



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107072541 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201580055865.0

马特·凯尼恩

(22)申请日 2015.09.08

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204

(30)优先权数据

62/047,893 2014.09.09 US

62/155,124 2015.04.30 US

代理人 王达佐 王艳春

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.04.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/048881 2015.09.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/040281 EN 2016.03.17

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/18(2006.01)

B60K 28/06(2006.01)

B60W 40/08(2012.01)

G08B 21/06(2006.01)

(71)申请人 托维克公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 理查德·A·卡普兰

道格拉斯·A·赫明克

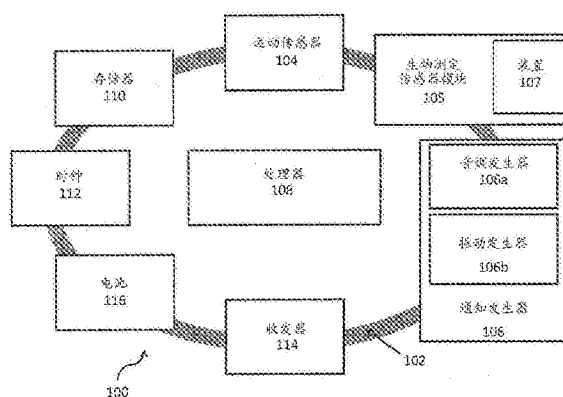
权利要求书7页 说明书22页 附图12页

(54)发明名称

用于利用可穿戴装置监测个体警觉度并提供通知的方法和设备

(57)摘要

本公开描述了用于监测疲劳并通知个体的方法和设备。个体可以是车辆、装备或机器的操作者、学生、或可能感受到疲劳的其他人。监测个体的运动以检测响应于刺激的规定运动，从而首先确定基本响应性概况。随后，基于响应于刺激的规定运动来确定当前响应性概况，并且如果当前响应性概况超过基本响应性概况的预定阈值，则向个体和可选地向另一个人(诸如雇主、教师或父母)发出通知。



1. 一种可穿戴设备,用于监测疲劳并通知用户,所述可穿戴设备包括:
运动传感器,配置成监测所述用户的运动;
通知发生器,配置成发出刺激,并响应于接收的信号向所述用户生成警告;
处理器,联接至所述运动传感器和所述通知发生器,所述处理器配置成:
获得所述用户对规定运动的基本响应性概况;
响应于所述刺激,根据所监测的所述用户的运动生成所述用户对所述规定运动的当前响应性概况,其中所监测的运动包括所述规定运动;
通过比较所述当前响应性概况与所述基本响应性概况来确定所述用户对所述刺激的响应是否超过所述基本响应性概况的预定阈值;以及
当所述用户的响应超过所述基本响应性概况的所述预定阈值时,向所述通知发生器发送信号,以及
支承件,所述支承件配置成在所述用户上支承所述运动传感器、所述通知发生器和所述处理器。
2. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中,所述处理器还配置成:
将由所述运动传感器监测的运动与所述规定运动的参数的预定阈值进行比较,以及
当超过所述参数的所述预定阈值时,向所述通知发生器生成信号。
3. 根据权利要求2所述的可穿戴设备,其中所述参数是在指定时间段内缺乏检测到的运动。
4. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述支承件是带。
5. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备还配置成监测所述用户的生物标记。
6. 根据权利要求5所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备还包括联接至所述处理器的生物测定传感器模块,其中所述生物测定传感器模块配置成监测所述用户的所述生物标记,并且包括以下所列中的至少一个:
皮肤温度传感器,配置成检测所述用户的远端皮肤温度;
传感器,配置成检测所述用户的脉搏和心率间隔(R-R);
发光二极管(LED)和光电二极管,所述发光二极管(LED)和所述光电二极管结合配置成检测关于所述用户血容量的光电容积描记(PPG)数据;
心电图(EKG),配置成测量所述用户的心脏相关度量;
接近度传感器,配置成检测所述用户何时穿戴所述可穿戴设备;
电容式触摸传感器,配置成检测所述用户何时穿戴所述可穿戴设备;或
至少一个电极,配置成测量皮肤电导率;以及
其中所述处理器还配置成处理由所述生物测定传感器模块监测的所述用户的所述生物标记。
7. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备还包括联接至所述处理器的全球定位系统(GPS),所述全球定位系统配置成:
确定所述用户的位置,以及
经由相关联的无线连接,将所述用户的所述位置发送至第三方;以及
其中所述处理器还配置成处理来自所述全球定位系统的输出。

8. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备还包括联接至所述处理器的、以下所列中的至少一个:

环境温度传感器,配置成测量环境温度;
光传感器,配置成测量所述用户对环境光的暴露;或
时钟,配置成监测定时事件;以及

其中所述处理器配置成处理来自所述环境温度传感器、所述光传感器或所述时钟中的至少一个的输出。

9. 根据权利要求5所述的可穿戴设备,其中所述支承件配置成穿戴于所述用户的身体部分上。

10. 根据权利要求9所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备还包括联接至所述处理器的生物测定传感器模块,其中所述生物测定传感器模块配置成监测所述用户的所述生物标记,并且包括功率测量装置,所述功率测量装置配置成测量由所述用户的所述身体部分施加的功率;以及

其中所述处理器还配置成处理由所述生物测定传感器模块监测的所述用户的所述生物标记。

11. 根据权利要求10所述的可穿戴设备,其中所述功率测量装置包括应变仪、弹簧、压电应变仪或弹性带中的至少一个。

12. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述通知发生器包括可听音调发生器、视觉发生器或振动发生器中的至少一个。

13. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述运动传感器包括陀螺仪或加速度计中的至少一个。

14. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述规定运动包括所述用户的腕部的旋转。

15. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述处理器还配置成计算用于刺激所述用户执行所述规定运动的刺激间隔。

16. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备还配置成监测睡眠风险变量。

17. 根据权利要求16所述的可穿戴设备,其中所述可穿戴设备配置成在初始测试阶段期间监测所述睡眠风险变量;以及其中所述处理器还配置成:

在初始测试阶段期间处理睡眠风险变量,以及

根据在初始测试阶段期间监测的所述睡眠风险变量生成用于所述用户的基线疲劳风险水平。

18. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中,所述处理器还配置成:

存储至少一个当前响应性概况作为历史响应性概况;

通过将所述历史响应性概况与所述基本响应性概况进行比较,确定所述历史响应性概况是否超过所述基本响应性概况的所述预定阈值;以及

当所述历史响应性概况超过所述基本响应性概况的所述预定阈值时,将所述信号发送至所述通知发生器。

19. 根据权利要求17所述的可穿戴设备,其中,所述可穿戴设备还配置成在所述初始测

试阶段之后持续监测所述用户的所述睡眠风险变量。

20. 根据权利要求17所述的可穿戴设备,其中所述处理器还配置成生成所述用户的动态风险水平。

21. 根据权利要求16所述的可穿戴设备,其中所述睡眠风险变量包括以下所列中的至少一个:由所述运动传感器监测的运动输出、由生物测定传感器模块监测的所述用户的生物标记、所述用户在所述用户的个人生理节律内的位置、由所述用户输入的主观警觉度水平、所述用户的睡眠驱动、所述当前响应性概况、来源于所述用户的睡眠类型输入的数据或所述用户的身体位置。

