



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105103187 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201480010102. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 02. 19

G06T 5/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

G06T 5/50(2006. 01)

13/777, 968 2013. 02. 26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 08. 24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/017124 2014. 02. 19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/133844 EN 2014. 09. 04

(71) 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 冯晨 张晓鹏 沈亮 周少杰

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 宋献涛

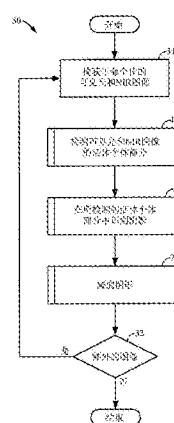
权利要求书2页 说明书14页 附图10页

(54) 发明名称

用于阴影检测和减弱的多光谱成像系统

(57) 摘要

本发明公开了用于检测和减弱可见光图像中的阴影的系统和方法。在各种实施例中,可以使用多光谱成像技术检测和减弱人体皮肤上的阴影。包含生命个体的多光谱图像数据可以经处理以检测所述多光谱图像数据的活体个体部分。可以识别所述多光谱图像数据的所述所检测的活体个体部分中的阴影。可以减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所述所识别的阴影。



1. 一种用于减弱图像中的阴影的计算机实施的方法,其包括:
处理包含活体个体的多光谱图像数据以检测所述多光谱图像数据的生命个体部分;
识别所述多光谱图像数据的所述所检测的活体个体部分中的阴影;以及
减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所述所识别的阴影。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述多光谱图像数据包括可见光图像数据和近红外 NIR 图像数据。
3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中减弱所述所识别的阴影包括减弱所述可见光图像数据中的所述所识别的阴影。
4. 根据权利要求 2 所述的方法,其中所述生命个体包括人类个体,并且其中所述所检测的活体个体部分包括活体皮肤部分。
5. 根据权利要求 4 所述的方法,其中识别所述阴影包括针对所述可见光和 NIR 图像中的对应的像素计算可见光对 NIR 光的比。
6. 根据权利要求 4 所述的方法,其进一步包括至少部分基于所述可见光图像数据和所述 NIR 图像数据中的所述所检测的活体皮肤部分和所述所识别的阴影减弱所述所识别的阴影。
7. 根据权利要求 6 所述的方法,其中减弱所述所识别的阴影包括计算所述 NIR 和可见光图像数据中的亮度分布。
8. 根据权利要求 4 所述的方法,其进一步包括在所述可见光和 NIR 图像数据中检测人脸,并且其中所述所检测的人脸包括至少一些所述所检测的活体皮肤部分。
9. 根据权利要求 1 所述的方法,其进一步包括通过多光谱成像系统捕获所述多光谱图像数据。
10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中捕获所述多光谱图像数据包括捕获可见光图像数据和近红外 NIR 图像数据。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中捕获可见光图像数据和 NIR 图像数据包括:
通过可见光传感器捕获所述生命个体的可见光图像;以及
通过 NIR 传感器捕获所述生命个体的 NIR 图像。
12. 一种用于减弱可见光图像中的阴影的成像系统,所述系统包括:
活体个体验证模块,所述模块经编程以处理包含生命个体的多光谱图像数据以检测所述多光谱图像数据的活体个体部分;
阴影识别模块,所述模块经编程以识别所述多光谱图像数据的所述所检测的活体个体部分中的阴影;以及
阴影减弱模块,所述模块经编程以减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所述所识别的阴影。
13. 根据权利要求 12 所述的成像系统,其进一步包括多光谱成像系统,所述系统经配置以捕获包含生命个体的多光谱图像数据。
14. 根据权利要求 13 所述的成像系统,其中所述多光谱成像系统包括可见光传感器和近红外 NIR 传感器。
15. 根据权利要求 12 所述的成像系统,其中所述多光谱图像数据包括可见光图像数据和近红外 NIR 图像数据。

16. 根据权利要求 12 所述的成像系统, 其中所述生命个体包括人类个体, 并且其中所述所检测的活体个体部分包括活体皮肤部分。

17. 根据权利要求 16 所述的成像系统, 其中所述阴影识别模块经编程以针对所述可见光和 NIR 图像中的对应的像素计算可见光对 NIR 光的比。

18. 根据权利要求 16 所述的成像系统, 其中所述阴影减弱模块经编程以至少部分基于所述可见光图像数据和所述 NIR 图像数据中的所述所检测的活体皮肤部分和所述所识别的阴影减弱所述所识别的阴影。

19. 根据权利要求 18 所述的成像系统, 其中所述阴影减弱模块经编程以通过计算所述 NIR 和可见光图像数据中的亮度分布减弱所述所识别的阴影。

20. 一种成像系统, 其包括:

用于处理包含生命个体的多光谱图像数据以检测所述多光谱图像数据的活体个体部分的装置;

用于识别所述多光谱图像数据的所述所检测的活体个体部分中的阴影的装置; 以及
用于减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所述所识别的阴影的装置。

21. 根据权利要求 20 所述的成像系统, 其进一步包括用于捕获包含生命个体的多光谱图像数据的装置。

22. 根据权利要求 21 所述的成像系统, 其中所述捕获装置包括可见光传感器和近红外 NIR 传感器。

23. 根据权利要求 20 所述的成像系统, 其中所述处理装置包括活体个体验证模块, 所述模块经编程以处理所述多光谱图像数据。

24. 根据权利要求 20 所述的成像系统, 其中所述阴影识别装置包括阴影识别模块, 所述模块经编程以识别所述阴影。

25. 根据权利要求 20 所述的成像系统, 其中所述阴影减弱装置包括阴影减弱模块, 所述模块经编程以减弱所述所识别的阴影。

26. 一种具有存储在其上的代码的非暂时性计算机可读媒体, 在执行所述代码时执行包括以下项的方法:

处理包含生命个体的多光谱图像数据以检测所述多光谱图像数据的活体个体部分;
识别所述多光谱图像数据的所述所检测的活体个体部分中的阴影; 以及
减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所述所识别的阴影。

27. 根据权利要求 26 所述的计算机可读媒体, 其中所述多光谱图像数据包括可见光图像数据和近红外 NIR 图像数据。

用于阴影检测和减弱的多光谱成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于阴影检测和减弱的系统和方法。具体而言,本发明涉及用于使用多光谱成像技术来检测和减弱人体皮肤或其它活体物体上的阴影的系统和方法。

背景技术

[0002] 成像系统使得用户能够在许多不同光照条件下为多种不同物体和个体拍照片。然而,当物体的照片是在日光或在带有室内灯的情况下捕获的时,在待成像的物体上可能会投下阴影。举例来说,当用户在日光下在外面给另一个人拍摄照片时,阴影可能通过介入物体(例如,通过树或结构)投在这个人的脸上。这些阴影可能使图像质量降级并且使人的皮肤的丰富的细节模糊,而这些细节在没有阴影存在时可能是照亮的。因此,希望的是用于检测和减弱投在物体上的阴影的改进的系统和方法。

发明内容

[0003] 在一个实施方案中,公开了一种用于减弱图像中的阴影的计算机实施的方法。所述方法可以包括处理包含活体个体的多光谱图像数据以检测多光谱图像数据的活体个体部分。另外,所述方法可包含在多光谱图像数据的所检测的活体个体部分中识别阴影。所识别的阴影可以在多光谱图像数据的至少部分中减弱。

[0004] 在另一个实施方案中,公开了用于减弱可见光图像中的阴影的成像系统。所述系统可以包含活体个体验证模块,所述模块经编程以处理包含活体个体的多光谱图像数据以检测多光谱图像数据的活体个体部分。所述系统还可以包含阴影识别模块,所述模块经编程以识别多光谱图像数据的所检测的活体个体部分中的阴影。此外,所述系统可以包含阴影减弱模块,所述模块经编程以减弱多光谱图像数据的至少部分中的所识别的阴影。

[0005] 在又一实施方案中,公开了成像系统。所述成像系统可以包含用于处理包含活体个体的多光谱图像数据以检测多光谱图像数据的活体个体部分的装置。所述系统还可以包含用于识别所述多光谱图像数据的所检测的活体个体部分中的阴影的装置。此外,所述系统可以包含用于减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所识别的阴影的装置。

[0006] 在另一个实施方案中,公开了非暂时性计算机可读媒体。所述非暂时性计算机可读媒体可以具有存储在其上的代码,在执行所述代码时执行包括处理包含活体个体的多光谱图像数据以检测多光谱图像数据的活体个体部分的方法。所述方法可包含识别所述多光谱图像数据的所检测的活体个体部分中的阴影。另外,所述方法可包含减弱所述多光谱图像数据的至少部分中的所识别的阴影。

[0007] 在附图和下文描述中阐述本说明书中描述的标的物的一或多个实施方案的细节。其它特征、方面和优势将从描述、图式和权利要求书中变得显而易见。应注意,以下各图的相对尺寸可能未按比例绘制。

附图说明

- [0008] 图 1A 是用户在日光下使用多光谱成像系统捕获活体个体的图像的示意图。
- [0009] 图 1B 是说明通过多光谱成像系统所捕获的图像中的阴影区域和非阴影区域的图 1A 中所示的图的放大视图。
- [0010] 图 2 是根据一个实施例的阴影减弱系统的示意图。
- [0011] 图 3 是说明根据一个实施方案用于减弱可见光图像中的阴影的方法的流程图。
- [0012] 图 4 是根据一些实施方案说明用于检测可见光和 NIR 图像的活体个体部分的方法的流程图。
- [0013] 图 5 是根据一些实施方案说明用于识别所检测的活体个体部分中的阴影的方法的流程图。
- [0014] 图 6 是非阴影像素和阴影像素的测量强度的直方图。
- [0015] 图 7 是根据一些实施方案说明用于减弱所识别的阴影的方法的流程图。
- [0016] 图 8A-1 到 8E 是根据一个实施方案在阴影减弱方法的不同阶段的实例图像。

