

[19] Patents Registry [11] 1251691 B
The Hong Kong Special Administrative Region
香港特別行政區
專利註冊處

[12] **STANDARD PATENT (R) SPECIFICATION**
轉錄標準專利說明書

[21] Application no. 申請編號 [51] Int. Cl.
18110912.4 G06K 9/00 (2006.01)
[22] Date of filing 提交日期
24.08.2018

[54] SYSTEMS AND METHODS FOR SPOOF DETECTION AND LIVENESS ANALYSIS
用於假冒檢測及活躍度分析的系統及方法

[60] Divisional application no.& receipt date 分開申請編號及收 件日期 42020001080.9 08.01.2020	[73] Proprietor 專利所有人 EYEVERIFY INC. 眼驗股份有限公司 1740 MAIN STREET, SUITE 100 KANSAS CITY, MO 64108 UNITED STATES OF AMERICA
[30] Priority 優先權 16.06.2015 US 62/180,481	[72] Inventor 發明人 DERAKHSHANI, Reza, R. R·R·德拉赫沙尼 TEPLY, Joel J·特普利
[43] Date of publication of application 申請發表日期 01.02.2019	[74] Agent and / or address for service 代理人及/或送達地址 LI Wing Hong 20/F., Central Tower 28 Queen's Road Central HONG KONG
[45] Date of publication of grant of patent 批予專利的發表日期 21.02.2020	
[86] International application no. 國際申請編號 PCT/US2016/035007	
[87] International publication no. and date 國際申請發表編號及 日期 WO2016/204968 22.12.2016	
CN Application no. & date 中國專利申請編號及日期 CN 201680041628.3 31.05.2016	
CN Publication no. & date 中國專利申請發表編號及日期 CN 107851182 27.03.2018	
Date of grant in designated patent office 指定專利當局批予專利日 期 19.04.2019	



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107851182 B

(45)授权公告日 2019.04.19

(21)申请号 201680041628.3

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

(22)申请日 2016.05.31

代理人 顾晨昕

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107851182 A

(51)Int.CI.

G06K 9/00(2006.01)

(43)申请公布日 2018.03.27

(56)对比文件

(30)优先权数据

62/180,481 2015.06.16 US

CN 101396277 A,2009.04.01,

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.01.15

WO 2014064575 A2,2014.05.01,

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/035007 2016.05.31

CN 103617419 A,2014.03.05,

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/204968 EN 2016.12.22

NESLIHAN KOSE ET A. "Countermeasure

(73)专利权人 眼验股份有限公司

for the protection of face recognition

地址 美国密苏里州

systems against mask attacks".《2013 10TH

IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE AND

WORKSHOPS ON AUTOMATIC FACE AND GESTURE

RECOGNITION》.2013,第1-6页.

(72)发明人 R·R·德拉赫沙尼 J·特普利

审查员 刘长勇

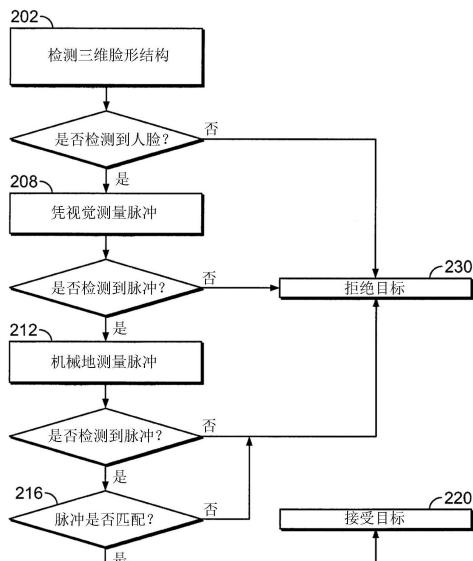
权利要求书2页 说明书18页 附图6页

(54)发明名称

用于假冒检测及活跃度分析的系统及方法

(57)摘要

在具有摄像机、音频输出组件(例如耳机)及音频输入组件(例如麦克风)的用户装置(例如智能手机)上使用基于软件的解决方案来执行假冒检测及活跃度分析。一或多个音频信号从所述用户装置的所述音频输出组件发射、由目标反射且由所述装置的所述音频输入组件接收。基于所述反射而确定所述目标是否由三维脸部结构及/或脸部组织组成。至少使用此确定来发现所述目标是否可能是伪装的,而非为合法活人。



1.一种计算机实施的方法,其包括:

使用用户装置的音频输出组件来发射一或多个音频信号;

使用所述用户装置的音频输入组件来接收所述音频信号从目标的一或多个反射;

基于所述一或多个反射而确定所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者;

接收所述目标的多个图像;

基于所述图像而识别所述目标是否具有第一脉冲;

通过与所述目标的物理接触而测量所述目标的第二脉冲;

确定所述第二脉冲是否与所述第一脉冲相关;及

至少部分基于以下几者而确定所述目标是否为假冒者:(i)所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者的所述确定、(ii)所述目标是否具有脉冲的所述识别、(iii)所述第二脉冲的所述测量以及(iv)所述相关性。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述用户装置是包括智能电话、平板计算机或膝上型计算机的移动装置。

3.根据权利要求1所述的方法,其中所述一或多个音频信号包括短编码脉冲音源、短期连续变频信号或CTFM音源。

4.根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

训练分类器来识别所述目标的物理特征;及

提供基于所述音频信号从所述目标的所述一或多个反射的信息作为到所述分类器的输入,

其中所述确定所述目标是否为假冒者是进一步至少部分基于响应于所述提供输入而接收的所述分类器的输出。

5.根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:使所述一或多个音频信号的一或多个特性随机化。

6.根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

接收所述目标的多个图像;及

基于所述图像中的检测到的光反射而确定所述目标是否包括三维脸形结构。

7.根据权利要求1所述的方法,其中使用远程光学体积描记术来识别所述第一脉冲。

8.根据权利要求1所述的方法,其中测量所述第二脉冲包括:从所述用户装置或另一手持式或穿戴式装置接收与所述第二脉冲相关联的信息。

9.根据权利要求8所述的方法,其中与所述第二脉冲相关联的所述信息包括心冲击描记信号。

10.一种系统,其包括:

至少一个存储器,其用于存储计算机可执行指令;

至少一个处理单元,其用于执行存储于所述存储器上的所述指令,其中执行所述指令编程所述至少一个处理单元以执行包括以下各者的操作:

使用用户装置的音频输出组件来发射一或多个音频信号;

使用所述用户装置的音频输入组件来接收所述音频信号从目标的一或多个反射;

基于所述一或多个反射而确定所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者;

接收所述目标的多个图像;

基于所述图像而识别所述目标是否具有第一脉冲；
通过与所述目标的物理接触而测量所述目标的第二脉冲；
确定所述第二脉冲是否与所述第一脉冲相关；及
至少部分基于以下几者而确定所述目标是否为假冒者：(i) 所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者的所述确定、(ii) 所述目标是否具有脉冲的所述识别、(iii) 所述第二脉冲的所述测量以及(iv) 所述相关性。

11. 根据权利要求10所述的系统，其中所述用户装置是包括智能电话、平板计算机或膝上型计算机的移动装置。

12. 根据权利要求10所述的系统，其中所述一或多个音频信号包括短编码脉冲音源、短期连续变频信号或CTFM音源。

13. 根据权利要求10所述的系统，其中所述操作进一步包括：
训练分类器来识别所述目标的物理特征；及
提供基于所述音频信号从所述目标的所述一或多个反射的信息作为到所述分类器的输入，

其中所述确定所述目标是否为假冒者是进一步至少部分基于响应于所述提供输入而接收的所述分类器的输出。

14. 根据权利要求10所述的系统，其中所述操作进一步包括：使所述一或多个音频信号的一或多个特性随机化。

15. 根据权利要求10所述的系统，其中所述操作进一步包括：
接收所述目标的多个图像；及
基于所述图像中的检测到的光反射而确定所述目标是否包括三维脸形结构。
16. 根据权利要求10所述的系统，其中使用远程光学体积描记术来识别所述第一脉冲。
17. 根据权利要求10所述的系统，其中测量所述第二脉冲包括：从所述用户装置或另一手持式或穿戴式装置接收与所述第二脉冲相关联的信息。

18. 根据权利要求17所述的系统，其中与所述第二脉冲相关联的所述信息包括心冲击描记信号。

19. 一种非暂时性计算机可读媒体，其具有存储于其上的指令，当执行所述指令时，所述指令编程至少一个处理器以执行包括以下各者的操作：

使用用户装置的音频输出组件来发射一或多个音频信号；
使用所述用户装置的音频输入组件来接收所述音频信号从目标的一或多个反射；
基于所述一或多个反射而确定所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者；
接收所述目标的多个图像；
基于所述图像而识别所述目标是否具有第一脉冲；
通过与所述目标的物理接触而测量所述目标的第二脉冲；
确定所述第二脉冲是否与所述第一脉冲相关；及
至少部分基于以下几者而确定所述目标是否为假冒者：(i) 所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者的所述确定、(ii) 所述目标是否具有脉冲的所述识别、(iii) 所述第二脉冲的所述测量以及(iv) 所述相关性。

用于假冒检测及活跃度分析的系统及方法

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案主张2015年6月16日申请且题为“使用重要器官检测的活跃度分析(Liveness Analysis Using Vitals Detection)”的第62/180,481号美国临时专利申请案的优先权及权益，所述美国专利申请案以全文引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明大体上涉及图像、声波信号及振动信号分析，且特定来说，本发明涉及用于检测图像中所描绘的主体是否活跃的图像及信号处理技术。

背景技术

[0004] 通常可期望限制特定个体存取属性或资源。生物辨识系统可用于认证个体的身份以准许或拒绝存取资源。举例来说，虹膜扫描仪可由生物辨识安全系统使用以基于个体虹膜中的独特结构而识别个体。然而，如果冒名顶替者呈现经授权个体的脸的预记录图像或视频供扫描，那么此系统会错误地授权所述冒名顶替者。此假图像或视频可以保持于用于扫描的摄像机前面的光面照片等等的形式显示于例如阴极射线管(CRT)或液晶显示器(LCD)屏幕的监视器上。其它假冒技术包含使用合法用户的脸的照相般逼真的三维面具。

[0005] 一个类别的现有防假冒措施主要聚焦于静态成像(例如，基于照片)攻击。这些措施假定：静态假冒攻击无法再现图像的不同部分(大部分在脸内)的自然发生且相异的移动。所述措施还假定：活体扫描中的上述运动中的每一者就相关联肌群的自然敏捷度及频率来说以不同尺度发生。然而，这些措施仅可检测静态(例如，基于图片)假冒攻击，且需要观测的某一时间窗以足以能够将上述运动向量分辨成其所需速度及频率分布(如果存在)的高帧速率观察。所述措施也会错误地拒绝在扫描期间完全保持静止的活体或错误地接受(例如)因以某些方式弯曲及晃动假冒照片而具有附加运动的静态复制。