22. 根据权利要求17所述的可穿戴设备,其中所述处理器还配置成通过并入所述基线疲劳风险水平来计算用于刺激所述用户执行所述规定运动的刺激间隔。

23. 根据权利要求2所述的可穿戴设备,其中,所述规定运动的参数是总时间、反应时间、运动时间、速度、加速度、加速度变化率或运动范围中的一个。

24. 根据权利要求6所述的可穿戴设备,其中,所述生物测定传感器模块包括光传感器,所述光传感器配置成测量所述用户对环境光的暴露。

25. 根据权利要求6所述的可穿戴设备,其中,所述生物测定传感器模块或所述运动传感器的至少一个部件配置成检测所述用户何时穿戴所述可穿戴设备。

26. 根据权利要求1所述的可穿戴设备,其中,所述通知发生器还配置成经由联接至所述可穿戴设备的收发器向第三方发送通知。

27. 一种用于监测用户的警觉度并通知用户的方法,所述方法包括:

利用配置成测量规定运动的参数的可穿戴设备,获得所述用户基于所述规定运动的所述参数的基本响应性概况;

利用通知发生器,向所述用户发出刺激以执行所述规定运动;

利用所述可穿戴设备,监测所述用户对所述刺激的响应;

根据所述用户对所述刺激的响应,生成当前响应性概况;

通过比较所述当前响应性概况与所述基本响应性概况,确定所述用户对所述刺激的响应是否超过所述基本响应性概况的预定阈值;以及

当所述响应超过所述预定阈值时,利用所述通知发生器生成警报以警告所述用户。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中,生成所述警报的步骤由第三方执行。

29. 根据权利要求27所述的方法,其中,所述规定运动包括所述用户的腕部的旋转。

30. 根据权利要求27所述的方法,其中,所述规定运动的所述参数包括总时间、反应时间、运动时间、速度、加速度、加速度变化率或运动范围中的至少一个。

31. 根据权利要求27所述的方法,其中,所述方法还包括利用所述可穿戴设备,基于所述基本响应性概况计算用于向所述用户发出所述刺激的刺激间隔。

32. 根据权利要求31所述的方法,其中所述方法还包括利用所述可穿戴设备,将所述当前响应性概况中的至少一个存储为历史响应性概况。

33. 根据权利要求32所述的方法,其中,所述方法还包括利用所述可穿戴设备,基于至少一个存储的历史响应性概况生成响应性趋势线。

34. 根据权利要求33所述的方法,其中所述方法还包括:

确定所述响应性趋势线是否落在用于响应性的预定趋势线阈值之外;以及

如果所述响应性趋势线落在所述预定趋势线阈值之外,则生成警报。

35. 根据权利要求32所述的方法,其中所述方法还包括:

利用所述可穿戴设备,测量所述用户的至少一个睡眠风险变量;以及

基于至少一个测量的睡眠风险变量,生成所述用户的基线疲劳风险水平,其中进一步基于所述用户的所述基线疲劳风险水平计算所述刺激间隔。

36. 根据权利要求35所述的方法,其中所述方法还包括:

在生成基线疲劳风险水平之后,利用所述可穿戴设备,随时间推移周期性地测量所述至少一个睡眠风险变量;

利用所述可穿戴设备,检测所述至少一个睡眠风险变量随时间推移的变化;

利用所述可穿戴设备,基于所述至少一个周期性测量的睡眠风险变量的变化,生成所述用户进入睡眠的动态风险水平;以及

利用所述可穿戴设备,基于所述动态风险水平调整所计算的刺激间隔。

37. 根据权利要求32所述的方法,其中所述方法还包括:

将所述当前响应性概况与正好在所述当前响应性概况之前所存储的历史响应性概况进行比较;

检测所述当前响应性概况和所述存储的历史响应性概况之间是否存在显著偏差;以及

如果检测到显著偏差,则向所述用户生成警报。

38. 根据权利要求35所述的方法,其中所述至少一个睡眠风险变量包括以下所列中的至少一个:

所述用户在所述用户的估计的个人生理节律内的位置,

所述用户的生物标记,

所述用户的主观警觉度水平,

所述用户的健康信息,

所述用户的睡眠驱动,

所述用户对每次刺激的响应的当前响应性概况,

历史响应性概况,

来源于所述用户的睡眠类型输入的数据,

所述用户的运动,包括所述规定运动,或

所述用户的身体位置。

39. 根据权利要求38所述的方法,其中,所述估计的个人生理节律根据所述用户的以下生物标记中的至少一个的测量值来确定:

皮肤温度,

心脏相关度量,或

皮肤电反应。

40. 根据权利要求39所述的方法,其中生成所述基线疲劳风险水平包括并入所述用户的所述估计的个人生理节律。

41. 根据权利要求40所述的方法,其中所述方法还包括:

基于所述用户的所述生物标志随时间推移而检测到的变化,确定所述用户在所述用户的所述个人生理节律内的位置;

基于所述用户在所述估计的个人生理节律内的位置,估计所述用户的警觉度水平;以及

将估计的警觉度水平并入到生成所述用户的动态风险水平的步骤中。

42. 根据权利要求41所述的方法,其中基于随时间推移所监测到的所述用户的所述生物标记的变化来确定所述用户在所述估计的个人生理节律内的位置的步骤包括在以下至少所列一个中所检测到的变化:

皮肤温度,

心率,或

皮肤电反应。

43. 根据权利要求41所述的方法,其中所述方法还包括以下步骤:

检测所述用户对光的暴露;

确定所检测到的对光的暴露对所述用户的估计的个人生理节律的影响;以及

将所述检测到的对光的暴露并入到确定所述用户在所述估计的个人生理节律内的位置的步骤中。

44. 根据权利要求35所述的方法,其中所述方法还包括:

从所述用户接收主观警觉度水平,以及

将所述主观警觉度水平并入到生成基线疲劳风险水平的步骤中。

45. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括:

从所述用户接收主观警觉度水平,以及

将所述主观警觉度水平并入到生成动态风险水平的步骤中。

46. 根据权利要求38所述的方法,其中通过联接至所述可穿戴设备的运动传感器来测量所述用户的运动和所述用户对所述刺激的响应。

47. 根据权利要求38所述的方法,其中所述生物标记包括以下中所列的至少一个:

皮肤温度,

皮肤电阻率,

皮肤电导率,

EOG,

ECG,

EKG,或

心脏相关度量。

48. 根据权利要求47所述的方法,其中所述心脏相关度量包括以下所列中的至少一个:心率变异性(HRV)、心率间隔(RR)、每分钟心跳数、高频(HF)RR、低频(LF)RR、血量、时域或频域。

49. 根据权利要求47所述的方法,其中所述方法还包括以下步骤:

利用环境温度监测器,测量所述用户的环境的温度,以及

利用所测量的所述用户的环境的温度,调节所述用户的皮肤温度的、任何检测到的变化。

50. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括将至少一个存储的历史响应性水平并入到生成所述用户进入睡眠的动态风险水平的步骤中。