具体实施方式

[0017] 系统概述

[0018] 本文中公开的实施方案提供用于识别和减弱投在活体个体上的阴影的系统、方法及设备,例如,投在活人脸上的皮肤上或人类个体的身体的另一部分上。具体而言,所公开实施方案可以使用多光谱成像系统识别和减弱活人皮肤上的阴影。多光谱成像系统可以包含单独的可见光和近红外 (NIR) 传感器,或能够捕获可见光和 NIR 图像两者的单个传感器。在各种实施方案中,多光谱成像系统可经配置以捕获活体个体的可见光图像和 NIR 图像这两者。举例来说,多光谱成像系统可经配置以在日光条件期间捕获人脸的可见光和 NIR 图像。如本文中所解释,在日光操作期间,阴影可能投在人脸上,阴影可不合需要地干扰从脸部获得的图像的质量。举例来说,阴影可以在脸上投下深色区域,这可能隐藏脸部的结构特征和 / 或个体的皮肤的丰富的细节。除混淆脸部特征的细节之外,投在待成像的人上的阴影还可以使人的身体的其它部分中的活体个体的皮肤的细节模糊。

[0019] 在本文中所公开的各种实施方案中,投在活体个体的部分上的阴影(例如,投在人脸上的阴影)可以得到自动地检测和减弱。此类自动检测和减弱可以通过移除由阴影形成的深色区域并且通过使得人的皮肤或脸部特征的丰富的细节将能够成像而有利地改进图像质量。无需受到理论限制,即使在阴影下个体的皮肤的丰富的细节也可以成像,这是因为当通过 NIR 光照射时人的皮肤的独特的反射特性。因此,包含在可见光和 NIR 波长下成像的所公开的多光谱成像技术可以使得能够在活体个体的皮肤上对阴影进行自动检测和减弱,而同时保留人的皮肤的自然的外观。

[0020] 举例来说,在一些布置中,可以使用多光谱成像系统对个体进行成像,所述多光谱成像系统经配置以捕获具有在大约 400nm 到大约 750nm 的范围内的波长的可见光并且还捕获具有在大约 750nm 到大约 1100nm 的范围内的波长的 NIR 光。在对人脸进行成像的实施方案中,可以采用自动脸部检测技术来检测人脸。另外,可以检测可见光和 NIR 图像的活体个体部分。举例来说,当对人的脸部成像时,脸部的活体皮肤部分或像素可以通过本文中所公开的系统和方法识别。多光谱成像系统可以至少部分基于人体皮肤在由 NIR 波长下的光照射时的独特反射特性而检测人类个体的活体皮肤部分。

[0021] 因此可以识别并且减弱投在皮肤上的阴影。所得到的可见光图像可以实质上不含伪影和由投在图像的活体个体部分上的阴影诱发的其它不希望的影响。在一些实施方案中，本文中所描述的方法可以通过所公开的系统大体上自动地执行使得需要最小用户交互或不需要用户交互。投在活体个体上的阴影的此类自动检测和减弱可以允许用户在各种成像系统上捕获图像并且以有效且简单的方式自动检测和减弱阴影。

[0022] 此外，虽然本文中所公开的一些实施方案涉及投在人脸上或人类个体的活体皮肤部分上的阴影的检测和减弱，但是应了解本文中所公开的原理和细节也可以适用于其它类型的材料。举例来说，当例如植物物质等一件植被通过 NIR 光照亮并且通过 NIR 传感器成像时，NIR 光也可以具有独特的响应特征。实际上，虽然当通过各种波长的光（例如，可见光和 NIR 波长）照亮时所公开的许多实施方案由人体皮肤的校准和 / 或理论光学响应产生，但是熟练的技术人员将理解也可能的是当其它材料通过各种波长的光照亮时校准和 / 或计算其它材料的光学响应，所述其它材料例如活体植被、动物皮肤等。

[0023] 在以下描述中，给出具体细节以提供对实例的透彻理解。然而，所属领域的一般技术人员将理解，可在没有这些具体细节的情况下实践所述实例。举例来说，可以在框图中示出电气组件 / 装置，以免用不必要的细节混淆所述实例。在其它实例中，可详细示出此类组件、其它结构和技术以进一步解释所述实例。

[0024] 还应注意，可能将所述实例描述成过程，这个过程被描绘成程序图、流程图、有限状态图、结构图或框图。虽然流程图可以将操作描述成顺序过程，但是许多操作可以并行或同时执行，并且所述过程可以重复。另外，可重新布置操作的次序。过程在其操作完成时终止。过程可以对应于方法、功能、流程、子例程、子程序等。当过程对应于软件函数时，其终止可能对应于所述函数返回到调用函数或主函数，或子程序的类似完成或相似功能。

[0025] 所属领域的技术人员将理解，可使用多种不同技术和技艺中的任一者来表示信息和信号。举例来说，可由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光场或光粒子或其任何组合来表示在以上描述中始终参考的数据、指令、命令、信息、信号、位、符号以及芯片。

[0026] 图 1A 是用户在日光下使用阴影减弱系统 10 捕获活体个体 1 的图像的示意图。所说明的阴影减弱系统 10 包含可见光传感器 5 和 NIR 传感器 7。在图 1A 中，活体个体 1 站立在树 2 附近。从太阳 3（或其它光源）发射的光可以被树 2 部分地遮挡，这可在活体个体 1 的部分上投下阴影，如图 1B 中更详细地示出的。

[0027] 图 1B 是示出了活体个体 1 的更多细节的图 1A 中所示的图的放大视图。因为树 2 放置在太阳 3 与活体个体 1 之间，所以阴影区域 14 投在成像的活体个体 1 的一部分上。未被树 2 遮挡的光可以在非阴影的完全照亮的区域 12 中成像。在阴影区域 14 中捕获的个体 1 的部分与在非阴影区域 12 中捕获的个体 1 的部分相比将在俘获的图像中呈现为较暗的。此外，由于投在个体 1 的皮肤 15 上的阴影，在阴影区域 14 中捕获的个体皮肤 15 的丰富的细节可能丢失或降级。

[0028] 非阴影区域 12 可以包含非阴影的活体皮肤部分 11 和非阴影的非活体皮肤部分 13。非阴影活体皮肤部分 11 可以是对应于未被阴影遮挡的活体个体 1 的皮肤图像的一或多个像素。非阴影的非活体皮肤部分 13 可以是对应于活体个体的非活体部分的图像的一或多个像素，例如，衣服或头发，或未被图像中的阴影遮挡的图像中的非活体物体。

[0029] 类似地，阴影区域 14 可以包含阴影的活体皮肤部分 15 和阴影的非活体皮肤部分

17. 阴影的非活体皮肤部分 17 可以包含对应于图像中的非活体部分的一或多个像素,例如活体个体 1 的衣服或头发,或其它非活体或非皮肤物体。阴影的活体皮肤部分 15 可以包含对应于至少部分被投下的阴影遮挡的活体个体 1 的皮肤的部分的图像的一或多个像素,例如,作为活体个体 1 的脸部或颈部的图像的部分。如本文所述,下文描述的系统和方法减弱在阴影的活体皮肤部分 15 中成像的阴影并且改进了在图像中捕获的皮肤的质量。本文中所公开的系统和方法可以有利地减少图像中投下的阴影的影响使得图像包含丰富的细节并且保持皮肤的自然外观。

[0030] 转向图 2,公开了阴影减弱系统 10 的示意图,例如在上文中图 1A 中所示的阴影减弱系统 10。阴影减弱系统 10 在一些布置中可以包含多光谱成像系统 16。如本文中所解释,多光谱成像系统 16 可以包含可见光传感器 5 和 NIR 传感器 7。举例来说,可见光传感器 5 可以是能够检测至少在大约 400nm 和大约 700nm 之间的范围中的可见光的 CCD/CMOS。多光谱成像系统 16 可以进一步包含第二传感器,例如,能够检测在大约 700nm 和大约 1100nm 之间的范围中的 NIR 光的 CCD/CMOS。在一些实施方案中,用于可见光和 NIR 传感器的波长范围可以重叠或可以甚至是大体上相同的。熟练的技术人员将理解其它类型的传感器也是可能的,并且其它波长范围也是可能的。在一些实施方案中,成像滤波器,例如,NIR 通过滤波器,可以在合适的 CCD/CMOS 上使用以仅检测 NIR 数据。熟练的技术人员将理解各种其它传感器或其组合可用于捕获可见光和 NIR 图像数据。在一些布置中,单个传感器可用于捕获可见光和 NIR 波长这两者。

[0031] 在其它实施方案中,多光谱成像系统 16 可经配置以包含单个多光谱成像传感器,所述成像传感器可以感测宽频带的波长,包含至少可见光波长和近红外 (NIR) 光波长。多光谱成像传感器可经配置以检测在大约 400nm 与大约 1100nm 之间的波长处的光(例如,在各种实施方案中,针对可见光在大约 400nm 与大约 700nm 之间并且针对 NIR 光在大约 700nm 与大约 1100nm 之间)。当然,成像传感器还可经配置以同样检测波长的宽的多的范围。在一些实施方案中,电荷耦合装置 (CCD) 可以用作多光谱成像传感器。在其它实施方案中,CMOS 成像传感器可以用作多光谱成像传感器。

[0032] 阴影减弱系统 10 可以包含存储器 18 和处理器 19。存储器 18 和处理器 19 经配置以采用电气方式彼此通信并且与多光谱成像传感器 16 通信。阴影减弱系统 10 还具有能够存储可以由处理器 19 执行的各种软件模块的存储装置 4。在一些实施方案中,处理器 19 可以从多光谱成像系统 16 接收数据并且将数据发射到多光谱成像系统 16,并且可以通过执行存储在存储装置 4 中的一或多个软件模块上的计算机实施指令在该数据上进行操作。

[0033] 存储装置 4 可以是任何合适的计算机可读存储媒体,例如,非暂时性存储媒体。存储装置 4 可以包括任何数目的软件模块。举例来说,存储装置 4 可以包含脸部检测模块 20。脸部检测模块 20 可以包含检测图像中的人脸的软件。在一些实施方案中,脸部检测模块 20 可以使用已知技术来检测和验证图像中的捕获的脸部的几何形状。在一些实施方案中,脸部检测模块 20 可经配置以检测脸部的轮廓,而在其它实施方案中,脸部检测模块 20 可以检测脸部所位于的大体区域(例如,位于特定正方形或矩形区域内的脸部)。在一个实施方案中,例如,由日本京都的欧姆龙株式会社 (OMRON Corporation) 制造的 OKA0 视觉脸部感测技术可以由脸部检测模块 20 使用。脸部检测模块 20 的其它实施方案也是可能的,并且因此实施例不限于用于在图像中检测脸部的任何特定方法。