[0006] 第二类别的现有防假冒措施假定：生物辨识样本的照片或视频复制的质量不佳且图像纹理分析方法可因此识别假冒者。然而，可辨别的低质量假冒复制的假定是不可靠的，尤其当出现甚至可在现代智能电话及平板计算机中发现的先进高质量且极其普通的高清晰度记录及显示技术时。不出意料地，通过依靠特定及技术相依的伪造复制假影，此类技术已被表现为具数据集相依性且已表现出低于标准的泛化能力。与第二类别相关的另一类别的防假冒措施(其是基于参考或非参考图像质量度量)存在相同缺点。

发明内容

[0007] 在本文所描述的各种实施方案中，检测指示存在活人的物理属性用于区分活人真脸与图像/视频、受胁迫的验证及其它伪装及诈欺认证方法及/或用于(例如)通过检测用于重放合法用户的记录图像/视频/其它物理重建以欺骗生物辨识系统的装置的存在而识别假冒者。这通过(a)检测假冒者的特征且(b)使用三维人脸检测及双因子脉冲识别来验证个体的活跃度及物理存在而部分实现。

[0008] 相应地,在一个方面中,一种计算机实施方法包含以下步骤:使用用户装置的音频输出组件来发射一或多个音频信号;使用所述用户装置的音频输入组件来接收所述音频信号从目标的一或多个反射;基于所述一或多个反射而确定所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者;及至少部分基于所述目标是否包括脸形结构及脸形组织的至少一者的确定而确定所述目标是否为假冒者。所述用户装置可为(例如)包含智能电话、平板计算机或膝上型计算机的移动装置。所述一或多个音频信号可包含短编码脉冲音源、短期连续变频信号或CTFM音源。可使所述一或多个音频信号的一或多个特性随机化。

[0009] 在一个实施方案中,所述方法进一步包含以下步骤:训练分类器来识别所述目标的物理特征;及提供基于所述音频信号从所述目标的所述一或多个反射的信息作为到所述分类器的输入,其中确定所述目标是否为假冒者是进一步至少部分基于响应于所提供的输入而接收的所述分类器的输出。

[0010] 在另一实施方案中,所述方法进一步包含以下步骤:接收所述目标的多个图像;及基于所述图像中的检测光反射而确定所述目标是否包括三维脸形结构。

[0011] 在另一实施方案中,所述方法进一步包含以下步骤:接收所述目标的多个图像;及基于所述图像而识别所述目标是否具有第一脉冲,其中确定所述目标是否为假冒者是进一步至少部分基于所述目标是否具有脉冲的所述识别。可使用远程光学体积描记术来识别所述第一脉冲。

[0012] 在又一实施方案中,通过与所述目标的物理接触而识别所述目标的第二脉冲,其中确定所述目标是否为假冒者是进一步至少部分基于所述第二脉冲的测量。可确定所述第二脉冲是否与所述第一脉冲相关,其中确定所述目标是否为假冒者是进一步至少部分基于所述相关性。测量所述第二脉冲可包含:从所述用户装置或另一手持式或穿戴式装置接收与所述第二脉冲相关联的信息。与所述第二脉冲相关联的所述信息可包含心冲击描记信号。

[0013] 在附图及以下描述中陈述本说明书中所描述的标的物的一或多个实施例的细节。将自所述描述、图式及权利要求书明白标的物的其它特征、方面及优点。

附图说明

- [0014] 图1A到1C描绘防假冒及活跃度检测的各种使用情况。
- [0015] 图2描绘根据实施方案的用于防假冒及活跃度检测的方法。
- [0016] 图3描绘电话耳机与麦克风之间的声波探测脉冲的实例直接及间接声波路径。
- [0017] 图4及5描绘分别展现监视器屏幕及真实人脸的反射的实例匹配滤波器的解调制回波。
- [0018] 图6及7分别描绘来自人脸及监视器屏幕的不同小面的反射。
- [0019] 各种图式中的相同元件符号及名称指示相同元件。

具体实施方式

[0020] 本文的各种实施方案中描述用于提供基于软件的多级防假冒及“活跃度”检测技术的系统及所附方法,所述技术将使用人脸调制声音反射的声波三维(3D)“人脸真实性”感测与多源/多路径生命检测组合。如本文中所使用,“活跃度”是指趋向于指示存在活人(不

是活人的假冒者或模仿者,例如眼睛或脸的图像或预录视频、三维模型头等等)的特性。此类特性可包含(例如)可辨识物理属性,例如脸、脉冲、呼吸型态等等。“人脸真实性”是指趋向于指示存在真实人脸的特性,例如真实(非复制)存在布置成可辨识型态眼睛、鼻子、嘴、下巴及/或其它面部特征及组织。可通过包含真实人脸(非假冒人脸)的无源或有源声波、感光及/或电磁特征而扩大此人脸真实性定义。

[0021] 本发明提供基于物理学的新解决方案,其可完全实施于软件中且尤其检测假冒屏幕重放(不管其质量如何)。其通过评估将真实3D人脸呈现给用户装置的可能性(通过检查所述真实3D人脸的声波(及/或光度)特征)而克服基于视觉的现有防假冒解决方案的缺点,以上均以对用户透明的方式进行。有利地,此技术仅使用各种日常环境中的典型移动电话耳机/声音换能器及麦克风来针对生物辨识认证检测假冒者。使用移动装置的现有硬件来得到的声波特征是较弱的且面临所描述的方法需克服的多重混杂因子的挑战。上述不佳声波信噪比的成因包含无用回波以及声波路径非线性度及带宽限制(其包含换能器的声波路径非线性度及带宽限制)、麦克风/耳机定向性及灵敏度及装置的内部混响。此外,由于所利用的音频频带的波长较长,所以空间分辨率比现有超声波声纳系统减小且大部分目标反射替代地经由散射而消散,从而提供嵌入声波特征的间接检测,如本文所详述。

[0022] 在一个实施方案中,防假冒及活跃度检测技术包含:验证三维脸部结构的存在;及使用多个源来测量目标的脉冲。可使用人脸调制声音反射(例如,来自电话耳机或其它声音换能器(类似于声纳)发射的编码高音调探测信号,以及从电话麦克风接收的信号的反射或其它音频输入)及/或结构化光度立体视觉(例如,来自电话屏幕的快速图案化照明)来执行三维人脸感测。可从诱发脸色变化及手/身体振动的心脏泵血作用测量生命检测,例如用户的脉冲检测。可通过以下多个途径而实现心率检测:人体的心跳诱发机械振动(也称为心冲击)及从由红-绿-蓝(RGB)摄像机记录的肤色变化检测脉冲(也称为远程光体积描记图(远程PPG或rPPG)。也可经由具有心率换能器的其它穿戴式/移动装置而检测用户的脉冲。

[0023] 图1A到1C说明如本文所描述的防假冒及活跃度分析技术的各种使用情况。举例来说,在图1A中,目标用户104使用其移动装置102(例如智能电话、平板计算机等等)以使用由移动装置摄像机捕获的生物辨识读数(例如眼睛扫描)来自我认证。除摄像机之外,移动装置102也可利用例如加速度计、陀螺仪、指尖心跳传感器、振动传感器、音频输出组件(例如扬声器、耳机或其它声音换能器)、音频输入组件(例如麦克风)及其类似物的其它传感器以使用当前所描述的技术来验证用户的物理存在。在图1B中,移动装置106将目标的图像或视频捕获于LCD监视器106或其它显示器屏幕上。在移动装置102上执行的软件可使用当前技术(例如三维人脸检测、反射光及/或声音信号的评估、及脉冲检测)来确定目标物理不存在。图1C描绘手持移动装置102且使移动装置102面向目标用户104的第二用户110。在此例子中,尽管将确定目标用户104的物理存在(例如,通过三维面部结构及视觉脉冲辨识),但由移动装置102经由装置102与第二用户110之间的物理接触而取得的第二脉冲读数不会对应于针对目标用户104所识别的视觉脉冲,因此,用户身分的验证将失效。

[0024] 用于防假冒及活跃度分析的其它技术可与本文所描述的技术一起使用。这些技术包含2014年9月9日申请且题为“用于活跃度分析的系统及方法(Systems and Methods for Liveness Analysis)”的第14/480,802号美国专利申请案及2015年3月30日申请且题为“用户认证的生物皮带(Bio Leash for User Authentication)”的第14/672,629号美国专利

申请案中所描述的技术,所述申请案以全文引用方式并入本文中。

[0025] 图2中描绘用于假冒及活跃度检测的方法的实施方案。从步骤202开始,用户装置(例如移动装置102或其它蜂窝电话、智能电话、平板计算机、虚拟现实装置或用于生物辨识增强用户交互(例如,当使用生物辨识眼验证时登录银行应用程序)中的其它装置)检测脸形三维(3D)物体是否定位于所述装置前面,而非如平面显示器上的预录视频的假冒物。

[0026] 步骤202中的3D面部检测可使用各种方法或其组合来实现且可基于用户装置上的某些传感器及发射器的可用性。在一个实施方案中,声波(例如高频声波)用于确定是否将三维人脸或替代地平面显示器或非脸形3D物体呈现给生物辨识传感器(针对使用人脸或其子区域的任何者(其包含眼睛子区域)的基于图像的生物辨识技术,所述生物辨识传感器可包含(例如)移动装置摄像机)。基于声波(声波)的技术的实例是连续发射频率调制(CTFM),其中基于由测量装置(例如装置的音频输出组件(耳机、扬声器、声音换能器)结合所述相同装置或不同装置的音频输入组件(麦克风))发射的声波探测的时变频率而测量到人脸的不同小面/表面的距离。就生物辨识认证来说,声波距离测量也可用于证实:测量眼间距离对应于在目标登记时确定的预期眼间距离。上述内容是真实尺度测量检查的实例,但应了解,也可使用其它装置到人脸距离测量,例如来自摄像机的聚焦机构的测量。下文将进一步详细描述用于3D面部检测的技术。

[0027] 在另一实施方案中,针对趋向于指示存在三维脸形物体的特性而分析光度立体视觉的存在及范围。光度效应的效力也可与早先所提及的声波测量距离组合且任选地与在生物辨识登记阶段期间所搜集的光度立体视觉数据比较。如果可以较高帧速率驱动装置屏幕以使用户更难以察觉屏幕诱发的感光探测的时间变化,那么感光测量可使用频叠来与具有较低帧速率的摄像机一起工作。应注意,如果以较高准确度测量上述三维特性,那么在进行有效登记时使用声波及/或光度测量来确定的用户脸部的3D轮廓在某种程度上可变为用户特定的且可将更多特异性(作为软生物辨识技术)引入到本文所描述的防假冒测量中。

[0028] 如果检测到脸形3D结构,那么装置可任选地通过检测所述脸形结构是否具有存在且在预期范围内的脉冲(使用(例如)基于由装置摄像机捕获的图像的面部rPPG)(步骤208)而进一步验证活跃度。否则,如果未检测到3D面部结构,那么活跃度拒绝失效且目标被拒绝(步骤230)。如果检测到有效脉冲,那么将具有表观血液循环的3D脸形物体确定为活跃度检测及防假冒的第一阶段。此阶段使假冒攻击受限于具有经得起绕道rPPG检验的脉动皮肤的脸形3D结构,此为高门坎。