51. 根据权利要求50所述的方法,其中所述方法还包括:生成警觉度标度;生成所述用户在所述警觉度标度上的位置;以及向所述用户显示所生成的位置和所述警觉度标度,使得向所述用户提供估计的睡眠风险。

52. 根据权利要求38所述的方法,其中生成所述用户进入睡眠的基线疲劳风险水平的步骤还包括:

接收来源于所述用户的所述睡眠类型输入的数据;以及

将来源于所述用户的所述睡眠类型输入的数据并入到生成所述用户的所述基线疲劳风险水平的步骤中。

53. 根据权利要求36所述的方法,其中生成所述用户进入睡眠的所述动态风险水平的步骤还包括并入来源于所述用户的睡眠类型输入的数据。

54. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括:

利用环境温度监测器测量所述用户的环境的温度;

计算所述用户的环境的温度对进入睡眠的所述基线疲劳风险水平的影响;以及

基于所述计算的所述环境的温度的影响,调整所述用户进入睡眠的所述动态风险水平。

55. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括以下步骤:

通过使用所述睡眠风险变量的所检测到的变化来识别所述用户睡着的时段;

通过使用所述睡眠风险变量的所检测到的变化来识别所述用户清醒的时段;以及

基于所识别的所述用户睡着的时段和所述用户清醒的时段,调整所述用户进入睡眠的动态风险水平。

56. 根据权利要求52所述的方法,其中所述方法还包括:通过使用活动变化记录技术或来自所述用户的输入中的至少一个,根据所识别的所述用户睡着的时段和所识别的所述用户清醒的时段,确定从所述用户上次睡眠起经过的时间量。

57. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括:

确定白天或夜晚的时间,以及

基于所述确定的白天或夜晚的时间,调整所述用户进入睡眠的动态风险水平。

58. 根据权利要求27所述的方法,其中警告所述用户的所述刺激的强度在所述刺激的持续时间中是可变的。

59. 根据权利要求55所述的方法,其中所述方法还包括通过使用来源于所测量的所述用户的运动的活动变化记录数据来识别所述用户睡着的时段。

60. 根据权利要求59所述的方法,其中所述方法还包括通过使用来源于所测量的所述用户的运动的活动变化记录数据来识别所述用户清醒的时段。

61. 根据权利要求55所述的方法,其中所述方法还包括根据所述识别的所述用户睡着的时段和所述用户清醒的时段来计算从所述用户上次睡眠起经过的时间量。

62. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括:

通过利用联接至所述可穿戴设备的处理器,将所述基本响应性概况与每次响应的每个响应性概况进行比较,利用所述运动传感器,检测每次测量的所述用户对每次刺激的响应的、以下所列中的至少一个的变化:反应时间、运动范围、旋转速度、旋转加速度、旋转加速度变化率、总运动时间、运动的定时或其他线性运动;以及

将所述检测到的反应时间、运动范围、旋转速度、旋转加速度、旋转加速度变化率、总运动时间、运动的定时或其他线性运动中的至少一个的变化并入到生成所述用户进入睡眠的动态风险水平的步骤中。

63. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括:

利用所述运动传感器,测量所述用户的相对运动,以及

利用所测量的所述用户的相对运动,调整所述用户的所述至少一个睡眠风险变量的、所检测到的变化。

64. 根据权利要求63所述的方法,其中所述至少一个睡眠风险变量是所述用户的生物标记。

65. 根据权利要求64所述的方法,其中所述用户的所述生物标记是皮肤温度。

66. 根据权利要求38所述的方法,其中所述方法还包括:

识别扭曲所述用户的估计的个人生理节律的遮蔽事件,以及

基于所识别的遮蔽事件来调整所述用户的所述估计的个人生理节律。

67. 根据权利要求66所述的方法,其中所述遮蔽事件包括所述用户的身体位置和所述用户的运动。

68. 根据权利要求36所述的方法,其中所述方法还包括:

监测所生成的所述用户的动态风险水平随时间推移的变化;

监测所述至少一个睡眠风险变量随时间推移的变化;

根据所监测的所述动态风险水平的变化以及根据所监测的所述至少一个睡眠风险变量的变化来计算所述用户在管理疲劳中的进展;以及

向所述用户提供每日疲劳数据和实时疲劳数据,所述每日疲劳数据和实时疲劳数据来源于所计算的所述用户在管理疲劳中的进展。

69. 根据权利要求68所述的方法,其中所述至少一个睡眠风险变量是所述用户的睡眠驱动。

70. 根据权利要求68所述的方法,其中所述方法还包括向第三方提供来源于所计算的所述用户在管理疲劳中的进展的所述每日疲劳数据和所述实时疲劳数据。

用于利用可穿戴装置监测个体警觉度并提供通知的方法和 设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求提交于2014年9月9日的第62/047,893号美国临时申请和提交于2015年4月30日的第62/155,124号美国临时申请的优先权,这些美国临时申请以引用方式全部并入本文。

背景技术

[0003] 由于操作者疲劳导致缺乏警觉度是作业(诸如在移动车辆中)失败和事故的主要原因。已经进行了许多努力来监测操作者疲劳,特别是在长途托运货车运输情况下,即使瞬间的意识疏忽也可能导致生命和财产的灾难性损失。这些努力通常可视地监测操作者和/或要求操作者执行任务,诸如敲击仪表板上的按钮。这类技术通常是昂贵的和/或无效的。

[0004] 警觉度也可能不利地影响其他个体,诸如学生和工人。当疲劳个体的警觉度减弱时,这些个体可能不能保持清醒。期望用于监测和辅助此类个体的技术。

发明内容

[0005] 描述了用于监测警觉度(例如,警觉度的退化)并基于所监测的警觉度提供通知的方法、系统和设备。所述方法、系统和设备可以使用整体方法来监测和估计个体随时间推移的警觉度,从而并入个体的被动测量和主动测量。被动测量和主动测量还可以包括客观分量和主观分量以评估个体的整体警觉度或进入睡眠的风险。被动测量、主动测量、客观测量和主观测量的组合可以用于创建对个体进入睡眠或达到危险的疲劳水平的风险的累积评估。所述方法、系统和设备还可用于减轻由于个体的疲劳或缺乏警觉度导致的危险。

[0006] 缺乏警觉度可能是由于疲劳、无聊、不专心、使用药物和疾病等引起。被监测的个体可以是车辆、设备或机器的操作者;学生;或可能感到疲劳的其他人。作为非限制性示例,这些个体可以是卡车司机、一般公共司机、航空公司飞行员、火车驾驶员、学校和公路公共汽车司机、保安人员、店员、儿童、老人、露营者、猎人、徒步旅行者、监督代理人(surveillance agent)、学生、军事人员、商务人员(例如,用于会议,培训课程等)和有健康问题的人。作为非限制性示例,所述方法、系统和设备可以用于“人倒下(man down)”系统、安全系统等。除了个体之外,可以通知与被监测个体相关的基本上任何实体,例如,另一个人(诸如雇主、教师或父母);自动化系统;计算机系统和计算机应用程序等。