[0034] 活体个体验证模块 21 也可以存储在存储装置 4 中。如将在本文中更详细地描述,活体个体验证模块 21 可以包含用于识别图像中的活体个体部分的计算机实施的指令。举例来说,活体个体验证模块 21 可以包含用于识别活人皮肤的指令,例如,包含活体个体 1 的图像的活体皮肤部分。如本文中所解释,活体个体验证模块 21 可以经编程以计算二进制皮肤映射,其可以将像素识别为活体或非活体皮肤像素或部分。另外,活体个体验证模块 21 可以经编程以使在二进制皮肤映射中计算的所识别的皮肤的边界平滑。在其它实施例中,活体个体验证模块 21 可经配置以识别其它类型的活体个体或物体,例如,植被。

[0035] 另外,存储装置 4 可以包含阴影识别模块 22。阴影识别模块 22 可以包含用于识别例如图 1B 的阴影区域 14 的图像中的阴影区域的计算机实施的指令。在一些实施例中,阴影识别模块 22 可以经编程以区分阴影区域与所捕获的图像中的深色的非阴影物体。结合活体个体验证模块 21,阴影识别模块 22 可以经编程以识别和区分阴影的活体皮肤部分 15 与阴影的非活体皮肤部分 17。举例来说,当通过 NIR 和可见光照亮以衍生所捕获的图像的阴影映射时阴影识别模块 22 可以利用皮肤的独特反射特性。

[0036] 存储装置 4 也可以包括阴影减弱模块 23。阴影减弱模块 23 可以包含计算机实施的指令以用于减弱在图像中的所识别的阴影。举例来说,如本文中更详细地解释,阴影减弱模块 23 可以经编程以生成指示用于每个像素的亮度转移的量的权重映射。在一些实施方案中,可以调节每个像素的亮度值以减弱阴影,例如,从而减少在图像的阴影区域 14 中捕获的深色区域。此外,在一些布置中,可以通过阴影减弱模块 23 在多个像素的块中调节像素的亮度。

[0037] 通信模块 25 和预处理模块 26 可以存储在存储装置 4 上。通信模块 25 可以包括管理阴影减弱系统 10 的组件之间的数据的流动的计算机实施的指令。预处理模块 26 可经配置以在在数据上执行其它操作之前预先处理数据,例如,从多光谱成像系统 16 中接收的图像数据。存储装置 4 可以视情况包含用户接口模块 24。用户接口模块 24 可以包括用于实施可选的用户接口 6 的指令。举例来说,用户接口 6 可以包含显示器和 / 或一或多个按钮以驱动多光谱成像系统 16。在一些布置中,用户接口 6 可以包含允许用户选择阴影减弱模式的特征,其中本文中所公开的方法可用于检测和减弱投在活体个体 1 上的阴影。包含图形用户界面 (GUI) 的其它用户接口特征可以通过存储在用户接口模块 24 中的指令控制或实施。并且,如图 2 所示,其它处理模块 27 可以按需要存储在存储装置 4 中以用于实施系统 10 的各种其它功能。

[0038] 阴影减弱系统 10 也可以包含可选的用户接口 6。用户接口 6 可以使得系统 10 的用户能够与系统 10 相互作用并且有效地使用各种模块以检测和减弱阴影和 / 或激活多光谱成像系统 16。举例来说,用户接口 6 可以包含一或多个显示器以显示所捕获的图像和 / 或其它数据。显示器还可经配置以显示图形用户界面 (GUI) 以进一步增强系统 10 的可用性。在一些实施方案中,用户接口 6 可以包含各种外围装置,包含,例如,键盘、鼠标、打印机和其它输入 / 输出装置。

[0039] 阴影减弱系统 10 可以在移动装置上实施,所述移动装置包含移动电话或智能电话、平板计算机、膝上型计算机、数码相机等等。通过在移动装置上整合多光谱成像系统 16、存储器 18、处理器 19、存储装置 4 和可选用户接口 6,可以有利地使用阴影减弱系统 10 而无需将所述系统维持于固定位置中。然而,在其它实施方案中,阴影减弱系统 10 可以包括桌

上型计算机、服务器、计算机工作站或其它类型的计算装置。阴影减弱系统 10 可以与另一计算机硬件整合,或者阴影减弱系统 10 可以与计算装置分开,例如,作为单独的相机或多个相机。

[0040] 阴影减弱概述

[0041] 图 3 是说明用于减弱可见光图像中的阴影的方法 30 的流程图。方法 30 开始于框 31 中,其中捕获了生命个体的可见光和 NIR 图像。举例来说,可以通过多光谱成像系统 16 在大约 400nm 与大约 1100nm 之间的波长范围上捕获(在各种实施方案中,例如,针对可见光在大约 400nm 与大约 700nm 之间并且针对 NIR 光在大约 700nm 与大约 1100nm 之间)图像数据。在一些布置中,可以通过单独的可见光和 NIR 传感器捕获可见光和 NIR 图像。在一些实施方案中,可见光和 NIR 图像可以最初大致对齐,这是因为可见光和 NIR 成像传感器在空间上可能紧密地在一起。因此,可见光图像中的像素可以对应于 NIR 图像中的像素,使得在可见光与 NIR 图像之间对齐的像素可以被称作对齐的像素对。NIR 和可见光图像可以基于 2012 年 10 月 30 日递交的标题为“多光谱成像系统”的第 13/663,897 号美国专利申请案中所公开的技术进一步对齐,所述专利申请案的内容出于所有目的以引用的方式全文并入本文中。在其它布置中,可以由可以检测可见光和 NIR 图像数据的单个传感器捕获可见光和 NIR 图像数据。

[0042] 方法 30 移动到框 40 以检测可见光和 NIR 图像的活体个体部分。在本文中所公开的实施例中,所检测的活体个体部分包括人脸上的人体皮肤,例如,活体皮肤部分或像素。此外,所检测的活体个体部分可以包括个体的身体的其它部分上的人体皮肤。然而,在其它实施例中,所检测的活体个体部分可以包括其它类型的生命个体或物体,例如,植被等。

[0043] 在一些布置中,可以在所捕获的图像中检测人脸。脸部检测的任何合适的方法可用于检测图像中的脸部。举例来说,在一些布置中,可见光和 NIR 图像中的成像的脸部可以大致对齐,这是因为可见光传感器 5 和 NIR 传感器 7 可以在空间上紧密地在一起和/或通过使用如上文所解释的其它对齐方法。如下文更详细地解释,可见光和 NIR 图像中的脸部的对齐可允许系统在逐像素基础上计算颜色对 NIR 像素比。另外,脸部检测模块 20 可以检测关于所捕获的脸部的几何形状的细节。替代地,脸部检测模块 20 可以检测脸部所在的大体区域,例如,在图像的特定方框内。此外,在各种实施方案中,一或多个所关注的区域(ROI)可以定义在脸部上。举例来说,加权的面罩可以基于脸部的形状和眼睛和/或嘴的位置从脸部检测模块 20 中生成。

[0044] 所成像个体的活体皮肤部分可以利用在可见光和 NIR 照亮下人体皮肤的反射的差异来检测。举例来说,在框 40 中,二进制皮肤映射可以基于对齐的像素对中的 NIR 图像像素的像素值与对应的可见光图像像素的绿色通道的像素值之间的差异计算(例如,可见光图像中的像素位于与图像中的像素大致相同的位置处,使得可见光和 NIR 像素是对齐的)。二进制皮肤映射也可以基于可见光图像像素的红色和绿色通道的像素值之间的差异。所检测的皮肤的边界可以以各种方式变得平滑,例如使用 S 形函数使皮肤边界变得平滑,如下文所解释。

[0045] 方法 30 随后移动到框 50,其中在所检测的活体个体部分中识别阴影。举例来说,方法 30 可以在活体个体的脸部上识别所检测的活体皮肤部分中的阴影。在一些实施方案中,生成全局深色映射,其中阴影候选通过分析与其它部分相比大体上较暗的可见光和

NIR 图像的部分识别。因为图像的深色部分可以对应于阴影区域,或仅对应于非阴影区域中的深色物体,所以方法 30 可以基于针对每个像素对的可见光强度与 NIR 光强度的比区分阴影的活体皮肤区域与其它深色物体。当通过 NIR 光照亮时可见光对 NIR 比可以利用人体皮肤的独特的反射特性。

[0046] 可以生成阴影映射以识别位于图像的阴影区域内的活体皮肤像素。实际上,基于阴影映射的直方图阴影像素可以与活体皮肤部分中的非阴影像素区分开。在各种布置中,可以使用边缘检测算法计算阴影边缘,并且可以通过寻找阴影半影并且基于半影调节像素值来使阴影边界平滑。此外,可以计算阴影和非阴影锚定像素。阴影和非阴影锚定像素可以表示来源于相同人体皮肤的图像的区域。锚定像素可以基于所识别的阴影和非阴影像素的强度分布计算。

[0047] 转向框 70,可以使活体个体部分中的所识别的阴影减弱。逐像素方法可用于调节可见光图像中的每个像素的亮度以减弱阴影。通过转移每个像素的亮度,可以移除由所投的阴影产生的深色区域。在一些实施方案中,逐框方法可用于调节预定义框中的像素的亮度。可以混合逐像素和逐框混合。具有减弱阴影的所得到的可见光图像可以包含人体皮肤的丰富的细节和脸部的几何特征或图像的其它活体个体部分。

[0048] 方法 30 移动到决策框 32 以确定是否将捕获额外的多光谱图像。如果作出将捕获额外图像的决策,那么方法 30 返回到框 31 以捕获活体个体的额外的可见光和 NIR 图像。如果作出将不捕获额外图像的决策,那么方法 30 结束。

[0049] 活体个体部分的检测

[0050] 图 4 是根据一些实施方案说明用于检测可见光和 NIR 图像的活体个体部分的方法 40 的流程图。方法 40 在框 41 处开始以计算二进制皮肤映射。在可见光和 NIR 照亮下人体皮肤反射的差异可以使得能够进行活体个体的活体皮肤部分的检测。举例来说,可以基于可见光图像像素 i 的绿色通道的像素值和 NIR 图像中的对应的像素 i 的像素值计算第一标准化反射差异 r_1 :

$$[0051] \quad r_1 = \frac{\rho_i(\lambda_{NIR}) - \rho_i(\lambda_g)}{\rho_i(\lambda_{NIR}) + \rho_i(\lambda_g)},$$