[0029] 在第二阶段中,系统可任选地尝试使从脸形结构检测的初级脉冲(例如声波及/或光度3D人脸检查之后的人脸rPPG)与通过用于较强活跃度检测/防假冒的不同方法而获得的次级脉冲测量相关(步骤212及216)。可(例如)通过心冲击描记信号(其可基于由心脏泵血作用诱发且由装置运动换能器或脉冲感测穿戴式装置(如果可用)测量的手持式装置晃动而捕获)或用于检查心率或其谐波的其它适合次级途径而实现次级脉冲测量。如果未检测到次级脉冲或次级脉冲以其它方式无效(例如,落于预期范围外),或如果相关性失效(例如,系统检测到脉冲不匹配心率或其它特性),那么拒绝目标(步骤230)。相反地,如果前述步骤验证活跃度,那么目标可被接受为活的合法用户(步骤220)。应了解,此实施方案中所描述的验证阶段无需以所描述的顺序执行;确切来说,也可设想替代步骤顺序。举例来说,可首先进行一或多个脉冲测量,接着使用3D面部检测来强化基于脉冲测量而确定的活跃度

对假冒的结论。此外，无需执行所有步骤（例如，可仅基于3D面部检测而确定是否存在假冒者）。

[0030] 声波3D人脸真实性测量

[0031] 此声波技术检测是否存在对生物辨识传感器（例如移动电话的前置摄像机）显示的人脸（预期用于面向装置的合法眼睛或人脸生物辨识扫描）或其它非脸部结构物体（例如平面屏幕或其它假冒情境）。所述技术用于使用人脸或其子区域（其包含眼睛子区域）的基于图像的生物辨识技术。可用于3D人脸真实性测量的声波音源的实例包含（但不限于）短编码脉冲音源、短期连续变频信号及CTFM。

[0032] 短编码脉冲音源包含其中通过例如电话耳机或其它板载声音换能器的音频输出组件而发送最大相关码（例如巴克码（Barker）2到巴克码13模式，无论呈其原始形式还是二进制相移键控码）及/或短期连续变频信号（例如具有例如凯斯（Kaiser）窗的包络的线性频率扫描）的音源。如果存在多个音频输出组件，那么声束成型可用于较佳地空间集中声波音源。来自上述脉冲压缩技术的回波的匹配滤波或自相关解码允许重建目标的粗略3D特征（此也反映归因于受冲击小面的声波阻抗的其纹理及材料结构）。通过所接收的回波的飞行时间及形态而将此信息呈现给用户装置，类似于声纳及雷达系统中看见的内容。匹配滤波需要使所接收的回波与原始音源信号交叉相关。可替代地使用回波与其本身的自相关，其中前进信号的即时接收副本有效地变为检测模板。无论何种情况，在特征选择及分类之前执行进一步后置处理，例如，计算解码信号的分析版本的振幅。

[0033] 针对CTFM音源，基于由装置发射（例如，通过电话的耳机）的高音调声波探测的时变频率而测量与目标的不同小面/表面（此处为用户的脸或假冒屏幕）的距离。

[0034] 在一些实施方案中，声波距离测量也用于检查总人脸距离以确保适当对应于经由生物辨识登记时的成像而测量的预期眼间距离（真实尺度测量检查）。在一些实施方案中，可通过平均多个音源及/或多麦克风波束成型及噪声消除而进一步克服回波的低信噪比。

[0035] 应注意，此技术存在两个方面：(i) 拒绝非脸部物体（例如假冒屏幕）；及(ii) 接受脸部3D声波轮廓，尤其是类似于已登记用户的轮廓（例如登记期间所建立的用户特定声波人脸模板）的轮廓，从而通过探究物体特异性而提高防假冒准确度。后一个方面利用从声波反射学习人脸特征（表象学习），此可使用例如分类器集成及深度学习的众所周知机器学习技术来执行。可通过包含来自图像传感器的辅助信号而进一步提高声波3D人脸轮廓辨识的准确度。例如，如果用户戴着眼镜或用围巾遮住其脸的部分，那么回波轮廓将改变。图像分析可揭露这些变化且（例如）通过使用适合于这些情形的模板及阈值来相应调整分类模块。

[0036] 光度3D人脸真实性测量

[0037] 在一些实施方案中，在声波人脸结构检测之后（或在声波人脸结构检测之前或与声波人脸结构检测同时地），通过从询问照明变化（例如由使用照明强度、相位及频率来编码的移动装置屏幕的高频模式及色彩（结构化屏幕照明）诱发的光度立体视觉）检查面部3D结构的存在及范围而进一步强化3D人脸真实性测量。光度立体视觉效应一般取决于光源距离且因此可与早先所提及的声纳测量距离组合。

[0038] 在另外实施方案中，验证光度特征可与用户的登记期间所取得的一或多个光度特征比较以使这些测量专门针对较高敏感度及特异性的主体。通过组合改进的声波及光度3D人脸轮廓，所述组合不仅可在继续避免拒绝真实用户时以较高准确度检测假冒者，且可将

用户特定声波光度人脸特征检测为软生物辨识且因此进一步提高作为附加软识别模态的初级生物辨识模态的性能。

[0039] 如果(例如)可以较高帧速率驱动装置屏幕以使屏幕诱发的感光探测的时间变化更难以察觉,那么感光测量也可利用较佳用户体验的成像传感器频叠。即,如果以比屏幕低的帧速率驱动摄像机,那么可使用结构光的频叠频率分量且正常进行。

[0040] 心跳测量

[0041] 在一些实施方案中,如果人脸真实性经声波及/或光度确认,那么可在比全rPPG脉冲率计算所需的时间短的观察时间段内从移动装置的前置摄像机检测/测量面部脉冲的存在(及一些例子中的值)。此快速检查使假冒攻击受限于具有脉动皮肤的脸形3D结构,这是非常高的门坎。此脉冲识别步骤可充当声波(及任选地光度)人脸真实性测量之后的防假冒保护的补充措施。

[0042] 在另外实施方案中,针对甚至更严格活跃度检查,所提出的方法测量及交叉确认用户的多路径心脏活力。可基于(例如)早先所提及的3D确认人脸rPPG而确定心跳信号。额外心跳信号(或其主谐波)可从心冲击描记信号(例如手持式装置振动及其谐波,如由心脏的机械泵血作用所诱发及如由装置运动换能器所测量,且任选地如在严密信号处理及运动放大之后从装置摄像机馈入检测的相关小振动所确证)恢复。可由其它心率传感器(如果可用)(例如健康监测穿戴式装置或嵌入用户的移动装置中的其它心率传感器)获取这些额外心跳信号。在一些实施方案中,通过目标心率频率范围及其谐波中的滤波带通而预处理运动传感器信号。在其它实施方案中,心率谐波用作为初级心冲击描记信号。在另外实施方案中,通过心脏诱发的放大相关运动而加强心冲击描记图,如由(例如)移动装置的摄像机所见。

[0043] 一旦检测到脉冲及多个心跳信号(例如rPPG及心冲击脉冲测量)之间的重要实时相关性,就可保证活跃度的较大可能性。此心脏循环活跃度分数可为(例如)两个心跳信号(心冲击描记图及rPPG)之间的实时相关性/类似性强度。此额外防假冒措施使用追寻生物辨识验证的用户的心跳来使心脏活跃度验证循环形成死循环(从握手(机械路径)到感知确认人脸/眼睛(光学及声波路径))。

[0044] 当前所描述的技术可并入所属领域中已知且在(例如)以下各者中描述的各种心率检测技术:2014年4月14日发布且标题为“结合移动通信装置使用的心脏性能监测系统(Cardiac Performance Monitoring System for Use with Mobile Communications Devices)”的第8,700,137号美国专利、“生物电话:根据外围智能电话运动的生理监测(Biophone:Physiology Monitoring from Peripheral Smartphone Motions)”,赫尔南德斯(Hernandez)、麦克达夫(McDuff)及皮卡德(Picard),医学和生物学会工程(Engineering in Medicine and Biology Society),电子与电气工程师协会(IEEE)的2015年第37届年度国际会议,2015年)及“利用图像传感器的空间冗余度实现运动稳健rPPG(Exploiting Spatial Redundancy of Image Sensor for Motion Robust rPPG)”,王(Wang)、司徒(Stuijk)及德汉(de Haan),电子与电气工程师协会生物医学工程学报(IEEE Transactions on Biomedical Engineering),第62卷,第2期,2015年2月,其以全文引用方式并入本文中。

[0045] 额外实施方案

[0046] 现参考图3,根据本文所描述的技术,在使用前置摄像机对用户的脸部及/或眼睛区域进行生物辨识扫描期间,电话耳机302(及/或其它声音换能器,其包含聚焦于目标脸部区域上的波束成型布置中的多个扬声器)发射一系列信号以声音询问所感知的交互用户的人脸真实性。如果认证为活体,那么电话麦克风304主要从人脸收集信号的反射。然而,在假冒攻击期间,可替代地呈现屏幕或人脸的其它复制。在一些实施方案中,当使用装置的底部麦克风304时,鉴于音源行进通过/横越电话本体时的声音速度及声波阻抗,通过由麦克风304听到的第一发射的时戳而检测探测信号发射的起始点作为声波探测的第一且最响的接收复本(路线0)。原始信号与由电话的麦克风304接收的其回波一起用于匹配滤波(可包含经由外部路线1(其中信号通过空气而从耳机302传播到麦克风)及外部路线2(其中信号由目标反射且由麦克风304接收)而接收的信号/回波)。声波音源的实例包含脉冲压缩及/或最大相关序列,例如短连续变频信号或巴克码/M序列码。

[0047] 在一些实施方案中,前置麦克风(如果可用)用于改进定向性、背景噪声抑制及探测信号初发检测。装置麦克风的定向极坐标场型(例如心脏线)可经选择以用于较佳定向接收。装置上的多个麦克风(如果可用)可用于波束成型以改善定向性且因此改善人脸真实性回波的接收。

[0048] 在一些实施方案中,反射声音的自相关用于解码反射声音的人脸/假冒回波分量。此方法可产出较佳解调制,因为匹配滤波器核本质上为本文的探测波型的实际发射版本。在另外实施方案中,探测信号属于CTFM类型,因此,外差作用用于分辨目标结构的空间轮廓及距离。最后,分类器可基于从来自任何数目个上述方法的解调制回波提取的特征而判断所感知的人脸真实性。

[0049] 基于由装置的麦克风记录的回波的特性,存在不同方式来确定声音是否由用户的脸而非假冒屏幕或其它假冒物体反射,从而注意人脸的特定多面3D形状及其吸收/反射性质对(例如)二维假冒物(例如所关注的脸部或眼睛区域的LCD复制)的形状及其吸收/反射性质。

[0050] 图4及5描绘声波路径飞行的前20cm内的使用巴克2码序列的实例匹配滤波解调制回波,其中清楚地观察到通过路线0、1及2的各种声波反射(参阅图3)。更特定来说,图4描绘由与发射脉冲的电话相距约10cm到约12cm的监视器屏幕引起的反射,而图5描绘由电话前面约10cm到约14cm的真实人脸引起的不同回波特性。