附图说明

[0007] 当结合附图阅读时,可由以下详细描述最好地理解本发明,其中类似的元件具有相同的附图标记。当存在多个相似元件时,可以将单个附图标记分配给多个相似元件,并以小写字母标识来指代特定元件。当共同地指代元件或指代所述元件中的非特定的一个或多个元件时,可以省略小写字母标识。这强调根据通常的惯例,附图的各种特征不是按比例绘制的。相反,为了清楚起见,各种特征的尺寸都任意地扩大或缩小。附图中包括以下图示:

[0008] 图1A和图1B是根据本发明的各方面的可穿戴设备的框图；

[0009] 图1C是系统的框图，该系统包括图1A或图1B的可穿戴设备，以及根据本发明的各方面的远程设施；

[0010] 图2是示出用户的动态皮肤温度测量值关于用户的生理节律测量值的图表，其中，用户的动态皮肤温度在七天的过程中测量，用户的动态皮肤温度在七天的过程中测量；

[0011] 图3和图4是根据本发明的各方面的用于监测和警告用户和/或其他人的其它步骤的流程图；

[0012] 图5是根据本发明的各方面的用于监测用户的警觉度的步骤的流程图；

[0013] 图6示出了根据本发明的各方面的用于指定运动的各种手、腕和前臂位置；以及

[0014] 图7示出了根据本发明的各方面的用于监测用户的警觉度的步骤的流程图。

具体实施方式

[0015] 本发明的各方面提供了一种例如通过监测操作者的运动来监测个体或用户(诸如车辆、设备或机器的操作者)的警觉度(例如，警觉度的缺乏和/或退化)，并且当存在可辨别的响应缺乏、运动幅度减小和/或响应时间缩短时通知实体的改进手段。本文描述的各方面还包括用户的被动测量和主动测量以全面地监测和估计用户的警觉度。被动测量和主动测量可被结合并进行处理以确定总体的警觉度风险。通过本文所述方面体现的全面监测设备、系统和方法还可以作为被动测量和主动测量的结果来随时间推移调整所估计的用户警觉度。被动测量和主动测量可以包括主观分量和客观分量。

[0016] 系统可以绑定到其他系统中(诸如远程信息处理系统)，例如用于长途托运货车运输以通知调度员操作者正在达到潜在的疲劳危险水平并需要休息。本文描述的方面可以用于监测用户(诸如，例如，卡车司机、一般公共司机、航空公司飞行员、火车驾驶员、学校和公路公共汽车司机、保安人员、店员、儿童、老人、露营者、猎人、徒步旅行者、监视代理人、学生、军事人员、商务人员(例如，用于会议，培训课程等)和有健康问题的人，并且在确定警觉度缺乏(例如，由于疲劳、无聊、已经入睡等等导致的例如减弱的响应、减小的幅度和/或运动缺乏)时通知他们和/或另一实体。

[0017] 图1A示出了用于监测警觉度并将通知提供给例如穿戴该设备的用户和/或另一实体的可穿戴设备100。所例示的可穿戴设备100体现在带102中，带102可以放置在例如用户的手腕上。带102支持用于监测用户的至少一个运动传感器104和至少一个生物测定传感器模块105，以及用于向实体提供通知(例如，提醒和/或警报(诸如警告和/或警报))的至少一个通知发生器106(例如，音调发生器106a、振动发生器106b和视觉发生器106c)。音调发生器106a可以是音频音调发生器，以及振动发生器106b可以是偏重旋转器。另外，通知发生器(106)可以发出待经由收发器114发送到远程位置处的另一实体(诸如第三方)的通知。然后，通知的第三方接收者随后将获知发送给用户的任何提醒、警告或警报，更像是无声警报。通过本文的描述，本领域的技术人员将理解用于本发明的适当的运动传感器104、生物测定传感器模块105和发生器106。

[0018] 运动传感器104可以包括一个或多个陀螺仪和/或加速度计以跟踪运动(线性，角度等)。所监测或跟踪的运动可以包括用户的规定运动、用户在规定运动之外的其他运动、用户的相对运动或由用户环境(诸如来自卡车发动机的振动等)引起的运动。除了测量运动

外,运动传感器104可以用于估计用户的身体位置(例如,坐着、站立、躺下)。运动传感器104可以用于被动测量(定义为仅能通过使用用户穿戴设备100进行的那些测量)和主动测量(定义为需要用户在穿戴设备100时主动执行任务或输入数据的那些测量)。

[0019] 用于跟踪运动和/或身体位置的技术是通过加速度计和/或陀螺仪进行的。市场上有许多可购得的小型、低功率的陀螺仪。陀螺仪通常采用压电传感器或其他形式的微电子运动传感器(MEMS)。例如,SGS-汤普森微电子(SGS-Thompson Microelectronics)(st.com)具有一系列基于MEMS的陀螺仪,其以低功率操作,测量运动的所有三个轴,提供可直接馈送到微处理器中的数字输出,并且具有低噪声阈值和低陀螺仪漂移,从而允许它们以高精度和高重复性测量精细运动。L3G3200D是一种适当的装置,其操作电压范围为2.4V至3.6V,这非常适合电池操作,在典型操作中消耗仅6.1mA,操作范围为-40摄氏度至+85摄氏度,包括嵌入式温度传感器,并具有温度和运动角速率的数字输出,其角速率精度高达16位。

[0020] 作为MEMS陀螺仪的替代,可以使用线性加速度计。由于MEMS线性加速度计响应于重力场以及线性加速度,所以当以三轴配置布置时可以计算偏航、纵摇和滚动的旋转变换,如飞思卡尔半导体(Freescale Semiconductor)的Mark Pedley在2013年3月第6版修订的文档编号AN3461论文“使用三轴加速度计的倾斜传感(Tilt Sensing Using a Three-Axis Accelerometer)”中所描述的,该文档以引用方式完全并入本文。

[0021] 生物测定传感器模块可以包括一个或多个传感器以测量用户的一个或多个生物标记。可以根据本发明的各方面测量的生物标记包括但不限于皮肤温度、心脏相关度量、皮肤电反应、由身体部分施加的功率、皮肤电阻率和皮肤电导率。皮肤电反应测量皮肤的电导率,其还已经示出为指示人的情绪状态和人的出汗程度。皮肤电反应可通过使用与皮肤接触的一个或多个电极进行测量。用户的心脏相关度量可以包括但不限于诸如EKG或ECG的度量、心率变异性(HRV)、心率间隔(RR)、高频(HF)和低频(LF)RR、每分钟心跳数、血量、血压和心律等。生物测定传感器模块105可以用于用户的各种生物标记的连续和/或周期性的被动测量。在一些实施方式中,生物测定传感器模块105可以是通用的并且可以包括生物测定传感器和非生物测定传感器(例如环境光传感器)。在一个实施方式中,生物测定传感器模块105可以集成为设备100内的单元。在另一个实施方式中,生物测定传感器模块105可包括分散在设备100内和/或设备100各处的若干部件。