[0052] 其中 ρ 表示用于成像通道 NIR、绿色、红色、蓝色等的像素 i 处的标准化强度。

[0053] 第二标准化反射差异 r_2 可以基于可见光图像像素 i 的红色和绿色通道的像素值计算:

$$[0054] \quad r_2 = \frac{\rho_i(\lambda_g) - \rho_i(\lambda_r)}{\rho_i(\lambda_g) + \rho_i(\lambda_r)}$$

[0055] r_1 和 r_2 的直方图的阈值可以使得能够评估阈值 t_{n1} 、 t_{n2} 、 t_{r1} 和 t_{r2} 。举例来说,特定像素 i 可以被识别为活体皮肤像素,前提是:

[0056] $t_{n1} < r_1 < t_{n2}$ 以及 $t_{r1} < r_2 < t_{r2}$ 。

[0057] 所得到的二进制皮肤映射可用于指示图像的哪些部分是活体皮肤像素。用于检测例如活体皮肤部分的活体个体部分的各种技术的额外细节可以在 2012 年 6 月 26 日递交的标题为“用于脸部验证的系统和方法”的第 13/533,706 号美国专利申请案中发现,所述专利申请案的内容出于所有目的以引用的方式全文并入本文中。

[0058] 方法 40 移动到框 43, 其中皮肤的边界是平滑的。虽然在框 41 中计算的二进制皮肤映射可以区分图像的活体皮肤部分和非活体皮肤部分, 但是所得到的边界可能是起伏的或不平滑的。为了使活体皮肤部分与非活体皮肤部分之间的边界平滑, 可以通过下式计算平滑的皮肤映射 S:

$$[0059] \quad S = N(w_1, w_2, w_3, w_4),$$

[0060] 其中 N 表示最小 - 最大标准化函数。可以基于标准化反射差异与它们的相关联阈值之间的差异计算 S 形函数 w_1 、 w_2 、 w_3 和 w_4 。举例来说, S 形函数可以通过下式计算:

$$[0061] \quad w_1 = \frac{1}{1 + e^{a(t_1 - t_{n2})}};$$

$$[0062] \quad w_2 = \frac{1}{1 + e^{-a(t_1 - t_{n1})}};$$

$$[0063] \quad w_3 = \frac{1}{1 + e^{a(r_2 - t_{r2})}}; \text{ 以及}$$

$$[0064] \quad w_4 = \frac{1}{1 + e^{-a(r_2 - t_{r1})}};$$

[0065] 其中 a 是控制 S 形函数 w 的速率的参数。

[0066] 方法 40 移动到决策框 45, 其中作出额外图像是否将被处理为识别活体个体部分的决策。如果作出存在额外图像的决策, 那么方法 40 返回到框 41 以计算二进制皮肤映射。如果作出不存在额外图像的决策, 那么方法 40 结束。应了解, 虽然方法 40 是基于逐像素差异的, 但是不需要可见光和 NIR 图像的精确的对齐。实际上, 脸部皮肤通常是相当平滑的并且具有跨越脸部的恒定的颜色响应。因此, 方法 40 可以精确地识别图像的活体皮肤部分, 即使在可见光和 NIR 图像大致对齐使也是如此, 例如, 基于所检测的脸部对齐。所识别的活体皮肤部分可用于检测阴影, 如本文中更详细地解释。

[0067] 阴影的识别

[0068] 图 5 是根据一些实施方案说明用于识别所检测的活体个体部分中的阴影的方法 50 的流程图。方法 50 可以在框 51 中开始以计算全局深色映射 D 从而识别阴影候选像素。深色映射 D 识别在 NIR 和可见光图像这两者中的深色的像素, 例如, 在两种图像中具有低测量强度值的那些像素。因为深色映射 D 识别 NIR 和可见光图像中所有深色的像素, 所以深色映射 D 可以包含表示在阴影区域中的物体 (例如, 由于所投的阴影在两种图像中都是深色的物体) 的像素以及仅表示深色物体 (例如, 黑色或其它深色颜色的物体) 的像素。在一些实施方案中, 全局深色映射 D 可以被计算为:

$$[0069] \quad D = D_{vis} * D_{NIR},$$

[0070] 其中

$$[0071] \quad D_{vis} = 1 - \frac{\rho(\lambda_r) + \rho(\lambda_g) + \rho(\lambda_b)}{3}$$

[0072] 以及

$$[0073] \quad D_{NIR} = 1 - \rho(\lambda_{NIR}).$$

[0074] 因此, 深色映射 D 中的较大值可以表示阴影候选像素, 例如, 在可见光和 NIR 图像

这两者中都是大体上深色的像素。然而,深色映射 D 单独的可能无法区分深色阴影区域与深色物体(无论是否在阴影区域中还是阴影区域外)。

[0075] 方法 50 移动到框 52 以基于 NIR 和可见光图像中的皮肤反射计算阴影图像 F。阴影图像 F 可以有助于区分阴影的活体皮肤部分与非阴影的活体皮肤部分,方法是用非阴影深色物体描绘阴影区域。二进制皮肤映射可用于过滤活体皮肤部分与非活体皮肤部分。应了解日光(例如,直射阳光)在可见光波长下与在 NIR 波长下相比发出更多能量。然而,在阴影中可见光与 NIR 光之间的照亮的差异,所述阴影例如,仅曝露在天空光而非直接日光下的区域,与通过可见光照亮的皮肤的反射与通过 NIR 光照亮的皮肤的反射之间的差异相比是大体上可忽略的。因此,可见光对 NIR 光的比可用于区分阴影区域与用于被识别为活体皮肤部分的区域的非阴影深色物体。

[0076] 举例来说,在框 52 中,可以基于 NIR 和可见光图像的像素对中的颜色到 NIR 像素值的比计算阴影图像 F(例如,对应于可见光图像中的像素的 NIR 图像中的像素)。对于 NIR 和可见光图像中的每个像素对,像素比 F_k 可以计算用于通道 k,其中当使用 RGB 可见光传感器时通道 k 对应于红色、绿色或蓝色图像数据。像素比 F_k 可以被定义为:

$$[0077] \quad F_k = \frac{\rho(\lambda_k)}{\rho(\lambda_{NIR})}; k = \{r, g, b\}。$$

[0078] 如上文所述,日光(例如,直射阳光)与在 NIR 频带中相比在可见光频带中发出更多能量,因此应了解非阴影像素可具有与阴影像素相比相对较大的 F_k ,以用于图像的活体皮肤部分。因此,

[0079]

$$F_k^{\text{阴影}} < F_k^{\text{非阴影}} < 1。$$

[0080] 对于人体皮肤,阴影图像 F 可以基于像素比 F 通过下式计算:

$$[0081] \quad F = 1 - \frac{1}{t} \min\left(\max_k(F_k), t\right)。$$

[0082] 在所计算的阴影图像 F 中,活体皮肤部分中的较大像素值可表示真实阴影像素,例如,位于所识别的皮肤上的阴影区域内的像素。因此,像素比 F_k 可用于生成阴影图像 F 以描绘与深色物体相比的实际阴影区域。可见光和 NIR 照亮下的皮肤的独特的反射特性可以使得所公开的系统能够检测图像的活体皮肤部分上的阴影。

[0083] 移动到框 53,全局深色映射 D(表示阴影候选)可以与计算出的阴影图像 F 结合以衍生阴影映射 M。阴影映射 M 可以通过下式计算:

$$[0084] \quad M = 1 - D * F。$$

[0085] 在计算出的阴影映射 M 中,活体皮肤部分中的较小像素值具有作为活体皮肤的阴影像素的高概率。为了将区域分类为可见光图像中的阴影区域或非阴影区域,可以对计算出的阴影映射 M 进行二进理化。具体而言,可以针对活体皮肤像素计算 M 的直方图。如上文所述,二进制皮肤映射可用于选择对应于活体人体皮肤的像素并且排除非活体皮肤部分。

[0086] 方法 50 移动到决策框 54 以比较用于像素 p(i, j) 的阴影映射 M 的值与阈值 θ 。在 M 的计算出的直方图中,阈值 θ 可以对应于 M 的直方图的第一谷,其大体上表示像素值,低于所述像素值存在像素位于阴影区域内的高概率。因此,无论特定像素 p(i, j) 是否是活

体皮肤,阴影都可以由下式给出:

[0087]

$$p(i, j) = \begin{cases} \text{阴影_像素} & \text{如果}(M(i, j) \leq \theta) \\ \text{非阴影_像素} & \text{否则} \end{cases}$$

[0088] 如果在框 54 中作出决策用于像素 $p(i, j)$ 的深色映射 $M(i, j)$ 的值小于或等于阈值 θ , 那么方法移动到框 55 以将像素 $p(i, j)$ 识别为图像的活体皮肤部分内的阴影像素。如果作出决策用于像素 $p(i, j)$ 的深色映射 $M(i, j)$ 的值不小于或等于阈值 θ , 那么方法 50 移动到框 56 以将像素 $p(i, j)$ 识别为非阴影像素。在将像素识别为阴影像素或非阴影像素之后, 方法 50 结束。

[0089] 在一些布置中, 阴影的边界可以使用阴影映射 M 通过实施标准边缘检测算法来评估。此外, 可以通过跨越所投的阴影边界定位半影区域使阴影边界平滑。通过定位半影区域, 可以改进下文中相对于图 7 描述的阴影减弱方法的精确性。举例来说, 被识别为边缘或半影像素的像素可以结合马尔可夫随机场 (MRF) 技术使用以使阴影边界平滑。

[0090] 此外, 为了改进下文中相对于图 7 解释的阴影减弱技术, 可以选择阴影锚定像素和非阴影锚定像素。相同图像中的人体皮肤上的阴影像素和非阴影像素的强度分布可以是高度相关的。实际上, 阴影锚定像素和非阴影锚定像素可以表示非常可能源自图像中的相同人体皮肤的像素。举例来说, 在一些布置中, 阴影锚定像素和非阴影锚定像素可以基于阴影像素亮度值和非阴影像素亮度值的直方图计算。

[0091] 具体而言, 阴影像素和非阴影像素可以经选择用于具有高于预定义阈值的概率的阴影区域和非阴影区域这两者中的像素。图 6 是非阴影像素和阴影像素的测量强度的直方图。在一些实施方案中, 可以丢弃具有对应于 0.2 以下的概率的标准化强度的像素, 使得阴影锚定像素和非阴影锚定像素可以仅包含具有大于或等于 0.2 的概率的那些像素。具有对应于大于或等于 0.2 的概率的强度的相应的锚定像素可用于计算下文中相对于图 7 解释的亮度分布。用于阴影区域和非阴影区域两者的所得到的锚定像素可以表示源自相同人体皮肤区域的区域。