[0051] 在一些实施方案中,声波探测信号是最大相关信号,例如巴克2到13码(呈其原始形式或使用二进制相移键控(BPSK)调制,其中载波频率针对每一位级变化而使其相位移位180度)或伪随机M序列。在一些实施方案中,声波探测信号由短连续变频信号(其具有各种频率范围及扫描及振幅包络)构成。探测信号可为(例如)CTFM信号。从音频输出组件(例如耳机)(就(例如)智能电话或平板计算机来说,当使用前置摄像机来捕获时,其自然面向目标)发射这些短高频信号。然而,在一些实施方案中,其它或多个装置声音换能器用于波束成型以将声波探测较佳地集中于生物辨识目标上。

[0052] 在所揭示技术的实施方案中,声波探测信号可呈各种形式。举例来说,在一个实施方案中,声波探测信号是具有扫描16kHz到20kHz的汉林(Hanning)窗线性连续变频信号的CTFM信号。在另一实施方案中,探测信号是最大相关序列,例如在以44100Hz取样的11.25kHz载波频率处具有180度移位正弦BPSK的巴克2序列。在另一实施方案中,探测信号

是开窗连续变频信号。所述连续变频信号可为(例如)具有11.25kHz的起动频率的余弦信号,其在10ms内线性扫描到22.5kHz且以44100Hz取样。开窗函数可为长度440个样本(10ms,以44.1kHz采样率)的凯斯窗,其具有6的 β 值。前述值表示提供合理准确结果的探测信号参数。然而,应了解,提供准确结果的探测信号参数可基于装置及音频输入/输出组件特性而变化。相应地,可设想用于与本发明的技术一起使用的其它值范围。

[0053] 在一些实施方案中,发射探测信号的初始相位、频率及确切重放起始点或甚至编码类型本身可由移动生物辨识模块随机化(例如,针对PSK编码巴克探测脉冲串)。此随机化可阻挠假设(但影响广泛且精巧)攻击,其中对电话重放复制假回波以挫败所提出的声波人脸真实性检查器。由于攻击者不知道外发探测的编码声波序列或其它动态属性的PSK调制的实时随机化相位/类型/起始点/频率,所以假设注入回波不会被匹配滤波器解调制,且不遵循确切预期模式。

[0054] 在基本巴克码/连续变频信号/CTFM程序期间,由装置的麦克风或其它音频输入组件记录探测信号基于其往返距离而延时(及因此CTFM的频率延迟)的反射。原始连续变频信号或否则编码声波探测可通过匹配滤波或自相关(针对巴克码及短连续变频信号)而检测或通过使回波与原始频率斜率相乘且得到较低频率副产物(外差作用)而解调制到基带。目标的每一受冲击小面以与其纹理及结构性质(例如空气与受冲击表面之间的声波阻抗差及其大小及形状)及与声波源的距离(声音往返延迟)相关的方式反射探测脉冲。因此,简单来说(假定无噪声及无用背景回波),人脸将具有较低量值的多个反射(如由其在空气-皮肤及软组织-骨界面处的多个主小面所反射),而(例如)假冒监视器屏幕将具有单个较强反射(比较图4与5)。

[0055] 鉴于每一反射的往返延迟,可将每一反射目标小面的距离转化成匹配滤波/自相关响应的时间延迟或功率谱密度或PSD的频率差量(参阅下文将进一步描述的图6及7),从而提供目标特定回波形态。可使用不同方法来从CTFM信号计算PSD特征。在一些实施方案中,将多重削幅法应用于0Hz到200Hz跨度的解调制回波,且将格化输出用作为到分类器(其可为(例如)线性或高斯核支持向量机或其类似物)的输入。

[0056] 更具体来说,在各种实施方案中,对连续变频信号/编码脉冲解调制及目标分类采取以下步骤的一或多者。在一个例子中,声波探测通过频繁(例如,每隔100ms、每隔500ms、每隔1s等等)检查麦克风示值读数而避免响声环境噪声,从而倾听潜在干扰噪声。此检查可包含:计算相关(基于反转时间的卷积)连续变频信号/编码脉冲探测信号;及将触发阈值设置为相当安静环境中所获得的阈值。在一些实施方案中,在播放声波探测信号之后实时进行额外类似检查以确定干扰噪声是否恰好发生于声波音源之后。如果干扰噪声恰好发生于声波音源之后,那么可舍弃会话。也可以信号或决策分数等级平均化(或中值处理)多个连续变频信号以改进结果。

[0057] 在一个实施方案中,预处理涉及所接收的信号的高通滤波以仅允许与发射连续变频信号/编码信号相关的频率。此高通滤波器可为(例如)具有9300Hz的阻带频率、11750Hz的通带频率、0.015848931925的阻带衰减、0.037399555859的通带涟波及20的密度因子的等涟波有限脉冲响应滤波器。

[0058] 在一些实施方案中,解调制包含所接收的高通回波与原始声波连续变频信号/编码信号的正规化交叉相关(等效于基于声波探测的时间反转版本的正规化卷积)。最大响应

被认为解码信号的起始点/起源。解调制可包含(例如)上文所提及的起始点之前的0.227ms到起始点标记之后的2.27ms+连续变频信号/编码信号的时间长度的信号的部分的自相关。后处理解调制信号可包含:计算其分析信号的量值(由实际信号+其虚数(其90度相移版本)构成的复合螺旋序列)以进一步阐明调解变回波的包络。在一个实施方案中,假定44100Hz采样率,使分析信号的上述量值的前100个样本进一步乘以分段线性加权因子(对于前20个样本来说,其是1,且对于样本21到100来说,其线性地增大到5)以补偿归因于行进距离的声音衰减。可使用其它加权因子,例如二阶区间之后的1。

[0059] 图6描绘来自人脸的不同小面的多个反射(使用CTFM技术来展示三个样本)。这些回波揭露特定空间人脸结构(而非假冒特征)。这归因于由解调制声波探测回波检测的不同声波路径的不同延迟(及量值)。相反地,图7中所展示的假冒显示器主要引起解调制期间的单个大峰值。挑战可起因于典型人脸的低空间分辨率及高散射,其归因于由某些电话的音频电路施加的20KHz频率上限。其它挑战包含由用户行为及背景噪声引起的变化及由不受控环境诱发的运动/反射假影及归因于装置音频电路限制的总体较低SNR,所有挑战可由本文所描述的技术解决。

[0060] 在一些实施方案中,上文所提及的分类器的特征集是使用随机子集集成分类技术来针对最佳分类性能而选择的子集集合。随机子空间分类器集合可为(例如)k最近邻分类器的求和定则融合集合或基于解码分析信号的一组特征向量而操作的支持向量机的求和定则融合集合。附录A及B提供分类器及使用随机子空间集合建立方法来实验性得到的输入空间。附录A列出使用由超过18,000个回波(其使用结合kNN集成分类器的随机子空间取样来自真实用户及各种假冒屏幕记录)组成的大训练/测试数据集选择的一组实例80个特征向量。基于不同子空间配置(即,输入样本位置及尺寸以及参加分类器的数目)的平均交叉确认性能(经由ROC曲线分析而测量)而获得子空间。每一数字的列位置展示来自使用44100Hz的采样率的连续变频信号/编码信号发射的解码起始点的数字信号样本数目。在另一实施方案中,子空间集合是支持向量机分类器的集合(其中高斯核接收附录B中所列的解码分析信号的40个特征向量的集合)且基于其费雷(Fisher)判别比(来自使用较大数据集的费雷判别线性分类)而被选为附录A中的80个特征的子集。此外,每一数字的列位置展示来自使用44100Hz的采样率的连续变频信号/编码信号发射的解码起始点的数字信号样本数目。

[0061] 在一些实施方案中,将声纳分类器训练为主体特定(且可为装置特定的,这些因为以下方法适合于组合的用户-装置特点)以准确地识别回波空间中的特定人脸的表示(而非仅为一般人脸对假冒者)。可通过训练分类器以区分生物辨识登记期间所获得的用户声波特征与代表性冒名顶替者群体(而非仅为针对主体特异性的假冒者)的声波特征。此方法的另一优点是:登记期间所收集的特征也反映用于登记的装置的特性,因此,分类器适合于特定装置的声波特点。所得用户(及装置)特定声波型样检测器可用作为更精确的用户(及装置)调谐的防假冒分类器的一部分,其中此主体特定分类与早先所提及的假冒检测分类器组合。在一些实施方案中,用户特定声波轮廓检测器本身可用作为软生物辨识。

[0062] 可通过对由场景询问移动装置给予的结构光的脸部光度响应而增强眼睛/脸部生物辨识目标的上述声波询问以改善防假冒。在一些实施方案中,结构光呈由装置(例如)经由嵌入式LCD或LED光源而给予的光的编码强度、编码色彩变化、编码空间分布及/或编码相

位变化的形式。可从频率型式及特定最大相关序列(例如巴克或M序列)方面界定上述编码。在其它实施方案中,基于用户的一般群体轮廓对假冒者(用户不可知的光度人脸真实性)而预算算用户脸的光度轮廓。

[0063] 此外,在一些实施方案中,分类器针对用户特异性而学习在确认登记时由用户的光度反射而检测的用户脸的3D轮廓。这些用户特定选集可与声波模态一起或单独用作为也将更多主体特异性及因此更佳准确度引入到这些防假冒措施中的软生物辨识技术。

[0064] 可在计算系统中实施本文所描述的系统及技术,所述计算系统包含后端组件(例如,作为数据服务器),或包含中间件组件(例如应用服务器),或包含前端组件(例如具有用户可通过其而与本文所描述的系统及技术的实施方案交互的图形用户接口或网页浏览器的客户端计算机)或此类后端组件、中间件组件或前端组件的任何组合。所述系统的所述组件可由数字数据通信的任何形式或媒体(例如通信网络)互连。通信网络的实例包含局域网(“LAN”)、广域网(“WAN”)及因特网。

[0065] 所述计算系统可包含客户端及服务器。客户端及服务器一般彼此远离且可通过通信网络而交互。客户端与服务器的关系通过在相应计算机上运行且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序而建立。本文已描述若干实施例。然而,应理解,可在不背离本发明的精神及范围的情况下作出各种修改。

[0066] 可在以下各者中实施本说明书中所描述的标的物及操作的实施例:数字电子电路;或计算机软件、固件或硬件,其包含本说明书中所揭示的结构及其结构等效物;或上述的一或更多的组合。可将本说明书中所描述的标的物的实施例实施为在计算机存储媒体上编码以由数据处理设备执行或控制数据处理设备的操作的一或多个计算机程序,即,计算机程序指令的一或多个模块。替代地或另外,可在人工产生的传播信号(例如机器产生的电、光或电磁信号,其经产生以编码用于发射到适合接收器设备以由数据处理设备执行的信息)中编码所述程序指令。计算机存储媒体可为以下各者或包含于以下各者中:计算机可读存储装置、计算机可读存储衬底、随机或串行存取存储器阵列或装置、或其中一或更多的组合。此外,尽管计算机存储媒体不是传播信号,但计算机存储媒体可为在人工产生的传播信号中编码的计算机程序指令的来源或目的地。所述计算机存储媒体也可为一或多个分离物理组件或媒体(例如多个CD、磁盘或其它存储装置)或包含于所述一或多个分离物理组件或媒体中。