[0022] 生物测定传感器模块105可以包括温度传感器和生物测定脉搏传感器,诸如来自卡尔森机器人(Karlsson Robotics)的脉搏率传感器。温度传感器可以用于测量在可穿戴设备100的位置处的用户皮肤的温度。芯科实验室(Silicon Labs)制造了包括脉搏率传感器以及血氧定量计(血液的氧饱和度)的集成电路芯片。然而,虽然这些类型的系统在确定系统当前是否被穿戴方面可能是有利的,但是如果设计目标是保持电池寿命,则可以根据一些方面仅采用温度传感器。例如,可以省略使用发光二极管和传感器来测量氧饱和度并具有高电流汲取的血氧传感器。

[0023] 生物测定传感器模块105还可以包括用于通过测量弹性构件(诸如应变仪、弹簧、压电式应变仪或弹性带)的长度随时间推移的变化来测量由用户的身体部分施加的功率的装置107。装置107可以是符合穿戴其的身体部分的形状的大致圆柱形弹性构件,由此保持与身体部分的周界的恒定接触。因此,装置107通常穿戴在大体为圆柱形的身体部分(诸如前臂、手腕、手指或前额)上,并且其可通过测量弹性构件的长度的变化来测量对象相对于

时间的收缩(尺寸减小)或扩张(尺寸增加)。因此,该装置107可以与运动传感器104结合使用以测量穿戴设备100的用户的运动,诸如肌肉的屈曲或规定的运动。例如,装置107可以作为设备100的一部分穿戴在前臂上,并且测量用户张开和合起相应前臂的手的力。因此,装置107可以有助于用户的主动测量。另外,装置107可基于在穿戴其的身体部位的规定运动期间的尺寸和尺寸变化特征来识别用户。

[0024] 生物测定传感器模块105可以包括用于测量特定生物标记(诸如用户的心脏相关度量)的传感器。因此,生物测定传感器模块105可以包括发光二极管(LED)和光电二极管和/或光感受器的组合,以用于检测关于用户的血容量的光电容积描记(PPG)数据。生物测定传感器模块105可以包括心电图仪。

[0025] 另外,通过测量弹性构件(诸如应变仪、弹簧、压电式应变仪或弹性带)的长度变化来测量由用户的身体部分施加的功率的装置107可以用于测量用户的心脏相关度量。装置107可以用于测量用户的身体部分(诸如前臂内的桡动脉)内的封闭的心血管系统的直径(收缩和扩张)的变化。因此,这将允许装置107测量心率、心律和血压。因此,装置107还可以有助于在监测期间对用户的被动测量。

[0026] 生物测定传感器模块105还可以包括用于接触用户皮肤的一个或多个电极。一个或多个电极可以配置成测量皮肤电阻率、皮肤电导率、皮肤电反应和皮肤电活动。

[0027] 生物测定传感器模块105还可以用于检测用户的各种生物标记随时间推移的变化,所述生物标记包括心脏相关度量和皮肤温度。可以通过利用生物测定传感器模块105内的一个或多个传感器对用户进行连续和周期性被动对象测量来检测这些改变。

[0028] 根据本发明的方面,可穿戴设备100体现在类似于手表的舒适的腕带中。然而,系统也可以附接到前臂、绕肘部穿戴或附接到基本上任何身体部分进行工作。另外,设备可以并入到衣物用品中,诸如手套或将其保持在用户身上的其它构件。根据系统的方面,系统的设计是使得当操作者穿戴时不显眼,从而有助于确保操作者穿戴该系统。为此,生物测定传感器模块105可以用于检测可穿戴设备100当前是否被穿戴(例如,基于指示其当前抵靠着用户皮肤的温度测量值)。例如,温度传感器、脉搏检测传感器和/或生物测定电脉冲传感器都将用于此目的。生物测定传感器模块105的其他生物测定传感器可用于此目的。适当的传感器的其他示例包括但不限于电容式触摸传感器和接近传感器。运动传感器104和任何监测的规定运动也可以用于确定用户当前是否穿戴设备100。如果移除,则系统可以立即警告操作者,指示其重新附接设备,并且如果连接到远程信息处理系统时,则可以警告调度员以通知他们操作者已经移除了监测系统。

[0029] 处理器108联接到运动传感器104、生物测定传感器模块105和发生器106。处理器102可以是可编程微处理器。处理器108还联接到用于存储和检索数据的存储器110。处理器108可以执行存储在存储器110中的指令以提供本文所描述的可穿戴设备100的功能。处理器108还可以将从运动传感器104和生物测定传感器模块105检索的数据存储到存储器110中,并且从存储器110检索存储的数据以用于处理。存储器110可以是常规的存储器,例如静态随机存取存储器(RAM)。处理器108可以是常规的微处理器,例如低功耗嵌入式处理器。可以采用可重新编程的微处理器装置,其使得能够进行固件升级。适当的处理器108是Altera MAX7000A,其在3.3V(与适当的陀螺仪兼容的操作电压范围)下操作。

[0030] 处理器108还可以联接到用于监测定时事件的时钟112和用于向远程位置发送信

号和/或从远程位置接收信号的收发器114。时钟112可以是能够测量时间(例如几分之一秒,诸如毫秒、微秒等)的集成电路时钟。收发器114可以是例如蓝牙发射器,例如以使得可穿戴设备100能够在通知时间发生时通知远程信息处理设备、远程计算机系统、计算机应用和/或智能电话应用。可穿戴设备100的部件可以由电池116供电。电池116可以是可充电电池,诸如锂离子电池单元。

[0031] 处理器108可以监测来自运动传感器104和生物测定传感器模块105的温度和运动输出,从而确定该设备是否正抵靠皮肤穿戴。来自运动传感器104的运动输出可以由处理器108使用以监测可穿戴设备100的运动。处理器108可配置成查找其运动半径在1厘米和200厘米之间的角运动。该范围的下限消除了由于振动引起的小的角位移,并且该范围的上限消除了大规模径向运动,诸如来自正在转弯的卡车。测量时间的时钟112允许确定主监测周期的期满以及测量操作者的响应时间。操作者的响应时间以及记录的温度和时间可以存储在存储器110中,使得例如在远程信息处理系统不可用来通信的情况下,调度员可以在稍后的时间点验证设备正被正确穿戴。

[0032] 图1B示出了根据本发明的方面进行操作以用于监测警觉度并向穿戴设备100的用户提供通知的可穿戴设备100。所例示的可穿戴设备100体现在带102中,带102可以放置在例如用户的手腕上。带102支持用于监测用户的至少一个运动传感器104和一个生物测定传感器模块105,以及用于向实体提供通知(例如,提醒和/或警报(诸如警告和/或警报))的至少一个通知发生器106(例如,音调发生器106a、振动发生器106b和视频发生器106c)。音调发生器106a可以是音频音调发生器,并且振动发生器106b可以是偏重旋转器。通过本文的描述,本领域的技术人员将理解用于本发明的适当的运动传感器104、生物测定传感器模块105和发生器106。

[0033] 设备100还可以包括具有相关联的无线连接(WIFI) 118a的GPS系统118,以跟踪穿戴设备100的用户的位置。用户的位置可以经由WIFI 118a发送给第三方,以帮助监测用户的个人安全或识别用户是否处于任务中。第三方可以使用位置信息来与用户的预期位置或路线进行比较,并且在偏差的情况下向用户提供警告或通知。在紧急情况下,第三方还可以向紧急服务人员提供用户的位置。