[0092] 阴影的减弱

[0093] 图 7 是根据一些实施方案说明用于减弱所识别的阴影的方法 70 的流程图。一般来说, 可以通过朝向非阴影区域的亮度分布将图像的所检测的阴影区域中的像素的亮度分布转移而减弱阴影, 例如, 以在减弱的图像中使阴影区域呈现为较亮。在一些实施例中, 系统在所捕获的图像中保留非阴影区域和非皮肤区域, 同时使所检测的阴影区域呈现为较亮 (例如, 减弱阴影), 并且同时还在图像的阴影区域中保留人体肌理。另外, 实施例保留人体皮肤的自然的视觉感知, 使得人体皮肤并不呈现为人造的或修改的。

[0094] 为了减弱所检测的阴影, 亮度直方图可以经计算用于阴影像素和非阴影像素这两者。累积分布函数 (CDF) 可以经计算用于阴影像素和非阴影像素的直方图, 例如, 分别是 $C_{\text{阴影}}$ 和 $C_{\text{非阴影}}$ 。阴影区域和非阴影区域中的像素可以是匹配的使得阴影和非阴影中的每个像素 i 的 YCbCr 空间中的亮度分量可以是相关的。举例来说, 在一些实施方案中, 阴影像素和非阴影像素的 CDF 可以是匹配的, 使得针对每个像素 i 的亮度分量 Y_i , 可以识别对应的亮度分量 Y_i' 使得:

[0095] $C_{\text{阴影}}(Y_i) = C_{\text{非阴影}}(Y_i')$,

[0096] 其中 Y_i 对应于阴影区域中的亮度并且 Y_i' 对应于非阴影区域中的亮度。因此,亮度转移可以评估为:

[0097] $\Delta = Y' - Y$ 。

[0098] 方法 70 在框 71 中开始以生成像素亮度转移的权重映射 W 。权重映射 W 可用于克服由活体皮肤检测方法 50 和 / 或阴影检测方法 60 诱发的逐像素误差,并且可以指示针对每个像素的亮度转移的量。权重映射 W 因此可以有助于保留人体皮肤的自然外观。在一些实施方案中,权重映射 W 可以通过下式计算:

$$[0099] \quad W = N \left(\frac{1}{1 + e^{a(Y - pt_1)}} \cdot \frac{1}{1 + e^{-a(Y - pt_2)}} \right) \cdot S,$$

[0100] 其中

[0101] $pt_1 = \mu_1 - \sigma_1$,

[0102] 以及

[0103] $pt_2 = \mu_1 + 3\sigma_1$ 。

[0104] 在一些布置中, μ_1 和 σ_1 可以指示阴影锚定像素的亮度值的平均值和方差。在权重映射 W 中,较大权重可以指派给皮肤阴影像素,并且较小权重可以指派给非皮肤和 / 或非阴影像素。

[0105] 方法 70 随后移动到决策框 72,其中作出逐像素减弱技术是否将用于减弱所检测的阴影的决策。如果作出不采用逐像素技术的决策,那么方法 70 继续到决策框 74 以用逐框技术减弱阴影,如在下文中更详细地解释的。如果作出使用逐像素技术的决策,那么方法 70 移动到框 73 以在逐像素基础上调节每个像素的亮度。具体而言,每个像素的亮度可以通过下式调节:

[0106] $Y' = Y + W \cdot \Delta$ 。

[0107] 因此,活体皮肤部分中的所检测的阴影可以通过以加权的量 Δ 来调节初始亮度 Y 而减弱从而使阴影区域变亮并且改进图像质量。

[0108] 在一些情况下,阴影边界可以是陡峭的或起伏的。为了使阴影边界平缓化和 / 或平滑,并且为了改进成像皮肤的自然外观,可以采用方向性平滑化技术。举例来说,在一些布置中,阴影半影映射 B 可以被定义为:

[0109]

$$B(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } \|\nabla Y'(i, j)\| < \tau \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

[0110]

$$p(i, j) \subseteq \text{半影} \cap \text{二进制_皮肤_映射},$$

[0111] 其中 τ 是预定义阈值。因为 $\|\nabla Y'(i, j)\|$ 表示亮度图像 Y' 的像素 $p(i, j)$ 处的梯度的量值,所以应了解阴影半影映射 B 可以表示其中图像梯度相对较小的图像的区域,例如,其中阴影边界是相对平滑的。另外,跨越实际半影区域的 Y 值可以是平滑的,使得阴影半影映射 B 中的每个像素可以在与阴影边缘相切的方向上是局部平滑的。可以由此保留阴影边界的纹理。

[0112] 方法 70 随后移动到决策框 74 以确定逐框减弱技术是否将在所检测的阴影上执

行。如果回答是否,那么方法 70 结束。如果作出将执行逐框减弱技术的决策,那么方法 70 移动到框 75 以调节一或多个像素的块的亮度值。可以在各种情况中采用框 75 的逐框技术,例如在其中整个脸部或活体皮肤区域处于阴影区域的那些情况中。因为脸部的较大部分可以被阴影遮挡,所以逐像素减弱技术可能无法完全捕获皮肤的阴影部分中的肌理差异。为了保留人体皮肤的自然外观,可以使用逐框方法。举例来说,图像可以划分成一或多个块,并且对比度限制函数可以独立地应用于每个块的直方图上。对比度限制函数可以是具有参数以控制速率的固定指数函数。相邻块的直方图可以平均化,并且每个像素的亮度可以使用四个邻近的直方图色调映射。权重可以指派给每个块。举例来说,所指派的权重可以从上文所述的权重映射 W 中计算。权重可以映射对比度限制函数的速率。在一些布置中,块中所有像素的权重可以平均化。映射函数可以通过下式确定:

$$[0113] \quad f(w) = \frac{e^w - 1}{e - 1} * a + b,$$

[0114] 其中 a 和 b 是预定参数(例如,在一些布置中 $a = 4, b = 1$)。具有较大权重的块可具有较多阴影,使得可以应用较多对比度增强。类似地,具有较小权重的块可具有较少阴影,使得可以应用较少对比度增强。

[0115] 方法 70 随后移动到框 76 以在其中采用两种类型的减弱的情况下混合逐像素和逐框减弱。举例来说, α 混合可用于并入两种类型的阴影减弱技术的优势。具体而言,减弱的图像 Y' 可以通过下式计算:

$$[0116] \quad Y' = \alpha Y'_{\text{逐像素}} + (1 - \alpha) Y'_{\text{逐框}},$$

[0117] 其中 α 从 0 变化到 1。 α 的值可以通过用户或适应性地通过系统确定。在一些布置中,针对所投阴影情况 α 可以是大约 0.75 并且针对非所投阴影情况 α 可以是大约 0.25。另外,色度分量 C_b 和 C_r 可以通过下式调节:

$$[0118] \quad C'_b = W * \frac{Y'}{Y} + (1 - W) * C_b, \text{ 以及}$$

$$[0119] \quad C'_r = W * \frac{Y'}{Y} + (1 - W) * C_r。$$

[0120] 因此减弱的图像可以包含减弱的亮度和色度分量。所得到的图像质量的改进可以减少使捕获的图像中的活体皮肤部分模糊的深色部分。一旦图像已经减弱,则方法 70 结束。

[0121] 阴影减弱的实例

[0122] 图 8A-1 到 8E 是根据一个实施方案在阴影减弱方法的不同阶段的实例图像。举例来说,图 8A-1 和 8A-2 分别是使用 NIR 传感器和单独的可见光传感器捕获的实例 NIR 和可见光图像。虽然图 8A-2 的可见光图像是作为附图中的黑白照片说明的,但是应了解原始图像是作为彩色 RGB 图像捕获的。如图 8A-1 和 8A-2 中示出,活体个体在日光下在外面成像。个体上的帽子在个体的脸部上投下了大量阴影使得脸部的细节被所投的阴影遮挡。

[0123] 图 8B-1 说明根据在上文中详细地解释的图 4 的框 41 计算的二进制皮肤映射。二进制皮肤映射可以表示个体的活体皮肤像素和非活体皮肤像素。如图 8B-1 中所示,方法 40 精确地位于图像中的活体皮肤部分上,例如,位于个体的脸部和曝露的手臂上。图 8B-2 说明根据图 4 的框 43 计算的皮肤映射 S。所公开的平滑化功能在通过二进制皮肤映射使活体

皮肤像素与非活体皮肤像素之间的皮肤边界平滑化方面是成功的。

[0124] 图 8C-1 说明根据如上文解释的图 1 的框 51 生成的深色映射 D。如图 8C-1 中所示,深色映射 D 中的较大值可以表示对应于或阴影区域或仅深色物体的大体上深色物体。因此,图 8C-1 中的较亮(表示较高像素值)的区域可以对应于初始可见光和 NIR 图像中的较暗区域。举例来说,个体脸部中的区域具有较高像素值,其对应于阴影区域。此外,在深色映射 D 中,例如个体的头发和眉毛等深色物体也具有较高像素值。

[0125] 转向图 8C-2,阴影映射 F 描绘活体皮肤部分内的阴影区域。举例来说,在图 8C-2 中,皮肤部分中的较大像素值表示阴影的活体皮肤部分,而较小像素值(例如,较暗区域)表示图像的或非阴影部分或深色物体部分。举例来说,在阴影映射 F 中,脸部(其被阴影遮蔽)处于较高像素值处,而眉毛、头发和眼睛处于较低像素值处。因此,活体皮肤部分内的阴影区域大体上由非阴影部分描绘,例如,眉毛、头发、眼睛等等。阴影映射 F 由此能够区分活体皮肤部分中的阴影区域与非阴影区域。

[0126] 在图 8D 中,针对实例图像示出了阴影映射 M。在阴影映射 M 中,皮肤部分内的较小值(例如,较暗区域)表示具有作为阴影像素的高概率的区域。如图 8D 中所示,例如,个体的嘴唇、头发、眉毛和眼睛具有较高像素值(对应于非阴影的深色区域),而被个体的帽子遮蔽的个体的脸部上的皮肤具有较低像素值,其对应于个体的脸部上的阴影区域。