[0067] 可将本说明书中所描述的操作实施为由数据处理设备对存储于一或多个计算机可读存储装置上或从其它来源接收的数据执行的操作。

[0068] 术语“数据处理设备”涵盖用于处理数据的所有种类的设备、装置及机器,其包含(例如)可编程处理器、计算机、芯片上系统、或上述多者或组合。所述设备可包含专用逻辑电路,例如FPGA(场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路)。所述设备除包含硬件之外,还可包含产生讨论中的计算机程序的执行环境的编码,例如构成处理器固件、协议堆栈、数据库管理系统、操作系统、跨平台运行时间环境、虚拟机或其中一或更多的组合的编码。所述设备及执行环境可实现各种不同计算模型基础架构,例如网页服务、分布式计算及网格计算基础架构。

[0069] 可以包含编译或解译语言、宣告或程序语言的任何形式的程序设计语言撰写计算机程序(也称为程序、软件、软件应用程序、脚本或程序代码),且可以任何形式(其包含作为

独立程序或作为模块、组件、子例程、对象或适合用于计算环境中的其它单元)部署所述计算机程序。计算机程序可(但未必)对应于文件系统中的文件。程序可存储于保存其它程序或数据(例如存储于标记语言资源中的一或多个脚本)的文件的一部分中,存储于专用于讨论中的程序的单个文件中,或存储于多个协调文件(例如存储一或多个模块、子程序或程序代码的部分的文件)中。计算机程序可经部署以在一个计算机上执行或在定位于一个位置处或分布于多个位置中且由通信网络互连的多个计算机上执行。

[0070] 可在计算系统中实施本说明书中所描述的标的物的实施例,所述计算系统包含后端组件(例如,作为数据服务器),或包含中间件组件(例如应用服务器),或包含前端组件(例如具有用户可通过其而与本说明书中所描述的标的物的实施方案交互的图形用户接口或网页浏览器的客户端计算机)或一或多个此类后端组件、中间件组件或前端组件的任何组合。所述系统的所述组件可由数字数据通信的任何形式或媒体(例如通信网络)互连。通信网络的实例包含局域网(“LAN”)及广域网(“WAN”)、互联网络(例如因特网)及对等网络(例如专用对等网络)。

[0071] 所述计算系统可包含客户端及服务器。客户端及服务器一般彼此远离且可通过通信网络而交互。客户端与服务器的关系通过在相应计算机上运行且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序而建立。在一些实施例中,服务器将数据(例如HTML页)发射到客户端装置(例如,出于对与所述客户端装置交互的用户显示数据且从所述用户接收用户输入)。可在所述服务器处从所述客户端装置接收在所述客户端装置处产生的数据(例如所述用户交互的结果)。

[0072] 一或多个计算机的系统可经配置以通过具有软件、固件、硬件或其组合而执行特定操作或动作,所述软件、固件、硬件或其组合安装于所述系统上以在操作中引起所述系统执行所述动作。一或多个计算机程序可经配置以通过包含指令而执行特定操作或动作,所述指令在由数据处理设备执行时引起所述设备执行所述动作。

[0073] 附录A

[0074] 特征向量集1:

[0075] 分类器1:7,9,14,15,18,20,24,27,35,37,40,45,55,58,60,64,65,70,80,81,98,100

[0076] 分类器2:6,12,13,23,26,36,44,47,50,52,58,59,63,64,67,76,77,85,86,87,89,92

[0077] 分类器3:10,21,22,25,31,32,34,37,38,46,49,62,72,73,80,82,83,84,86,90,93,95

[0078] 分类器4:1,2,5,8,15,17,20,22,23,28,29,30,41,42,51,56,61,78,83,94,96,99

[0079] 分类器5:3,4,12,16,28,30,32,37,39,43,45,54,57,60,63,66,76,78,84,87,88,97

[0080] 分类器6:4,11,13,19,27,31,39,44,47,48,49,53,58,69,71,74,75,91,93,94,99,100

[0081] 分类器7:1,2,4,6,8,9,11,13,26,33,36,41,50,51,54,67,68,69,73,79,85,90

[0082] 分类器8:10,14,17,18,19,24,33,34,36,38,41,43,52,55,59,60,68,92,93,96,98,100

- [0083] 分类器9:8,17,22,23,24,25,27,30,35,40,46,56,57,62,63,70,71,72,79,88,89,99
- [0084] 分类器10:3,5,9,11,29,42,58,61,62,63,66,71,75,77,80,81,82,90,94,95,96,97
- [0085] 分类器11:1,3,6,14,16,21,25,32,34,35,38,39,48,49,53,55,66,70,75,78,80,97
- [0086] 分类器12:7,10,15,20,24,31,33,36,40,43,44,50,52,65,67,74,76,85,91,96,98,99
- [0087] 分类器13:9,16,19,20,26,41,46,47,48,49,51,68,69,73,77,82,83,84,87,89,91,95
- [0088] 分类器14:2,6,8,11,18,23,26,28,29,35,38,42,45,57,61,62,64,72,88,93,96,100
- [0089] 分类器15:6,12,19,20,21,37,42,43,53,54,58,59,61,70,73,74,77,78,79,83,86,93
- [0090] 分类器16:3,5,6,7,18,28,30,35,39,47,51,54,55,56,65,72,82,85,86,89,90,92
- [0091] 分类器17:1,2,7,31,33,34,36,39,46,56,59,64,65,66,67,69,75,79,81,86,87,92
- [0092] 分类器18:9,12,13,14,15,16,17,21,27,41,44,45,49,52,57,74,76,77,81,88,91,95
- [0093] 分类器19:5,17,26,29,30,45,46,48,63,65,67,68,71,72,74,75,76,88,92,96,97,98
- [0094] 分类器20:1,9,13,19,21,22,25,27,37,47,50,51,53,60,61,66,70,78,79,84,95,98
- [0095] 分类器21:1,2,11,12,16,18,29,32,40,42,48,50,57,62,71,73,83,84,87,90,94,100
- [0096] 分类器22:3,4,7,10,15,23,25,26,31,32,33,41,43,52,56,58,76,82,88,91,92,99
- [0097] 分类器23:3,4,5,7,8,12,13,22,23,33,34,38,40,44,54,60,62,63,64,89,94,97
- [0098] 分类器24:10,14,15,16,20,21,27,30,42,45,47,53,68,69,72,74,79,80,81,84,89,97
- [0099] 分类器25:10,11,24,28,29,32,43,44,52,64,65,66,70,71,75,77,85,87,90,94,95,100
- [0100] 分类器26:5,8,16,29,33,36,37,40,52,53,54,55,56,57,59,60,69,73,82,86,91,97
- [0101] 分类器27:2,5,6,12,17,22,25,34,35,39,46,48,55,59,61,64,73,75,78,79,90,99
- [0102] 分类器28:2,4,9,18,24,27,31,34,36,37,42,43,44,66,78,80,81,83,85,93,96,98

- [0103] 分类器29:4,5,8,13,14,17,18,19,22,26,28,38,45,46,49,51,58,60,61,72,89,93
- [0104] 分类器30:20,21,27,29,31,38,40,41,50,54,58,64,65,67,68,69,81,82,92,94,98,100
- [0105] 分类器31:3,4,7,9,11,19,25,26,28,30,33,53,54,55,57,65,67,71,76,80,83,86
- [0106] 分类器32:2,8,10,12,14,21,23,32,35,36,47,49,56,62,69,70,77,82,84,91,95,99
- [0107] 分类器33:1,14,17,18,24,28,34,39,48,51,53,59,63,67,74,85,87,88,89,95,97,100
- [0108] 分类器34:3,10,11,13,15,23,28,31,35,43,46,50,51,55,60,63,68,71,77,85,88,98
- [0109] 分类器35:1,6,19,38,41,42,44,45,46,47,56,57,58,61,70,73,79,81,84,90,92,100
- [0110] 分类器36:16,24,25,30,32,35,37,40,48,50,52,56,64,65,66,68,72,75,76,80,87,94
- [0111] 分类器37:6,7,8,39,48,54,55,57,59,63,67,74,78,79,82,86,87,89,91,93,96,99
- [0112] 分类器38:4,13,15,20,23,29,31,39,40,41,42,43,47,49,50,53,59,72,73,75,82,84
- [0113] 分类器39:7,15,16,17,20,22,25,27,49,51,60,62,65,76,77,80,86,91,92,93,95,97
- [0114] 分类器40:1,11,14,22,24,26,28,30,35,36,38,41,49,52,56,61,78,83,90,92,96,99
- [0115] 分类器41:2,9,12,18,21,30,33,34,44,47,49,61,69,71,74,76,77,81,84,85,93,94
- [0116] 分类器42:3,8,12,19,22,26,31,32,42,48,50,51,64,66,67,70,79,83,87,91,98,100
- [0117] 分类器43:4,6,10,21,23,34,37,44,45,46,52,55,57,58,59,60,63,68,75,78,79,94
- [0118] 分类器44:2,5,7,11,13,23,24,39,41,43,57,62,70,72,74,77,80,84,88,94,97,100
- [0119] 分类器45:3,5,10,14,16,21,32,33,34,39,45,64,70,73,74,83,87,88,89,90,96,99
- [0120] 分类器46:10,15,18,19,20,25,26,29,40,52,55,58,62,68,78,81,85,86,89,93,96,98
- [0121] 分类器47:1,8,10,15,27,30,32,33,36,38,48,53,54,66,67,69,70,71,85,95,97,98
- [0122] 分类器48:2,3,5,7,9,14,22,28,43,47,50,51,53,54,65,71,73,76,81,82,83,92