[0034] 设备100还可以包括用于检测用户的环境的温度的环境温度检测器120。这可以用于提高由皮肤温度传感器进行的任何皮肤温度测量的精度。环境温度检测器120可以放置在设备100上,使得其不与用户的皮肤接触,并且其测量值可以用于调节皮肤温度数据。

[0035] 另外,设备100可以包括环境光检测器122。环境光检测器122可以用于检测用户暴露于光。另外,环境光检测器122可以具体设计成用于确定用户暴露于蓝光波长。

[0036] 处理器108联接到运动传感器104、生物测定传感器模块105和发生器106。处理器108还可以联接到GPS系统118、环境温度检测器120和环境光检测器122中的一个或多个。

[0037] 处理器108可以监测和处理由运动传感器104、生物测定传感器模块105、GPS系统118、环境温度检测器120和环境光检测器122测量的输出。输出可以包括睡眠风险变量,其为确定用户入睡的风险或疲劳风险的适用因素。处理器108可监测和处理睡眠风险变量,诸如由运动传感器104测量的运动输出、来自生物测定传感器模块105的生物标记输出(即生物测定指标)、用户在个人生理节律内的位置、由用户输入的主观警觉度水平、用户的睡眠驱动、用户对每次刺激的响应的当前响应性概况、来源于用户的睡眠类型输入的数据、由用

户引起的移动、以及用户的身体位置。还可能存在由处理器108监测和处理的其他睡眠风险变量。

[0038] 来自生物测定传感器模块105的生物标记输出可以由处理器108使用以确定该设备是否正抵靠皮肤穿戴。在一个实施方式中,可以安装可以包括在生物测定传感器模块105中的电容式触摸传感器,以使得其在设备被穿戴时接触皮肤。电容式触摸传感器可以向处理器108指示设备100是否正被穿戴。

[0039] 处理器108还可以用于生成用户对规定运动的基本响应性概况。这种情况如何发生的示例可以从初始测试期间用户在用户身体上的位置(诸如手腕)处穿戴可穿戴设备100开始。在测试阶段期间,如果用户疲劳或想睡觉,则用户通常将处于休息状态,即不参与会危及用户的活动中。然后,用户在测试期间执行规定运动。进行对规定运动的初始测量,并且来自这些初始测量的各种参数可以由处理器108使用,以产生规定运动的参数的基线平均值和标准偏差。这些代表了规定运动的参数的基本响应性概况。与基本响应性概况的偏差可以由处理器108使用,以表示警觉度水平的降低和风险水平的增加。

[0040] 处理器108还可以基于所产生的基本响应性概况来建立用户响应性的预定阈值。例如,阈值可以是相对于规定运动的参数的基本响应性概况平均值的一个标准偏差。由于不同的用户可以具有不同的基本响应性概况,因此处理器108可以基于针对特定用户所产生的基本响应性概况来计算用于警告用户执行规定运动的适当的刺激间隔。

[0041] 处理器108还可以产生信号并向通知发生器106发送信号以向用户发出执行规定运动的警告刺激。当用户通过执行规定运动来响应刺激时,处理器108还可以通过使用所测量的规定运动的参数来产生关于响应的当前响应性概况。处理器可以针对用户对每次刺激做出的每次响应生成当前响应性概况。处理器108还可以将一个或多个当前响应性概况存储为存储器136内的一个或多个历史响应性概况。然后,如果响应的当前响应性概况或历史响应性概况落在所建立的用户响应性预定阈值之外,则处理器108可以向通知发生器106发送信号以向用户生成警告。

[0042] 所生成的警告向用户指示用户可能太疲劳或者太有入睡风险,以至于不能继续用户所参与的活动。该警告可以由用户使用以知道何时睡觉以及是否建议休息来防止疲劳或降低入睡的风险。另外,处理器108可以在警觉度标度上生成位置,以用于在具有或不具有警报的情况下帮助用户对用户充分执行用户任务的能力做出适当决定。设备100可以通过颜色(例如,危险的低水平警觉度为红色,中等水平警觉度为黄色,高等水平的警觉度为绿色)、或者以数字标度(例如,从1到10的标度,其中1是危险的低水平警觉度,以及10是极度警觉)向用户显示处理器108在警觉度标度上生成的位置。

[0043] 处理器108还可以基于最初测量的睡眠风险变量来产生用户的基线疲劳风险水平。这种情况如何发生的示例可以从初始测试阶段期间(其可以是几小时或几分钟的短设定时间段,或者三天或更多天的更长时间段)用户在用户身体的位置(诸如手腕)上穿戴可穿戴设备100开始。处理器108可以使用在测试阶段期间最初测量的睡眠风险变量(诸如用户的规定运动、生物标记或用户的经估计的个人生理节律内的位置)来确定用户的疲劳自然倾向。处理器108可以使用该倾向来生成用户入睡的基线疲劳风险水平。

[0044] 然后,处理器108可以将所生成的基线疲劳风险水平并入到其对用于警告用户执行规定运动的适当刺激间隔的计算中。另外,处理器108可以基于用户的基本响应性概况和

基线疲劳风险水平两者的组合来计算适当的刺激间隔。

[0045] 处理器108可以使用所产生的当前响应性概况和历史响应性概况来生成用户在设备100的使用期间随时间推移而入睡的动态风险水平。每个动态风险水平表示基于用户响应于刺激而做出的每个规定运动的参数的当前更新的风险。例如,用户可能具有响应于刺激的延迟响应时间,并且响应的当前响应性概况和/或历史响应性概况将反映警觉度的潜在下降。因此,处理器108将生成更新的动态风险水平,其显示疲劳或入睡的风险的增加。从每个当前响应性概况和/或历史响应性概况产生的动态风险水平可以随时间推移而改变,并且处理器108可以使用所产生的动态风险水平来持续重新计算和调整刺激间隔。例如,随着动态风险水平改变成指示更高的风险,处理器可以重新计算和调整先前建立的刺激间隔,从而向用户提供更频繁的刺激。

[0046] 另外,处理器108还可以使用一个或多个睡眠风险变量的测量值来生成动态风险水平。通过在生成基线疲劳风险水平之后持续测量睡眠风险变量来获得测量值。设备100可以检测不同睡眠风险变量随时间推移的变化,并且处理器108可以将这些变化并入到更新的动态风险水平的计算中。然后,处理器108可以使用这些当前动态风险水平来持续重新计算和调整刺激间隔。例如,当睡眠风险变量发生变化以指示用户的疲劳风险不断增加时,可以产生新的动态风险水平来反映增加的风险。

[0047] 用户在使用设备100期间的一般运动可以由运动传感器104测量并且由处理器108处理以创建动态风险水平以及调整刺激水平。此外,处理器108可以记录和识别运动传感器104未检测到用户的可辨别的运动的时间段。这些所识别的时间段也可以由处理器108使用以产生信号并将该信号发送给通知发生器106,从而利用刺激警告用户或向用户提供警报。