[0127] 图 8E 说明其中投在个体的脸部上的阴影已经得到检测并且大体上减弱的实例图像。具体而言,图 8E 是其中投在个体的脸部上的阴影已经减少的可见光图像。可以看到脸部特征,例如,界定个体的鼻子、嘴巴、脸颊等的线,而在图 8A-2 中,相同脸部特征在很大程度上被深色的阴影区域遮挡。如上文相对于图 7 所解释,例如,本文中所公开的系统和方法可以在通过 NIR 光照亮时利用人体皮肤的独特反射特性来检测和减弱人体皮肤上的阴影。应了解图 8E 中所示的图像可以呈现为黑白图像;然而,初始可见光图像是使用 RGB 可见光传感器捕获的。所说明的黑白图像仅出于说明的方便而呈现。

[0128] 澄清有关术语

[0129] 所属领域的技术人员将进一步了解,结合本文所公开的实施方案而描述的各种说明性逻辑块、模块、电路和过程步骤可实施为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为清楚说明硬件与软件的此互换性,上文已大致关于其功能性而描述了各种说明性组件、块、模块、电路及步骤。所述功能性是实施为硬件还是软件取决于特定应用及施加于整个系统的设计约束。所属领域的技术人员可针对每一特定应用以不同方式来实现所描述的功能性,但所述实施方案决定不应被解释为会导致脱离本发明的范围。所属领域的技术人员将认识到一个部分或一部分可包括小于或等于整体的内容。举例来说,像素集合的一个部分可能是指那些像素的子集合。

[0130] 可使用经设计以执行本文所描述的功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其它可编程逻辑装置、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件或其任何组合来实施或执行结合本文中所公开的实施例而描述的各种说明性逻辑区块、模块和电路。通用处理器可为微处理器,但在替代例中,处理器可为任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可实施为计算装置的组合,例如,DSP 与微处理器的组合、多个微处理器的组合、一或多个微处理器与 DSP 核心的联合,或任何其它此配置。

[0131] 可直接以硬件、以由处理器执行的软件模块或以上两者的组合实施结合本文所公开的实施例而描述的方法或算法的步骤。每个模块可以包含各种子例程、过程、明确的陈述和宏。所述模块中的每一者可以被单独地编译且链接到单个可执行程序中。本文中出于便利起见而使用所述模块中的每一者的描述来描述系统的功能性。所述模块中的每一者所经历的过程可任意地重新分配给其它模块中的一者、一起组合在单一模块中,或使得可用于(例如)可共享的动态链接库中。软件模块可驻留在 RAM 存储器、快闪存储器、ROM 存储器、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬盘、可移除磁盘、CD-ROM,或此项技术中已知的任一其它形式的非暂时存储媒体中。示范性计算机可读存储媒体耦合到处理器,使得处理器可从计算机可读存储媒体读取信息,和向计算机可读存储媒体写入信息。在替代方案中,存储媒体可与处理器成一体式。处理器及存储媒体可驻留于 ASIC 中。ASIC 可驻留在用户终端、相机或其它装置中。在替代实施例中,处理器和存储媒体可作为离散组件驻留于用户终端、相机或其它装置中。

[0132] 本文中包含一些标题,是为了参考和辅助定位各个部分。这些标题并非意图限制关于其描述的概念的范围。此类概念可在整个说明书中都适用。

[0133] 提供先前对所公开方面的描述以使得所属领域的技术人员能够制作或使用本发明。所属领域的技术人员将容易明白对这些方面的各种修改,且本文中所定义的一般原理可在不偏离本发明的精神或范围的情况下应用于其它实施例。因此,本发明并非意图限于本文中所示的方面,而是应符合与本文中所公开的原理和新颖特征一致的最宽范围。