- [0123] 分类器49:4,6,16,17,25,31,35,41,42,45,50,51,55,62,68,77,79,80,83,86,87,95
- [0124] 分类器50:1,5,9,12,13,17,18,21,24,28,37,38,39,40,61,63,69,70,73,75,82,91
- [0125] 分类器51:2,3,11,15,19,26,27,29,32,34,36,37,44,48,56,59,62,66,69,71,90,93
- [0126] 分类器52:8,12,14,20,22,35,47,52,54,57,60,63,64,65,69,72,78,81,84,88,91,96
- [0127] 分类器53:4,8,17,29,31,42,43,46,48,53,56,58,60,61,62,65,66,68,75,76,86,94
- [0128] 分类器54:7,13,15,16,19,20,21,24,25,33,36,49,70,80,86,89,90,94,95,98,99,100
- [0129] 分类器55:2,6,7,10,13,18,19,22,23,29,30,40,57,58,65,66,67,72,73,88,92,99
- [0130] 分类器56:1,6,9,11,18,20,27,30,38,44,59,74,75,78,82,84,85,86,89,91,92,97
- [0131] 分类器57:5,12,26,33,37,38,39,42,45,46,49,52,54,56,60,66,71,73,77,90,91,94
- [0132] 分类器58:6,8,16,26,28,34,35,41,44,45,46,49,50,63,68,72,79,83,87,96,97,99
- [0133] 分类器59:1,4,17,23,27,29,30,31,40,43,50,51,61,64,67,68,74,76,81,93,95,100
- [0134] 分类器60:2,3,11,13,23,24,25,35,47,49,52,56,57,59,71,74,75,79,81,88,96,98
- [0135] 分类器61:1,7,9,12,16,17,22,32,34,36,37,46,53,72,76,77,82,85,87,88,92,95
- [0136] 分类器62:3,4,11,14,17,18,22,24,25,31,50,51,54,55,57,63,78,80,87,89,92,97
- [0137] 分类器63:5,6,20,21,24,32,33,36,37,38,39,43,44,46,47,60,64,66,67,69,83,90
- [0138] 分类器64:7,10,14,15,19,27,28,35,40,45,48,53,54,59,61,78,82,84,85,96,98,100
- [0139] 分类器65:1,8,12,15,27,29,34,40,41,44,47,52,53,55,58,59,66,70,80,89,93,97
- [0140] 分类器66:2,5,6,9,10,14,26,28,31,42,43,56,60,62,63,74,80,81,90,95,98,99
- [0141] 分类器67:11,13,18,20,21,27,37,38,41,42,45,51,61,62,70,76,77,82,83,88,91,93
- [0142] 分类器68:2,3,9,11,12,15,19,25,27,32,36,40,49,68,69,71,72,75,85,90,98,

99

[0143] 分类器69:13,16,17,18,26,29,30,32,36,39,41,46,48,55,58,61,64,65,67,79,86,100

[0144] 分类器70:1,4,23,25,30,33,34,44,45,54,60,73,77,79,84,86,89,93,94,96,98,100

[0145] 分类器71:2,4,10,13,20,22,28,34,37,38,44,45,50,58,67,69,73,81,87,91,92,94

[0146] 分类器72:8,9,11,18,19,31,47,48,54,56,57,58,62,64,68,72,74,75,84,88,97,99

[0147] 分类器73:3,4,5,21,24,33,35,40,42,43,53,55,59,63,64,65,78,83,84,85,95,97

[0148] 分类器74:7,9,16,17,20,29,32,36,39,47,51,52,53,58,59,70,71,76,80,89,93,94

[0149] 分类器75:5,10,12,14,19,23,26,33,41,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,62,69,72,75,91,92,95,99

[0150] 分类器76:22,25,31,35,38,42,43,46,50,65,66,67,78,81,83,85,86,87,89,90,97,99

[0151] 分类器77:1,2,3,8,10,11,37,49,54,61,63,66,68,69,71,75,76,77,78,79,83,100

[0152] 分类器78:1,5,8,14,20,23,24,26,28,32,35,39,46,48,52,53,55,73,80,84,88,93

[0153] 分类器79:3,6,7,14,16,21,29,30,37,47,52,55,60,61,62,70,74,79,81,82,92,100

[0154] 分类器80:7,15,22,25,31,34,35,36,41,44,45,48,49,51,53,56,72,73,77,80,81,82

附录B

[0156] 特征向量集2:

[0157] 分类器1:7,9,14,15,18,20,24,27,35,37,40,45,55,58,60,64,65,70,80,81,98,100

[0158] 分类器2:1,2,5,8,15,17,20,22,23,28,29,30,41,42,51,56,61,78,83,94,96,99

[0159] 分类器3:3,4,12,16,28,30,32,37,39,43,45,54,57,60,63,66,76,78,84,87,88,97

[0160] 分类器4:4,11,13,19,27,31,39,44,47,48,49,53,58,69,71,74,75,91,93,94,99,100

[0161] 分类器5:1,2,4,6,8,9,11,13,26,33,36,41,50,51,54,67,68,69,73,79,85,90

[0162] 分类器6:3,5,9,11,29,42,58,61,62,63,66,71,75,77,80,81,82,90,94,95,96,97

[0163] 分类器7:7,10,15,20,24,31,33,36,40,43,44,50,52,65,67,74,76,85,91,96,98,99

- [0164] 分类器8:2,6,8,11,18,23,26,28,29,35,38,42,45,57,61,62,64,72,88,93,96,100
- [0165] 分类器9:3,5,6,7,18,28,30,35,39,47,51,54,55,56,65,72,82,85,86,89,90,92
- [0166] 分类器10:5,17,26,29,30,45,46,48,63,65,67,68,71,72,74,75,76,88,92,96,97,98
- [0167] 分类器11:3,4,7,10,15,23,25,26,31,32,33,41,43,52,56,58,76,82,88,91,92,99
- [0168] 分类器12:3,4,5,7,8,12,13,22,23,33,34,38,40,44,54,60,62,63,64,89,94,97
- [0169] 分类器13:5,8,16,29,33,36,37,40,52,53,54,55,56,57,59,60,69,73,82,86,91,97
- [0170] 分类器14:2,5,6,12,17,22,25,34,35,39,46,48,55,59,61,64,73,75,78,79,90,99
- [0171] 分类器15:2,4,9,18,24,27,31,34,36,37,42,43,44,66,78,80,81,83,85,93,96,98
- [0172] 分类器16:4,5,8,13,14,17,18,19,22,26,28,38,45,46,49,51,58,60,61,72,89,93
- [0173] 分类器17:3,4,7,9,11,19,25,26,28,30,33,53,54,55,57,65,67,71,76,80,83,86
- [0174] 分类器18:4,13,15,20,23,29,31,39,40,41,42,43,47,49,50,53,59,72,73,75,82,84
- [0175] 分类器19:4,6,10,21,23,34,37,44,45,46,52,55,57,58,59,60,63,68,75,78,79,94
- [0176] 分类器20:2,5,7,11,13,23,24,39,41,43,57,62,70,72,74,77,80,84,88,94,97,100
- [0177] 分类器21:3,5,10,14,16,21,32,33,34,39,45,64,70,73,74,83,87,88,89,90,96,99
- [0178] 分类器22:2,3,5,7,9,14,22,28,43,47,50,51,53,54,65,71,73,76,81,82,83,92
- [0179] 分类器23:4,6,16,17,25,31,35,41,42,45,50,51,55,62,68,77,79,80,83,86,87,95
- [0180] 分类器24:1,5,9,12,13,17,18,21,24,28,37,38,39,40,61,63,69,70,73,75,82,91
- [0181] 分类器25:4,8,17,29,31,42,43,46,48,53,56,58,60,61,62,65,66,68,75,76,86,94
- [0182] 分类器26:2,6,7,10,13,18,19,22,23,29,30,40,57,58,65,66,67,72,73,88,92,99
- [0183] 分类器27:5,12,26,33,37,38,39,42,45,46,49,52,54,56,60,66,71,73,77,90,91,94
- [0184] 分类器28:1,4,17,23,27,29,30,31,40,43,50,51,61,64,67,68,74,76,81,93,95,100

- [0185] 分类器29:1,7,9,12,16,17,22,32,34,36,37,46,53,72,76,77,82,85,87,88,92,95
- [0186] 分类器30:3,4,11,14,17,18,22,24,25,31,50,51,54,55,57,63,78,80,87,89,92,97
- [0187] 分类器31:5,6,20,21,24,32,33,36,37,38,39,43,44,46,47,60,64,66,67,69,83,90
- [0188] 分类器32:7,10,14,15,19,27,28,35,40,45,48,53,54,59,61,78,82,84,85,96,98,100
- [0189] 分类器33:2,5,6,9,10,14,26,28,31,42,43,56,60,62,63,74,80,81,90,95,98,99
- [0190] 分类器34:2,3,9,11,12,15,19,25,27,32,36,40,49,68,69,71,72,75,85,90,98,99
- [0191] 分类器35:1,4,23,25,30,33,34,44,45,54,60,73,77,79,84,86,89,93,94,96,98,100
- [0192] 分类器36:2,4,10,13,20,22,28,34,37,38,44,45,50,58,67,69,73,81,87,91,92,94
- [0193] 分类器37:3,4,5,21,24,33,35,40,42,43,53,55,59,63,64,65,78,83,84,85,95,97
- [0194] 分类器38:7,9,16,17,20,29,32,36,39,47,51,52,53,58,59,70,71,76,80,89,93,94
- [0195] 分类器39:5,10,12,14,19,23,26,33,41,44,56,57,59,60,62,69,72,75,91,92,95,99
- [0196] 分类器40:1,5,8,14,20,23,24,26,28,32,35,39,46,48,52,53,55,73,80,84,88,93

[0197] 尽管本说明书含有许多特定实施方案细节,但这些细节不应被解释为对任何发明或可主张内容的范围的限制,而是被解释为专门针对特定发明的特定实施例的特征的描述。本说明书的单独实施例的上下文中所描述的某些特征也可组合地实施于单个实施例中。相反地,单个实施例的上下文中所描述的各种特征也可单独或以任何适合子组合方式实施于多个实施例中。此外,尽管特征在上文中可被描述为在某些组合中起作用且甚至最初本身被主张,但在一些情况下,来自主张组合的一或多个特征可从所述组合除去,且所述主张组合可针对子组合或子组合的变化。

[0198] 类似地,尽管图式中以特定顺序描绘操作,但此不应被理解为需要:以所展示的特定顺序或循序顺序执行此类操作;或执行所有说明操作以实现所要结果。在某些情形中,多任务并行处理可为有利的。此外,上文所描述的实施例中的各种系统组件的分离不应被理解为所有实施例中需要此分离,且应理解,所描述的程序组件及系统一般可一起集成于单个软件产品中或封装到多个软件产品中。

[0199] 因此,本文已描述标的物的特定实施例。其它实施例在所附权利要求书的范围内。在一些情况下,权利要求书中所叙述的动作可以不同顺序执行且仍实现所要结果。另外,附图中所描绘的过程未必需要所展示的特定顺序或循序顺序来实现所要结果。在某些实施方

