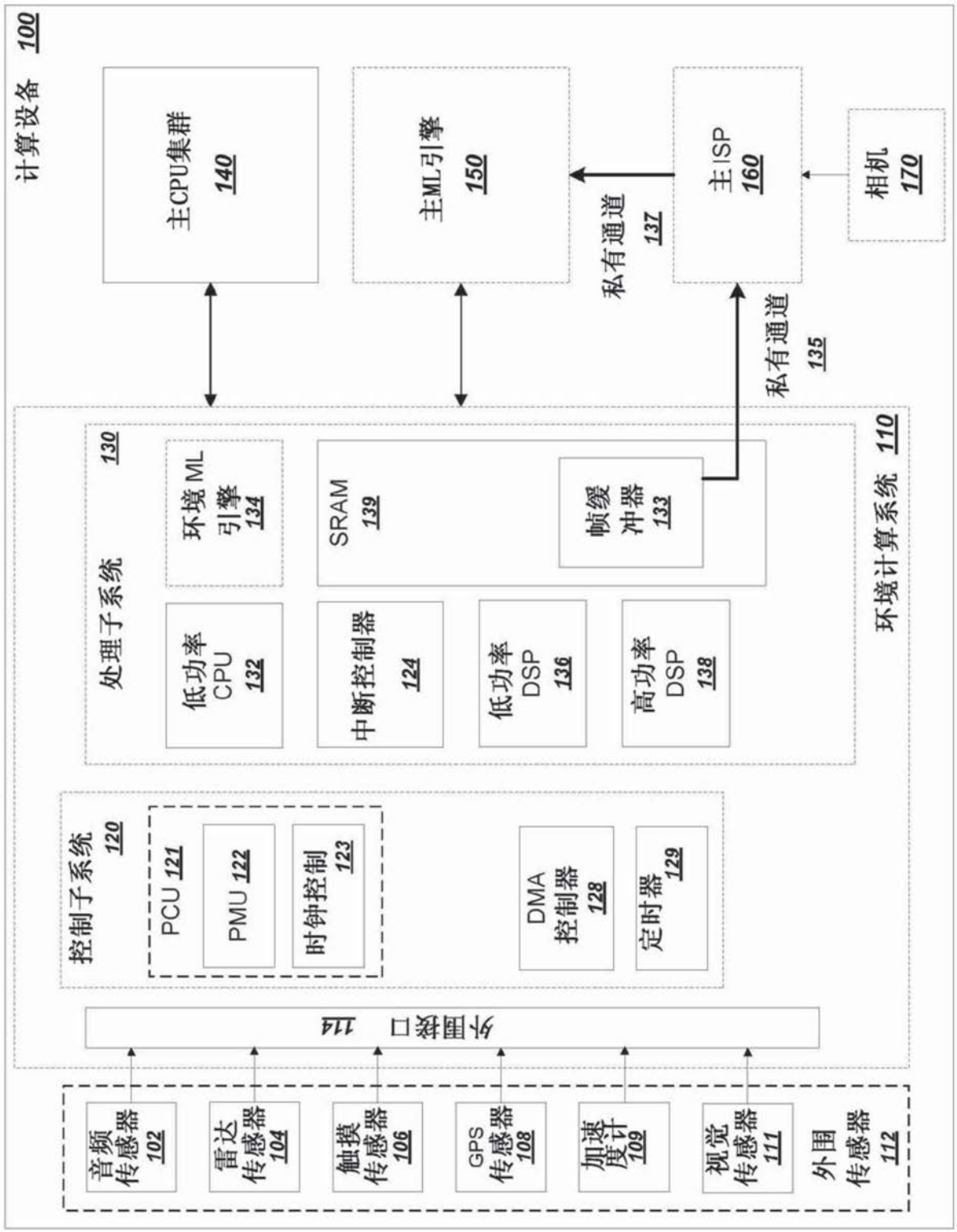

计算设备 100
主CPU集群 140
主ML引擎 150
私有通道 137
主ISP 160
相机 170
私有通道 135
环境计算系统 110
处理子系统 130
环境 ML 引擎 134
SRAM 139
帧缓冲器 133
低功率 CPU 132
中断控制器 124
低功率 DSP 136
高功率 DSP 138
控制子系统 120
PCU 121
PMU 122
时钟控制 123
DMA 控制器 128
定时器 129
外围接口 118
音频传感器 102
雷达传感器 104
触摸传感器 106
GPS 传感器 108
加速度计 109
视觉传感器 111
外围传感器 112