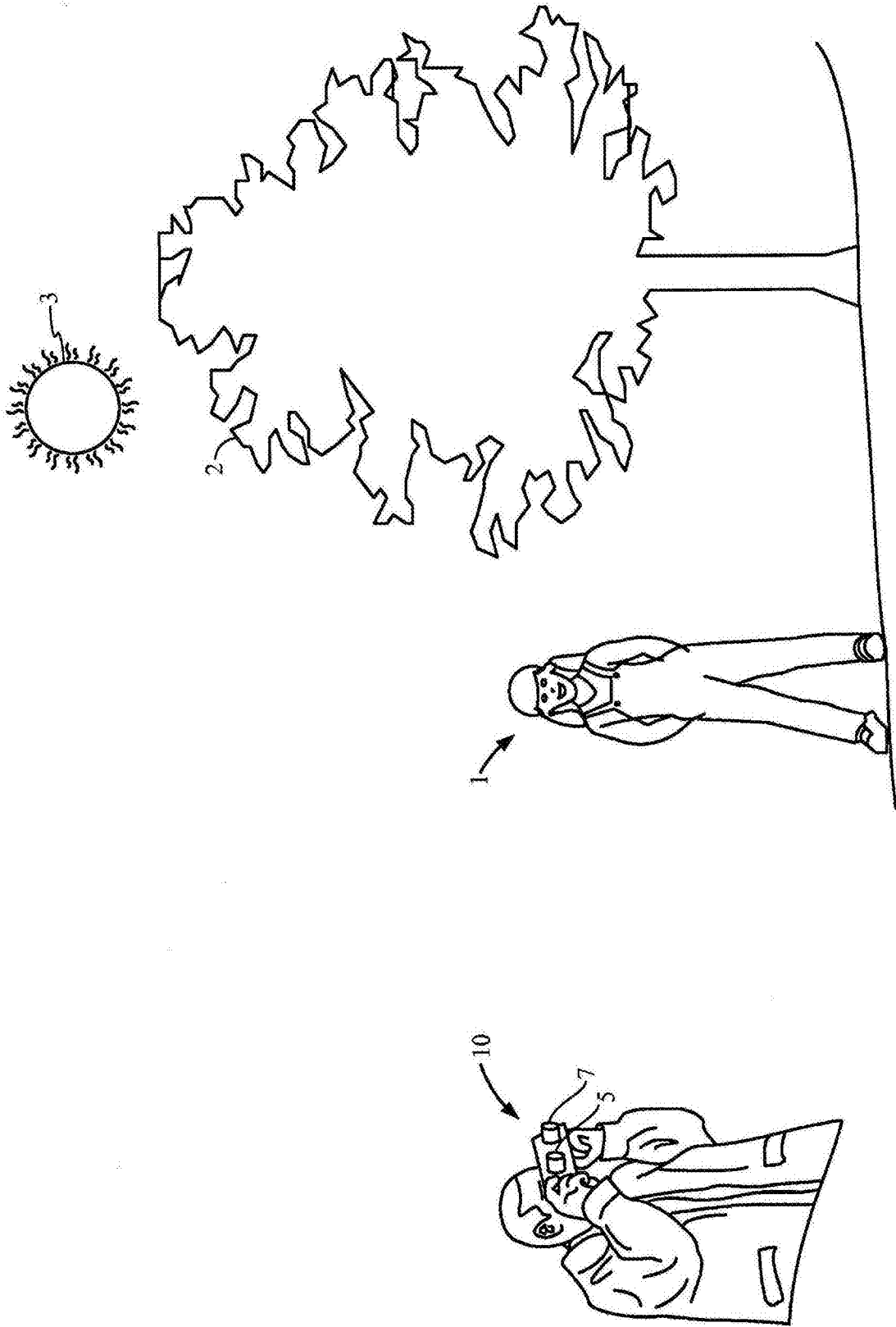


图 1A

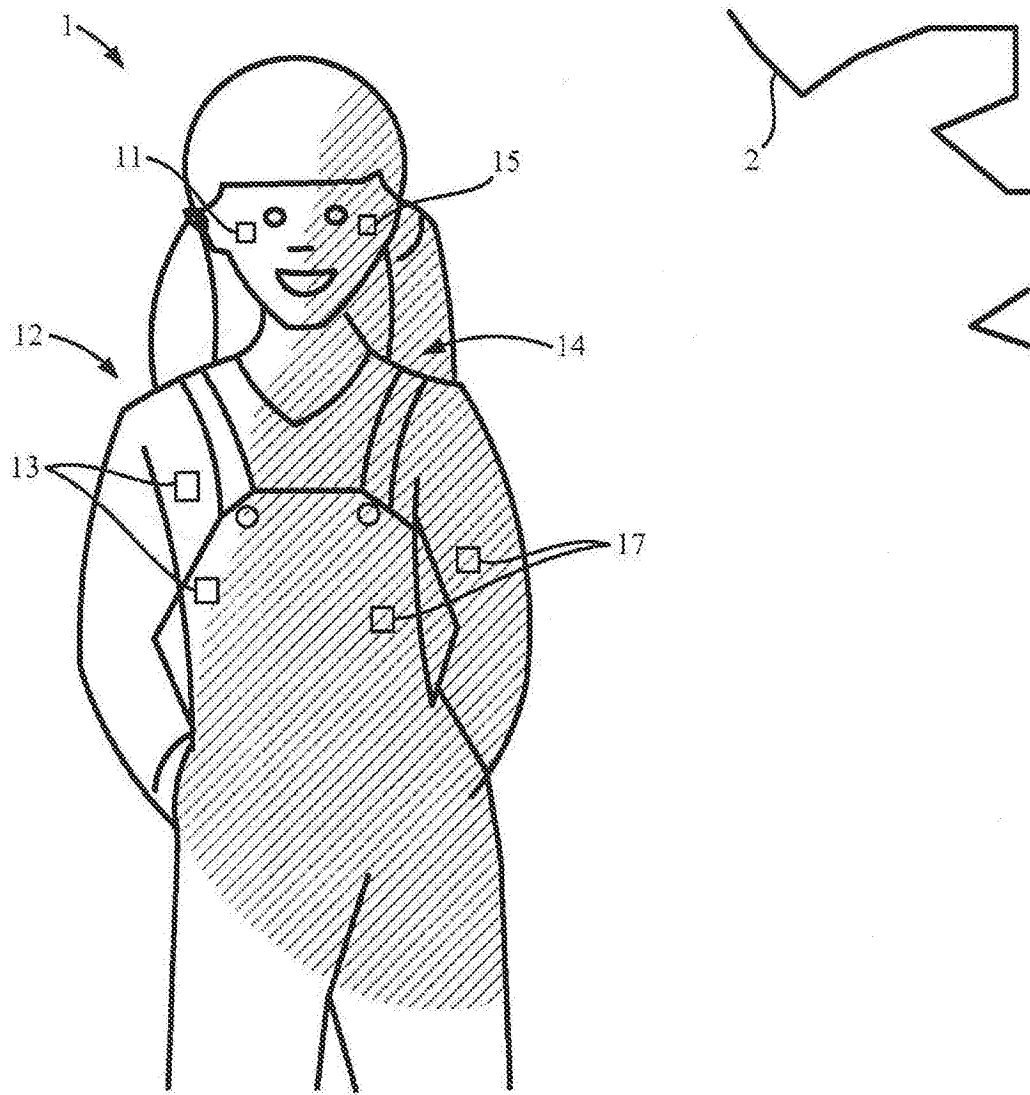


图 1B

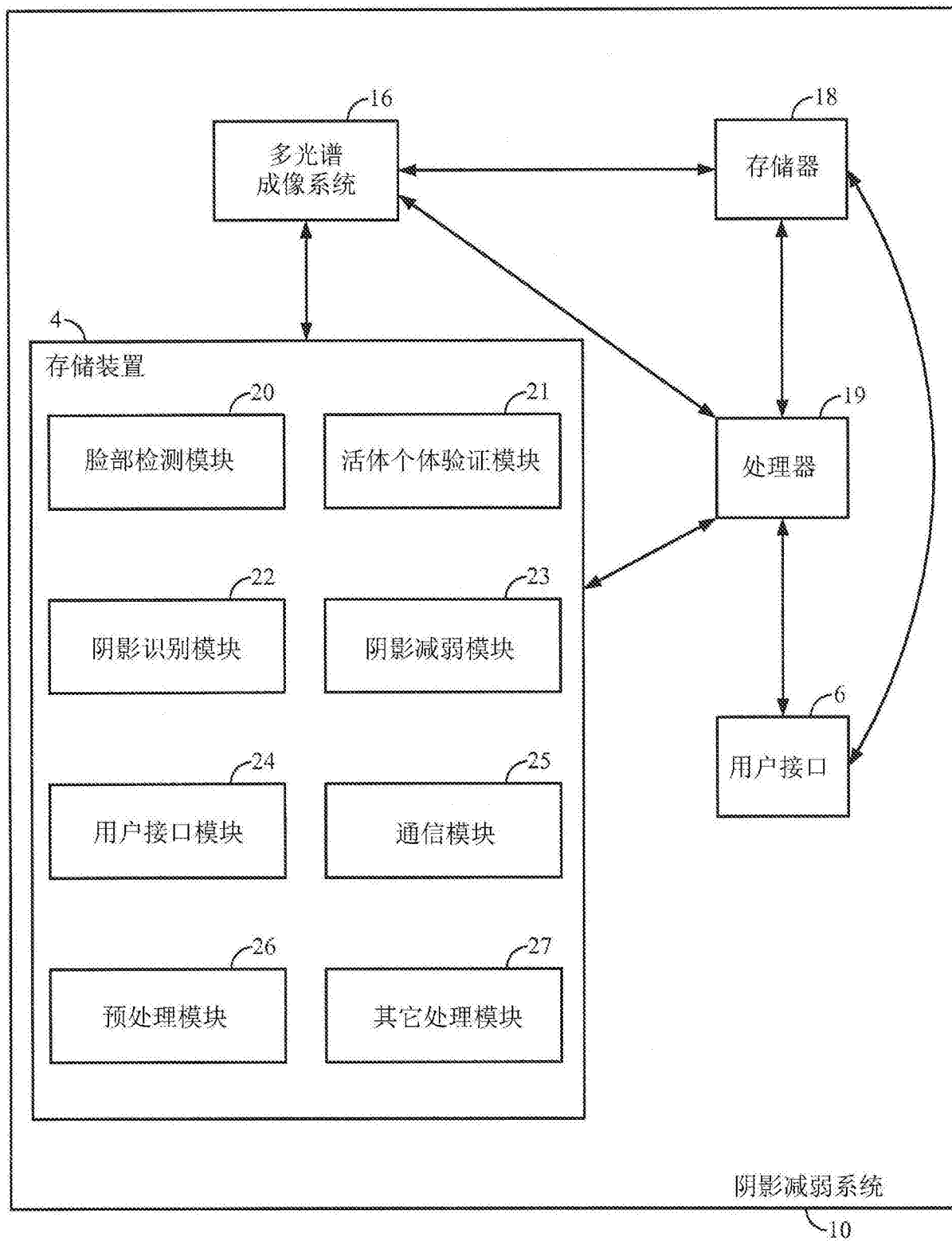


图 2

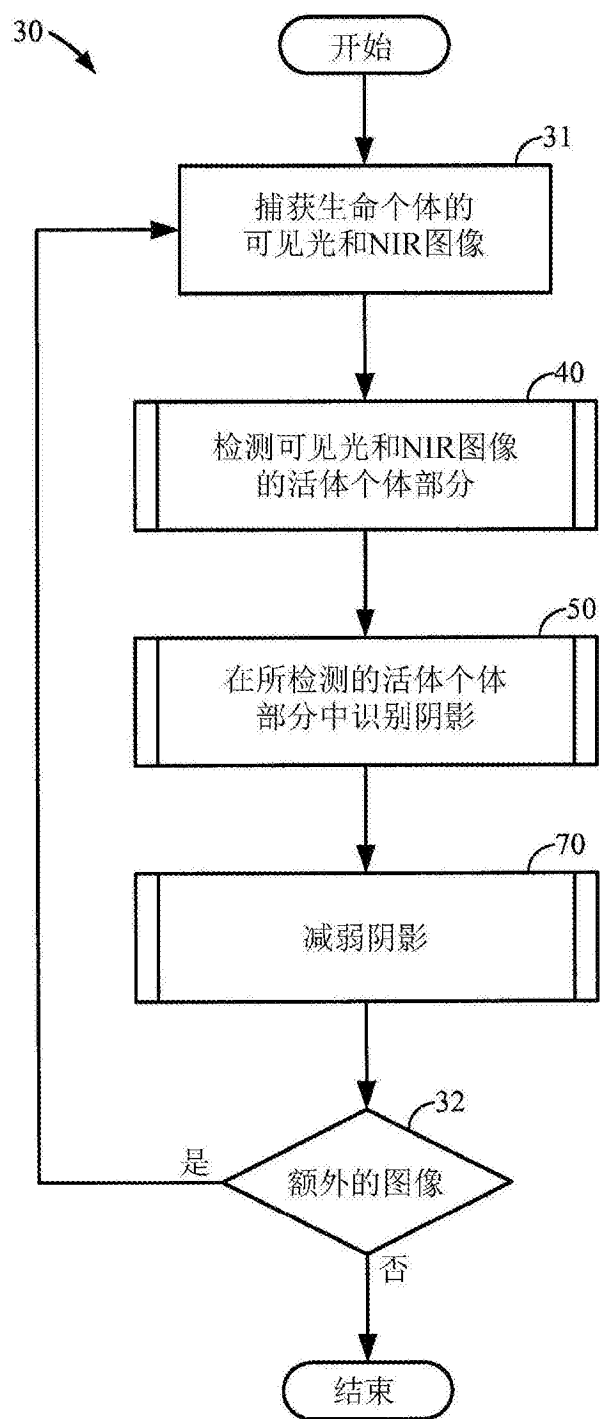


图 3

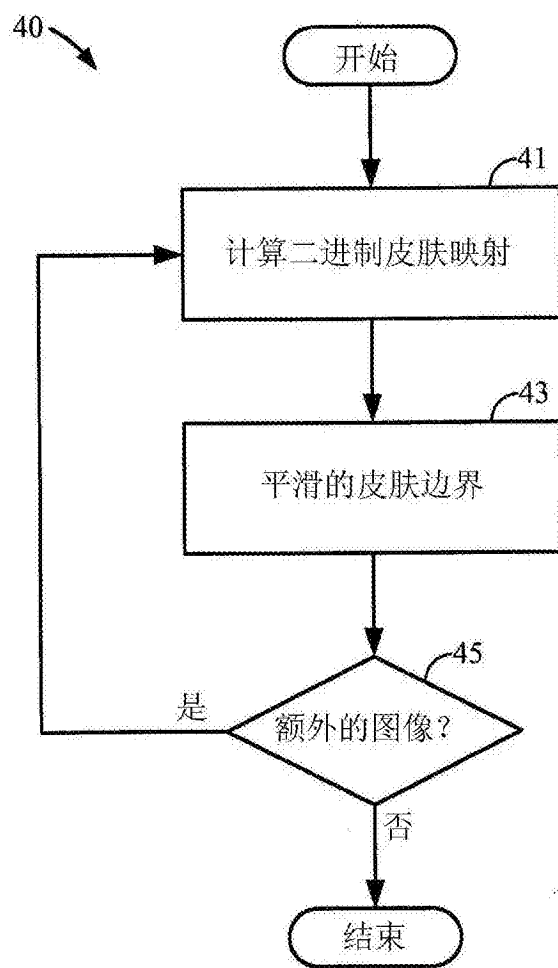


图 4

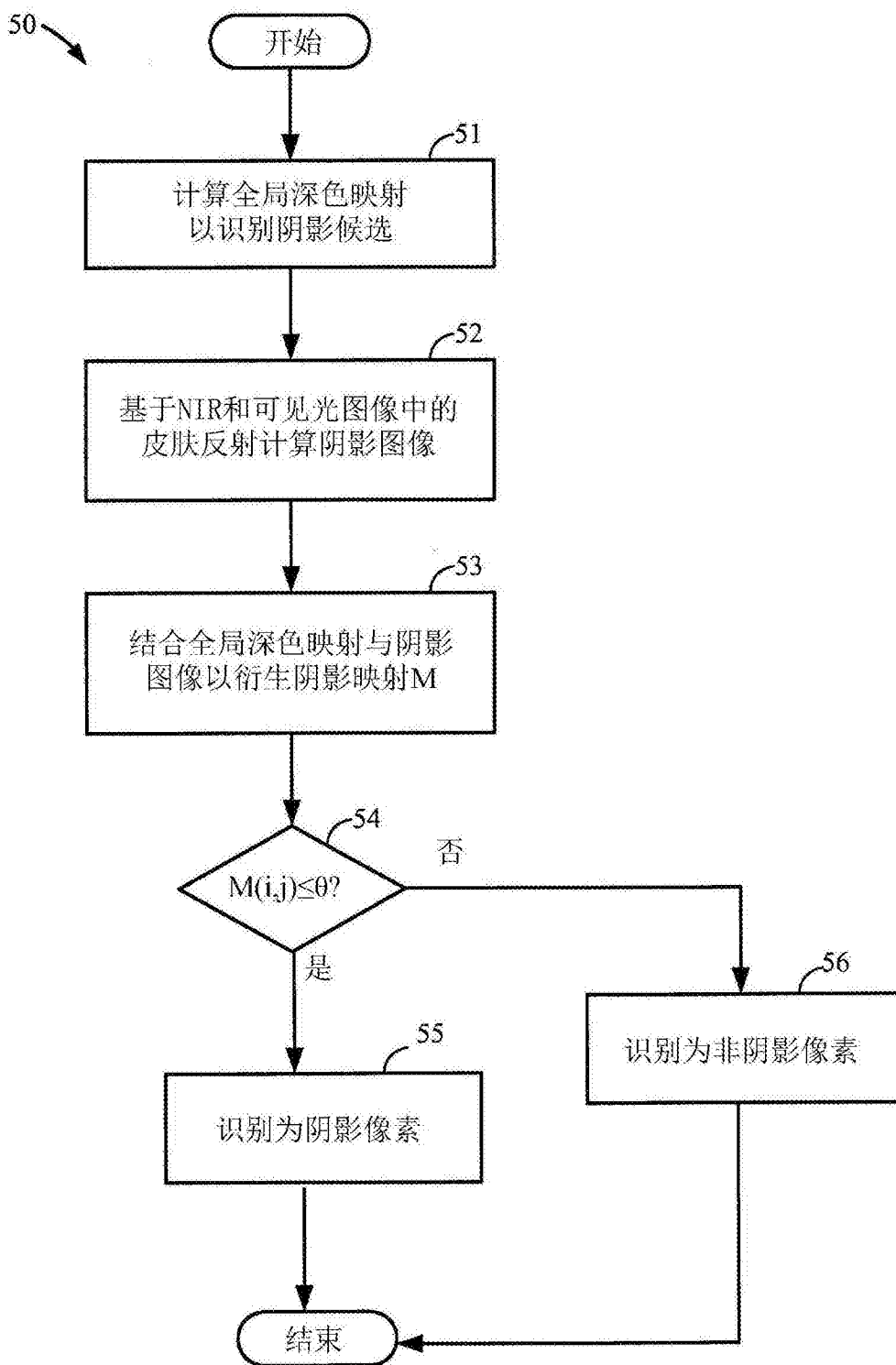