案中，多任务并行处理可为有利的。

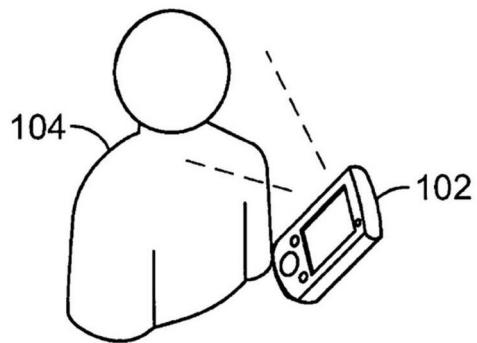


图1A

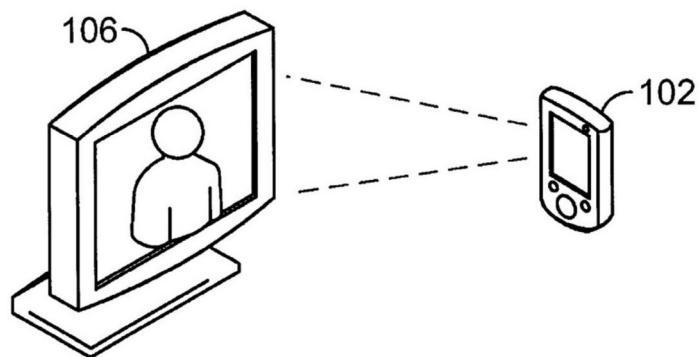


图1B

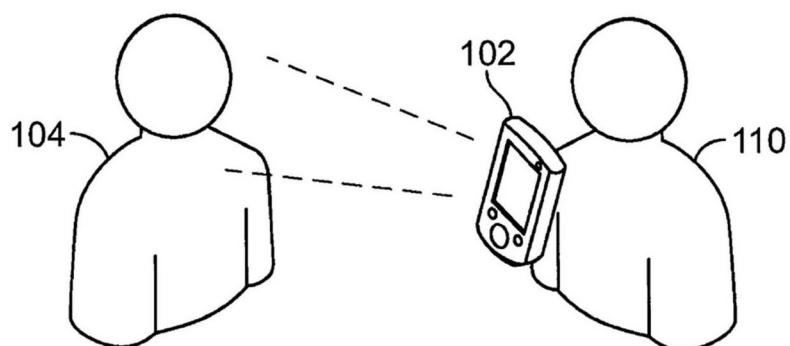


图1C

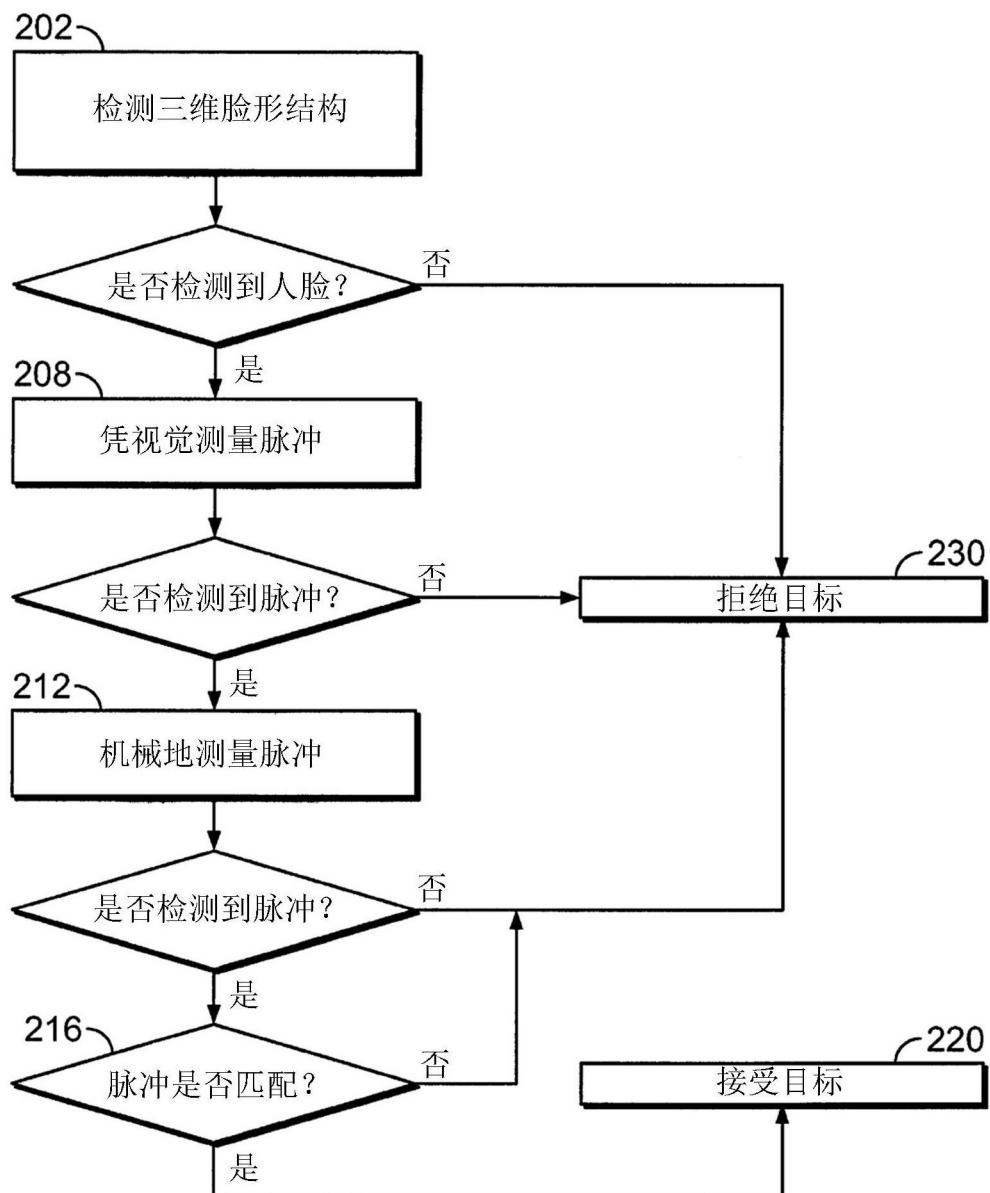


图2