[0048] 运动传感器104可以检测一般运动,其然后可以由处理器108进行处理,以通过活动变化记录技术确定用户的休息和/或唤醒周期。活动变化记录是一种监测人的休息/活动周期的非侵入性方法,其涉及测量运动和不运动的阶段,从而预测人(例如用户)是睡着还是清醒。另外,睡眠质量可以基于各次运动之间的时间量或者利用来自生物测定传感器模块105的附加信息来估计。也可以基于来自生物测定传感器模块105的信息来估计睡眠时间和质量。例如,心率的降低或测量的皮肤温度的升高可能指示用户正在睡觉。处理器108可以使用关于用户的活动变化记录和/或生物测定传感器数据来产生基线疲劳风险水平和/或动态风险水平。

[0049] 处理器108还可以使用由运动传感器104测量的用户身体位置的睡眠风险变量来生成用户的基线疲劳风险水平和/或动态风险水平。用户的身体位置(例如站立、坐着、躺下)与用户的警觉度水平相关。例如,如果用户站立而不是坐着或睡觉,则用户可能具有更高的警觉度水平。如果用户的身体位置随时间推移改变,则处理器108可以使用用户的身体位置来生成基线疲劳风险水平并生成动态风险水平。

[0050] 在一个实施方式中,睡眠风险变量包括一个或多个生物标记。生物标记与用户的警觉度水平和/或疲劳风险和/或入睡风险相关。例如,皮肤温度已经表现为与用户的警觉度水平直接相关。在用户的远端身体部位处的皮肤温度的较大骤增与该用户的警觉度水平的降低直接相关。因此,处理器108可以监测在用户身体上的远端位置处测量的皮肤温度来确定用户的警觉度。处理器108还可以使用来自环境温度检测器120的测量值来校正皮肤温度的任何测量值,以基于皮肤温度创建更准确的警觉度估计。

[0051] 处理器108可以使用以生成一般风险水平和动态风险水平的另一睡眠风险变量是由设备100的用户输入的主观警觉度水平。由用户主动输入的主观警觉度水平可以被处理器108并入,以调整或偏移所估计的警觉度水平。例如,设备100的用户可以在用户使用设备100期间的任何时间点输入用户对当前警觉度水平的主观估计。然后,处理器108可以使用用户的主观警觉度输入来生成随时间推移调整的基线疲劳风险水平或动态风险水平。可以使用警觉度或疲劳水平的口头或文本指示、数字表示或图形表示来将用户的主观警觉度输入到设备100中。用户可以在设备100自身上输入主观警觉度水平,或者经由诸如智能电话或个人计算机的远程应用输入。优选地,用户将不能够调整任何产生的基线疲劳风险水平或动态风险水平来反映警觉度的增加,以增加任何计算的刺激间隔。

[0052] 处理器108可以使用用户的主观输入来产生基线疲劳风险水平和动态风险水平。用户的主观输入可以包括关于用户上次睡眠的时间和上一个睡眠阶段的持续时间的信息。在用户没有在前24小时的时间段内穿戴设备的情况下,这可能是有用的,因为设备100将不能够从运动传感器104或生物测定传感器模块105收集数据来通过被动测量确定睡眠时间或持续时间。主观输入还可以包括用户对用户当前疲劳的估计。例如,用户可以选择数字标度上的数字,或者在设备100上选择用户感觉到多少疲劳的视觉表示。视觉表示可以包括图形标度,例如描绘各种疲劳水平的卡通“脸”,用户可以从这些图形标度中进行的选择不表示用户的当前估计疲劳水平。

[0053] 处理器108还可以包含来源于用户的睡眠类型输入的数据的睡眠风险变量以产生一般睡眠风险水平和动态睡眠风险水平。在使用设备100前,用户将优选地回答关于用户的生活习惯和一般健康风险的一组问题。基于用户的回答,可以生成用户的睡眠类型。人的睡眠类型表示该人在24小时时段内的特定时间期间睡眠的倾向。睡眠类型将指示该人是倾向于在晚上熬夜还是在早晨早起,并且指示一个人的睡眠习惯和觉醒习惯。然后将来源于睡眠类型的数据输入到设备100中以供处理器108使用。然后,处理器108可以使用所述数据来产生用户在设备100的使用期间的基线疲劳风险水平和动态风险水平。

[0054] 处理器108还可以使用用户对刺激的每次响应的历史响应性概况来根据规定运动的参数生成用户的响应性趋势线。随着时间的推移,多个历史响应性概况可以被处理器108用作响应性趋势线上的点。这可以由处理器108用来建立相对于趋势线的偏差的阈值。所测量的用户对超过该阈值的刺激的响应可以由处理器108在其生成所述响应的当前响应性概况或历史响应性概况期间识别。如果处理器108确定当前响应偏离趋势线,使得其超过阈值,则处理器可以产生信号并将该信号发送至通知发生器106。

[0055] 处理器108可以处理来自运动传感器104和生物测定传感器模块105的初始和持续/周期性测量值,以确定用户的睡眠驱动或倾向。用户的睡眠驱动可以包括诸如自用户上次睡眠之后的时间(睡眠负债)、用户上次睡眠时段的时长以及用户在上次睡眠时段期间的睡眠质量的因素。来源于运动传感器104的活动变化记录数据可以由处理器108使用以获得关于用户的睡眠和觉醒周期的信息。随着用户的睡眠驱动增加,用户的警觉度趋于降低。睡眠时间和自用户上次睡眠以来的时间的检测可以由处理器108通过对生物标记(诸如心率和皮肤温度)的分析以及指示用户缺乏运动(其将指示睡眠期间的时间)的活动变化记录运动数据相结合来确定。也可以使用其他生物标记。来自传感器104和模块105的初始测量值可用于确定这些因素并计算用户的整体睡眠驱动。可以确定初始睡眠驱动,并且处理器108

可以随着时间推移相应地更新睡眠驱动以针对因素的变化(诸如,从上次睡眠以来的时间的增加等)进行调整。

[0056] 处理器108可以通过确定人在不同时间段内处于哪个睡眠阶段来确定睡眠质量和睡眠持续时间。睡眠阶段可以基于运动传感器104通过活动变化记录技术测量的运动来确定。睡眠阶段可以基于由生物测定传感器模块105获取的生物标记的测量值来确定。这些生物标记可以包括但不限于心率或皮肤温度数据。可以确定的睡眠阶段可包括阶段1至阶段3。阶段1睡眠可以被认为“轻度睡眠”,其中用户可以时而睡着时而清醒,并且可以容易地唤醒。在阶段2睡眠中,眼球运动可能停止,并且脑电波可能变慢。在阶段3睡眠中,脑波可能显著减慢,并且可能非常难以唤醒正经历阶段3睡眠的人。阶段3睡眠可以称为“深度睡眠”。此外,可以通过检测生物测定传感器或运动传感器的变化来识别REM(快速眼球运动)和非REM睡眠的阶段。

[0057] 处理器108可以处理至少一个生物标记的初始测量值以估计用户的个人生理节律。研究已经表明,一天中的用户警觉度可以与用户在用户的生理节律内的位置强烈相关。估计用户的生理节律的能力可以在给定日期中的任何点处提供对用户的警觉度的准确预测。