图 5

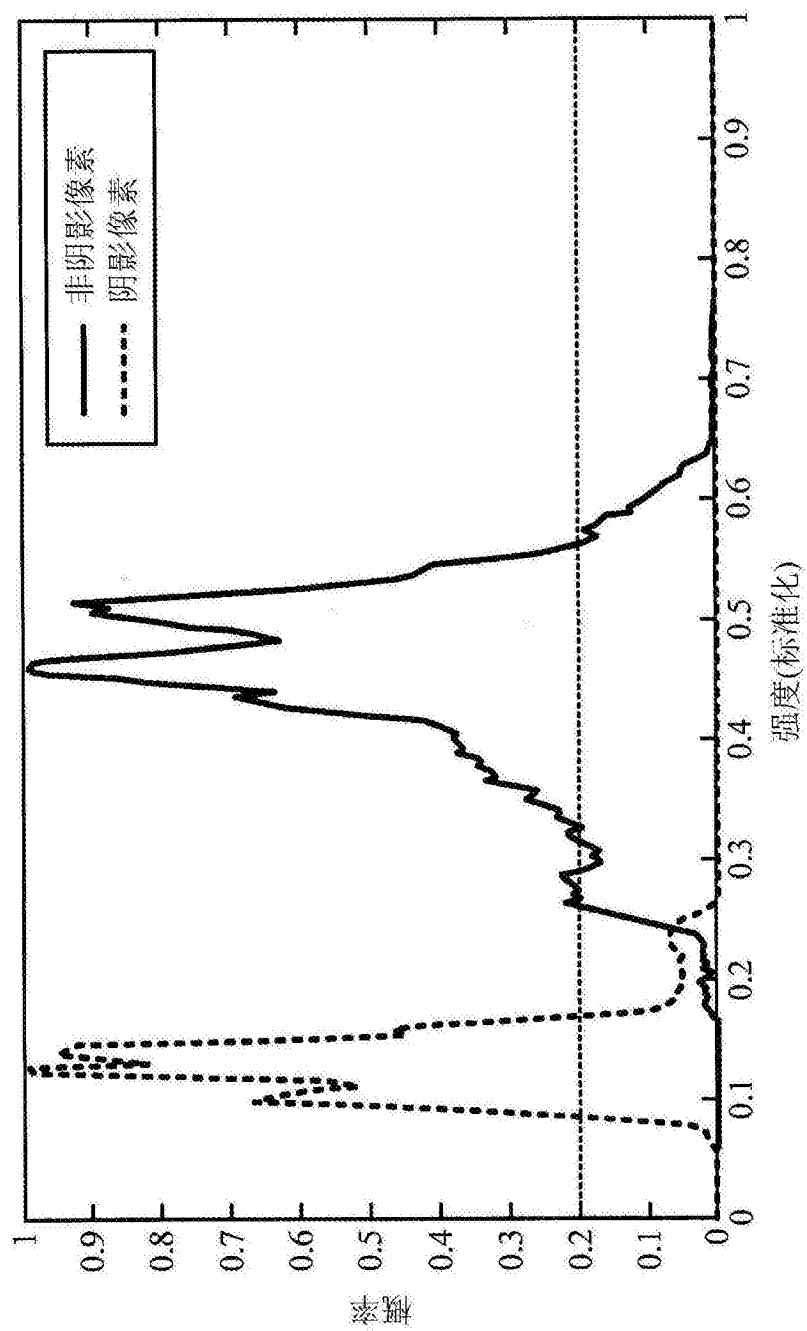


图 6

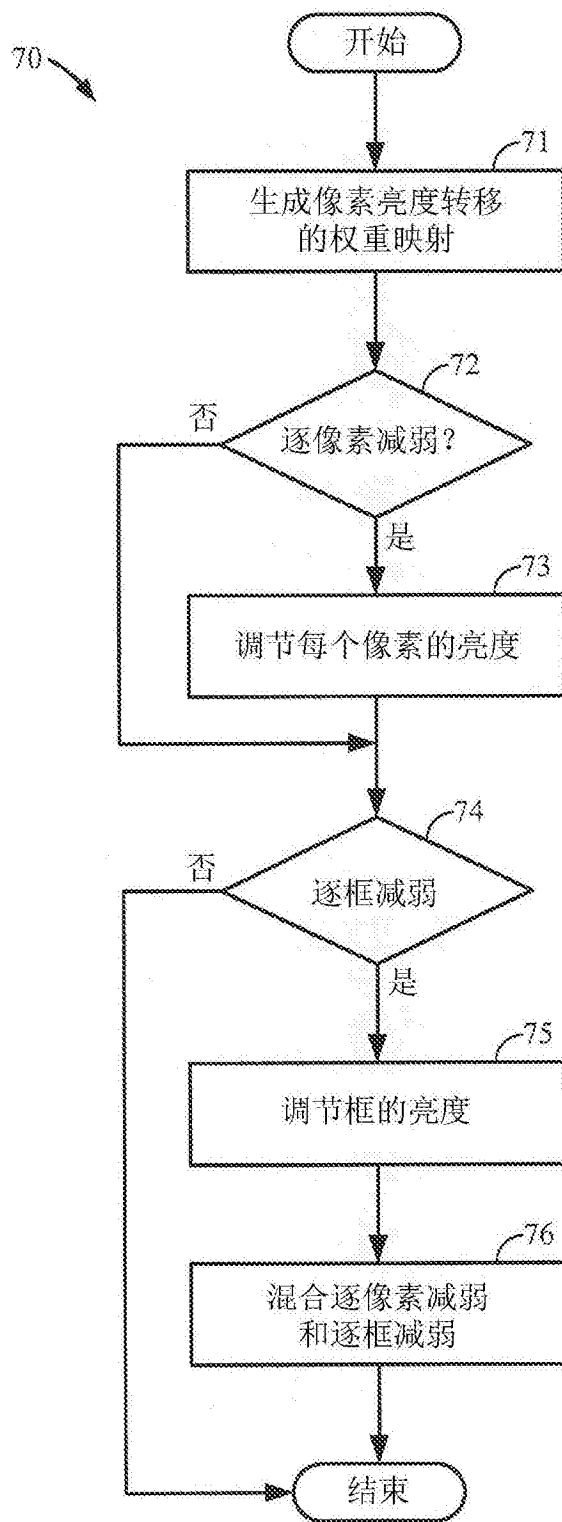


图 7



图8A-1

图8A-2



图8B-1

图8B-2

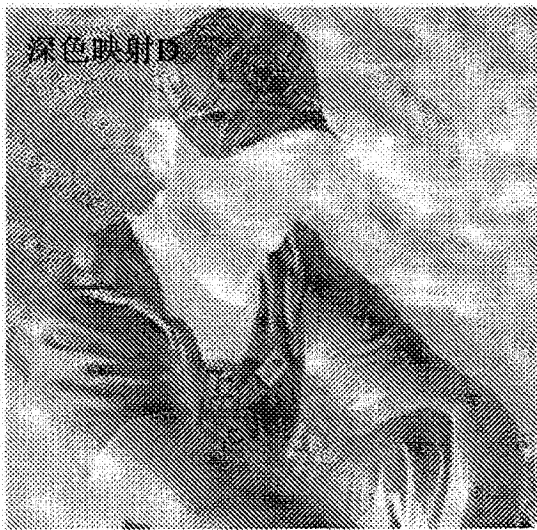


图 8C-1

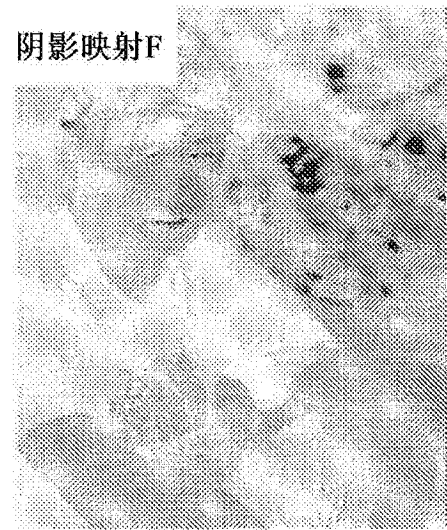


图 8C-2



图 8D



图 8E