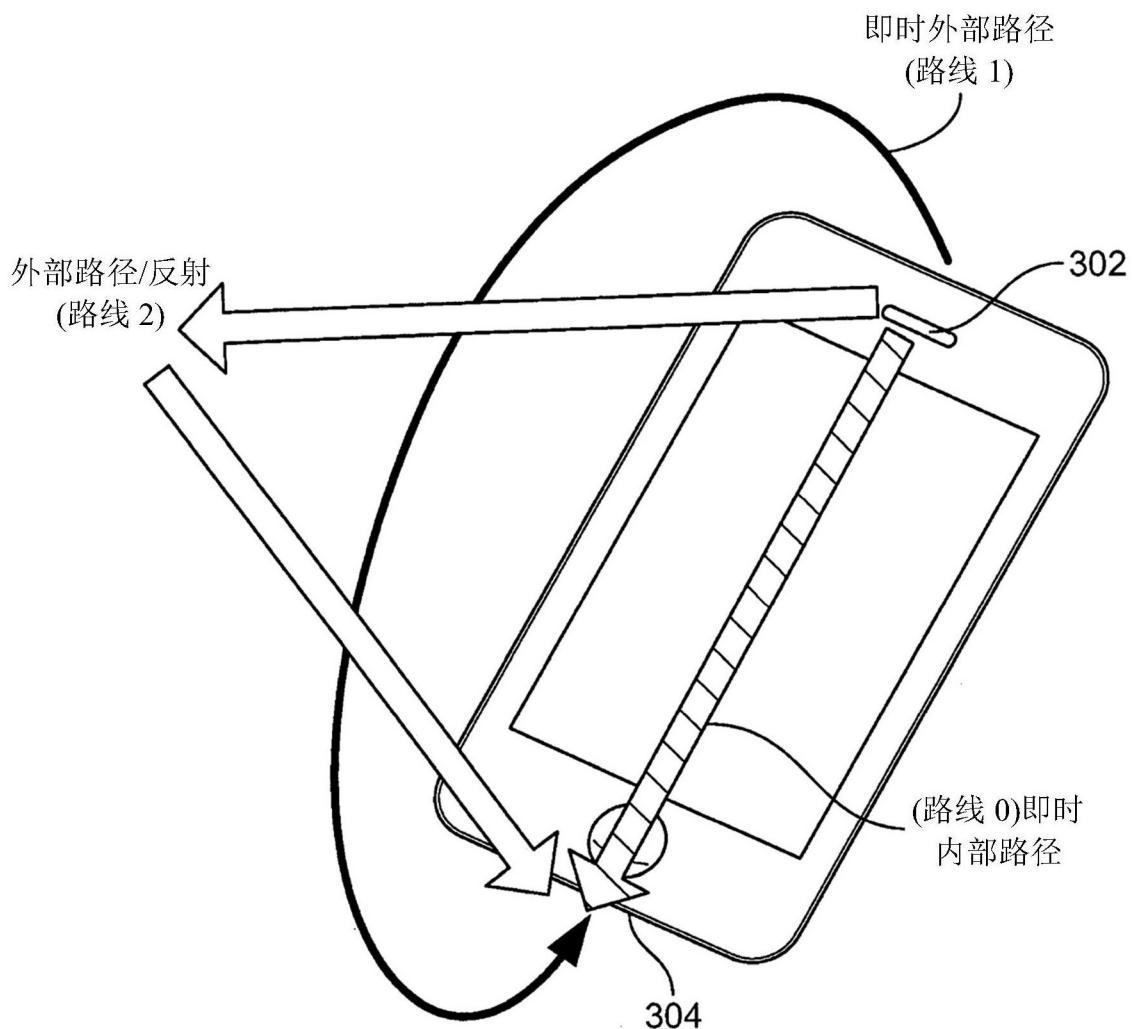


图3

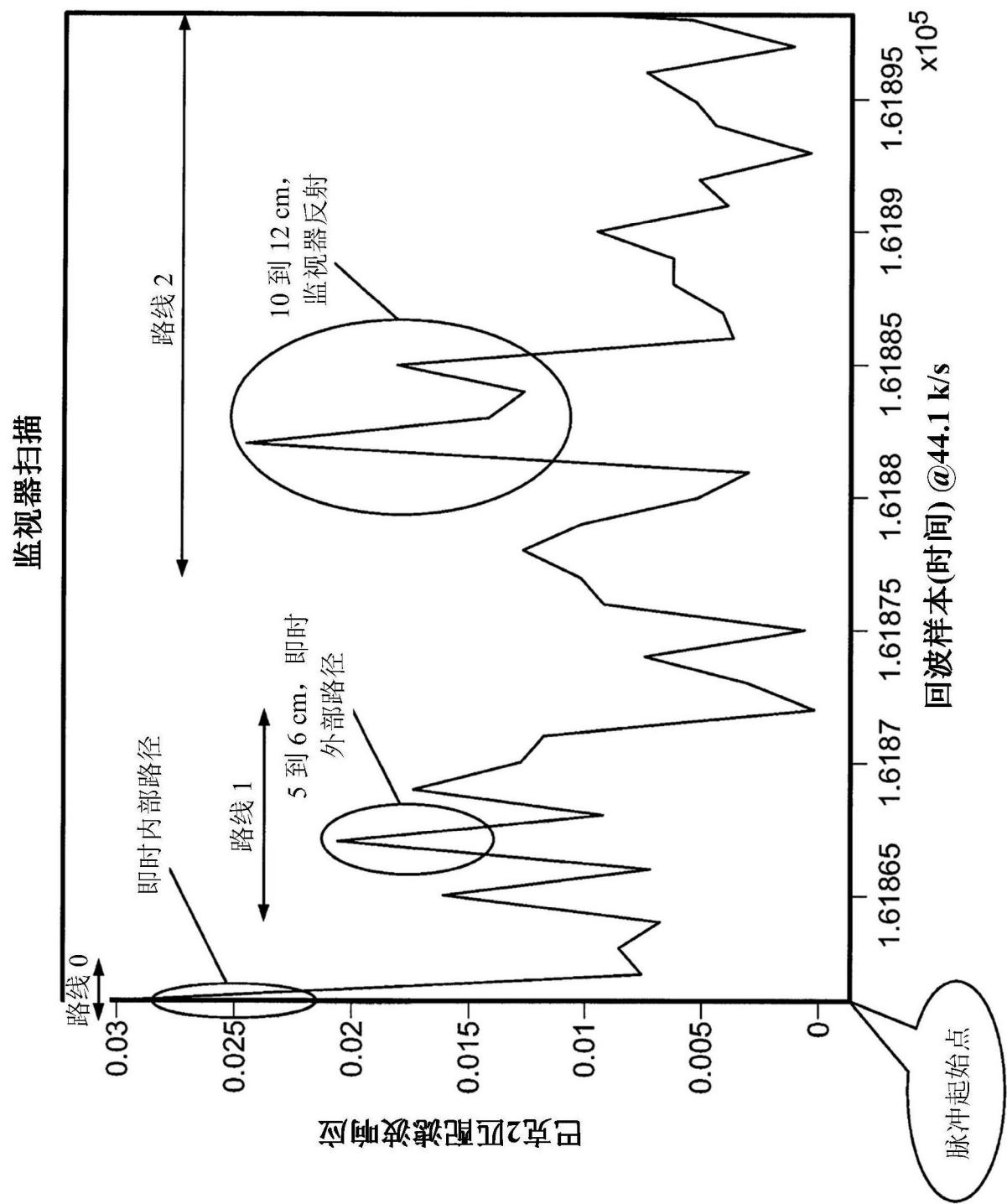


图4

真实用户扫描

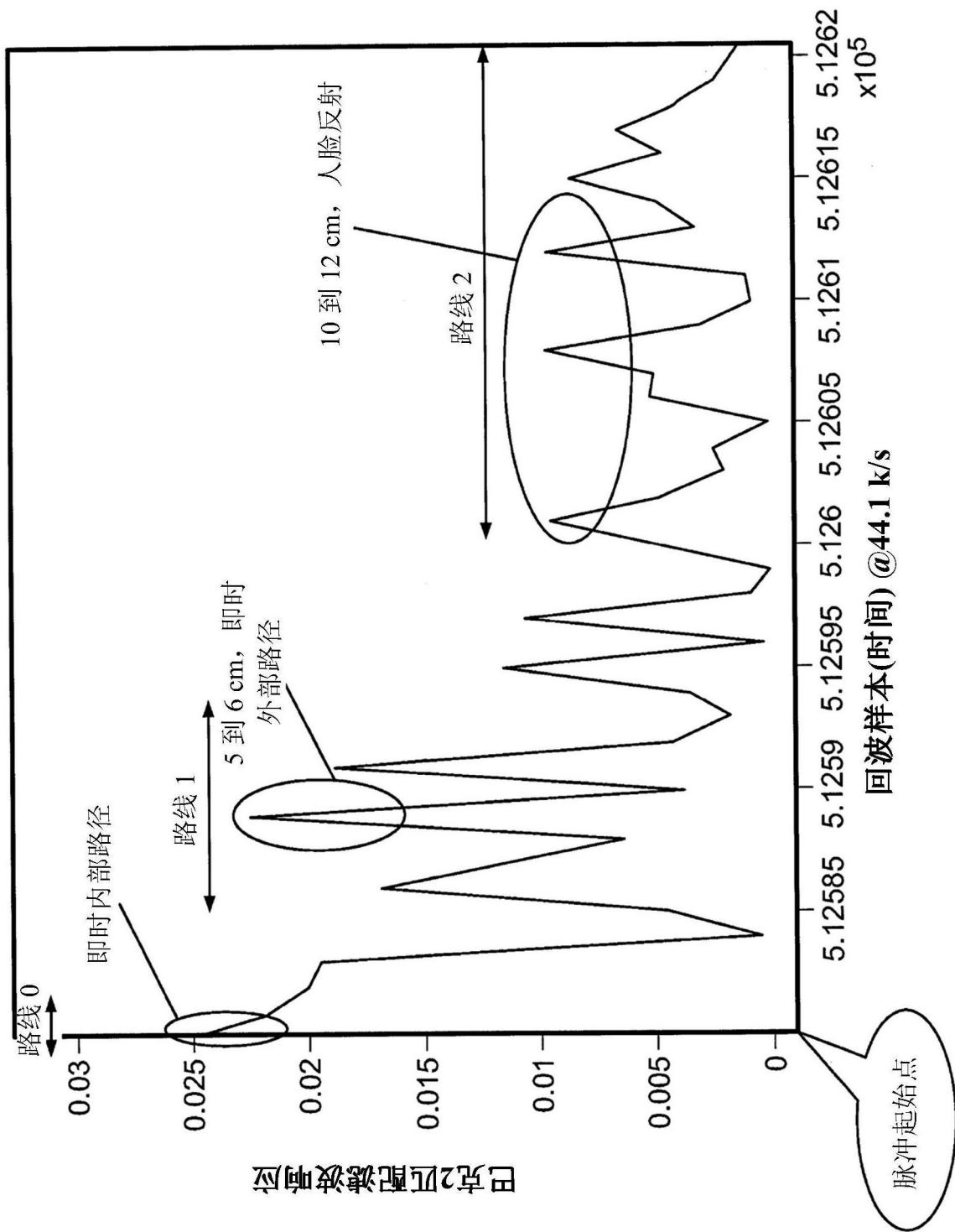


图5

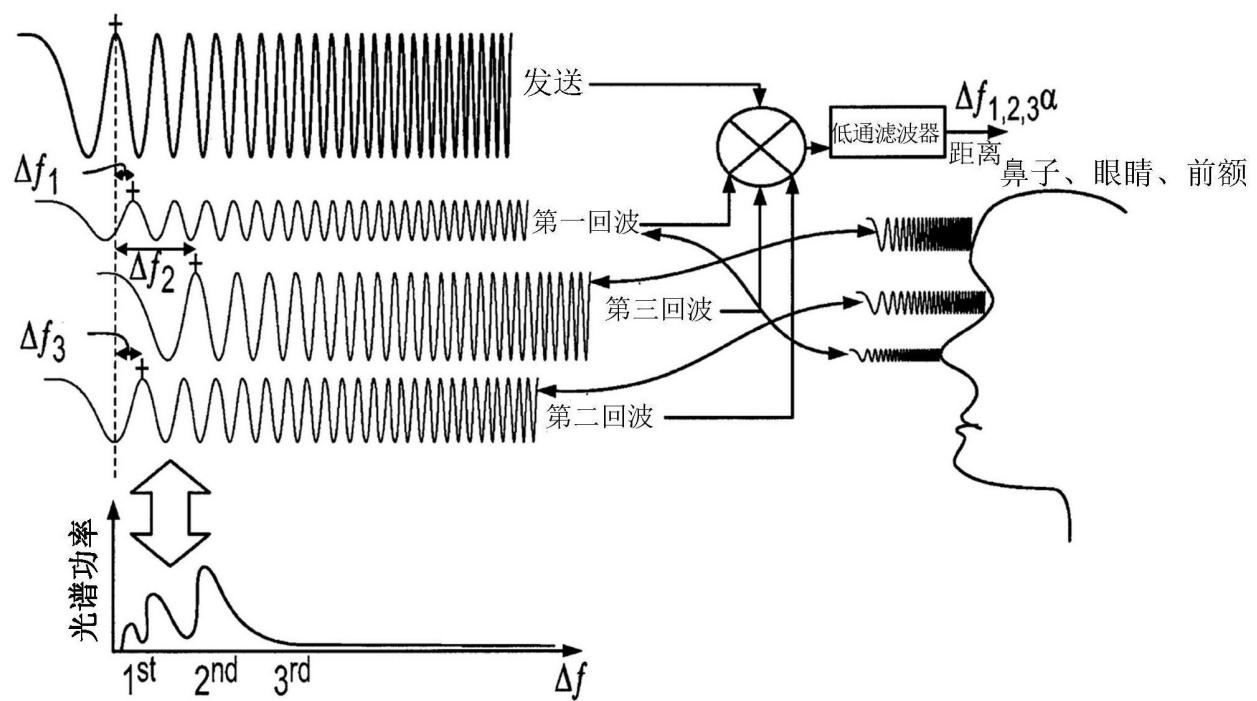


图6

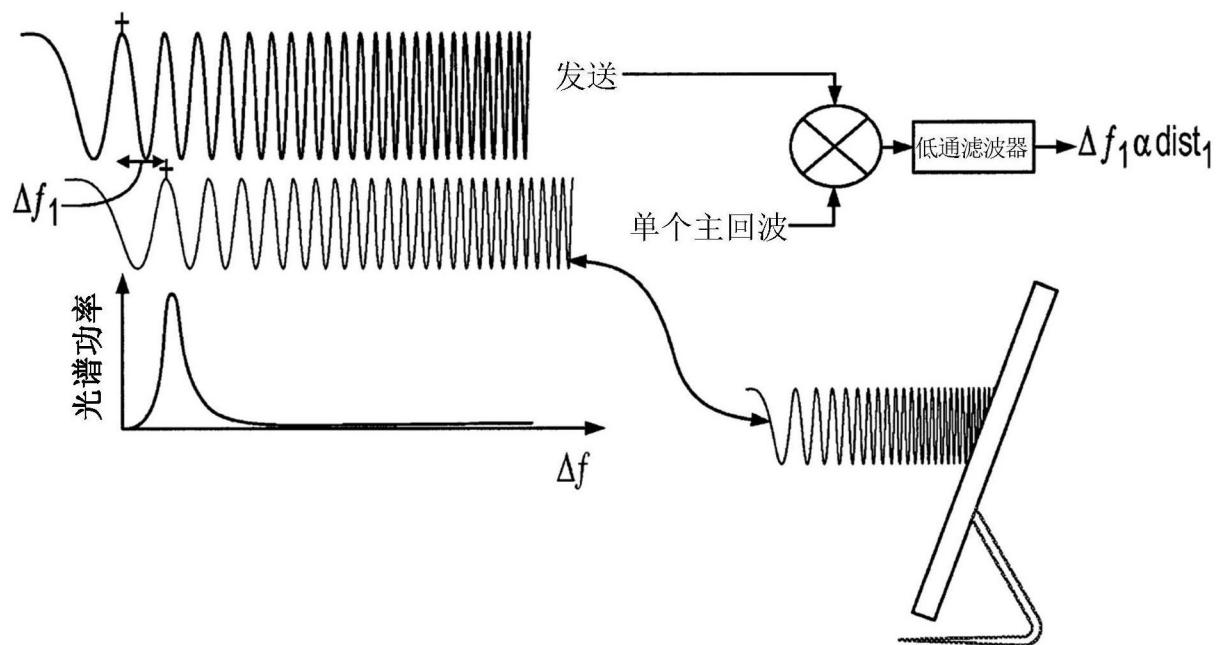


图7