图1

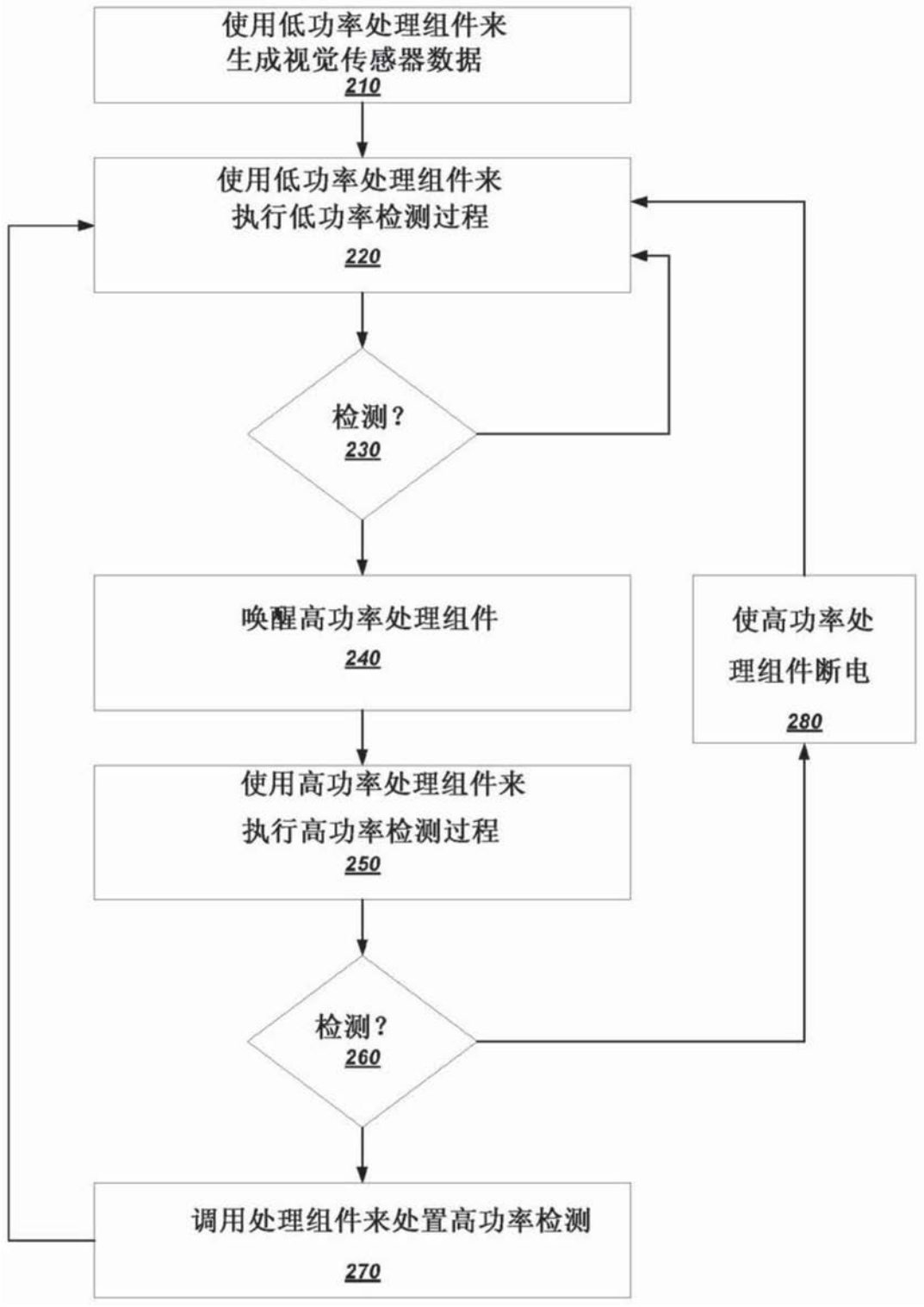

使用低功率处理组件来
生成视觉传感器数据
210
使用低功率处理组件来
执行低功率检测过程
220
检测？
230
唤醒高功率处理组件
240
使高功率处
理组件断电
280
使用高功率处理组件来
执行高功率检测过程
250
检测？
260
调用处理组件来处置高功率检测
270

图2