[0058] 用于估计用户的个人生理节律的生物标记是用户的远端皮肤温度。用户的远端皮肤温度与用户的核心体温相关。核心体温遵循用户的生理节律,并且核心体温将在觉醒时间期间增加并且在典型的睡眠时间期间由于遵循用户的生理节律而降低。因此,用户的警觉度水平也将随着生理节律而改变。因为用户的身体通过经由身体的肢体散发热量来调节核心体温,所以当核心身体热量减少时,肢体的温度增加。因此,用户的远端皮肤温度的测量值可以用于通过将远端皮肤温度与遵循用户的生理节律变化的核心体温相关联来精确地估计用户的个人生理节律。这提供了用户的警觉度水平的模型。

[0059] 远端皮肤温度也可以与用户的褪黑激素水平相关。用户的内源性褪黑激素水平是对用户在个人生理节律内的位置的可靠和准确的指示,因此其是用户的警觉度程度的指示。褪黑激素通常在警觉度降低的时间期间(例如,夜间睡眠之前的时间段)内上升,并且通常在警觉度增加的时间期间下降。皮肤温度通常与褪黑激素水平相关,因为当褪黑激素水平增加时,用户的皮肤温度也与用户的生理节律相关地增加。以此方式,皮肤温度可以用作用于确定用户的褪黑激素的当前水平的相关代表,并且由此确定如由用户在个人生理节律内的位置所确定的用户当前警觉度水平。

[0060] 用于估计用户的个人生理节律和/或褪黑激素水平的人的远端皮肤温度的初始测量可以在用户身体上的各个位置进行,包括脚、手臂、手腕和手。可以并入到处理器108对用户的个人生理节律和/或褪黑激素水平的估计中的生物标记的其他初始测量值可以包括但不限于心脏相关度量。

[0061] 估计用户的个人生理节律的示例可以从用户在测试期间在身体上的远端位置(诸如手腕)处穿戴可穿戴设备100开始。测试期可以具有三天或更多天的持续时间。如果用户疲劳或想睡觉,则用户通常将处于休息状态,即不参与陷于危险的活动。对某些睡眠风险变量(包括诸如皮肤温度的生物标记)进行初始测量,使得收集足够的数据以估计用户的典型生理节律。可以通过生物测定传感器104b以每分钟一次的频率来测量动态皮肤温度至少三天的跨度。在一个示例中,对用户的动态皮肤温度的测量在七天的过程中从用户的手腕

进行(图2)。基于来源于远端皮肤温度测量的数据,处理器108可以估计用户的个人生理节律。在测试阶段期间的生物标记的其他初始测量值也可以用于估计用户的生理节律。

[0062] 用户的身体位置和/或活动的改变可能“遮蔽”用户的个人生理节律的阶段。因此,处理器108可以进行编程以从对用户的个人生理节律的估计中移除这些“遮蔽事件”。该“移除”过程可以包括缩放处理器108接收到的生理节律数据以校正由运动传感器104a测量的身体位置,然后在测试阶段的过程期间对数据取平均。处理器108还可以缩放其接收的生理节律数据,以校正用户在测试阶段期间的任何活动(如由传感器104测量的)。然后,“经校正的”数据可以由处理器108使用以创建对用户的个人生理节律的更准确估计。

[0063] 处理器108还可以基于由处理器108估计的用户的个人生理节律来监测用户在给定时间点位于用户的个人生理节律内的位置。用户在用户的生理节律内的位置可以用于确定基线疲劳风险水平和/或动态风险水平,因为生理节律的位置与用户的响应时间和主观警觉度水平相关。处理器108可以将估计的生理节律与其他经处理的初始测量值(诸如在测试阶段期间采集的规定运动的参数)进行比较,以验证由于生理节律内的位置引起的警觉度与执行规定运动的用户的响应之间的相关性。

[0064] 图2示出了具有去趋势的(“去遮蔽的”)皮肤温度数据的曲线图,其显示了从七天的观察期间取平均后在24小时期间内用户的平均远端皮肤温度。人的生理节律在约24小时的时段内通常是阶段性的。远端皮肤温度较高的时段与较高水平的褪黑激素和个体的个人生理节律中的警觉度水平降低相关,其指示疲劳的阶段。远端皮肤温度较低的时段与个体的个人生理节律中警觉度水平增加相关,其指示警觉的阶段。例如,生理节律可以指示在上午几个小时的警觉度增加的阶段,随后是在下午2点至下午4点的几小时之间的约两个小时的警觉度减少的阶段。这之后可以是下午6点到晚上8点之间的警觉度增加的阶段,其可以被指定为“保持清醒区域”。然后,此“保持清醒区域”之后可以是警觉度的急剧下降和为睡眠进行准备的温度和褪黑激素的增加。示出较高疲劳风险的潜在性和警觉度的较高倾向的阶段在图2上进行标记。

[0065] 处理器108可以将用户在个人生理节律内的位置并入到用于用户入睡的基线疲劳风险水平的产生中。例如,处理器108可以并入用户在用户的个人生理节律内的位置和/或用户的经确定的睡眠驱动,以创建累积的估计基线疲劳风险水平。此外,处理器可以并入用户在生理节律中的位置随时间推移的变化以生成动态风险水平,从而反映生理节律中不同位置处的风险变化。

[0066] 对光的暴露可以影响用户的个人生理节律,例如,对蓝光波长的暴露。对光的暴露可能对用户的生理节律造成“相移”效应。生理节律的“相移”方向取决于人在生理节律中的哪个位置暴露于光。处理器108可以使用由环境光传感器122取得的测量值并确定任何对光的暴露对用户的个人生理节律的影响。在实施方式中,环境光传感器122可以位于生物测定传感器模块105中。环境光传感器122可以位于设备100的下侧,并且通过检测设备100下方的环境光的泄漏来操作。在另一个实施方式中,环境光传感器122可以与生物测定传感器模块105分离。检测到的对光的暴露也可以用于确定用户在用户的个人生理节律内的何处。处理器108可以使用检测到的对光的暴露来预处理生理节律数据,并且产生更精确估计的用户个人生理节律,以及用户在用户的经估计的个人生理节律内的更准确的位置。

[0067] 图1C示出了可穿戴设备100可以根据本发明的方面在其中进行操作的系统125。应

当理解,可穿戴设备100可以以其自身使用,而不具有任何其他部件,例如图1C所示的那些部件。

[0068] 所例示的系统125包括可穿戴设备100、本地远程装置130和非本地远程装置150。根据本发明的方面,可穿戴设备100可以通过本地远程装置130与非本地远程装置150通信。可选地,可穿戴设备100可以与非本地远程装置104直接通信,在此情况下可以省略本地远程装置130。在另外可选的实施方式中,可穿戴设备可能只需与本地远程装置130通信,在此情况下可以省略非本地远程装置150。在另一实施方式中,设备100可以与“云”存储系统通信,并且可以向云端发送数据以用于存储。

[0069] 本地远程装置130包括收发器132,其用于与可穿戴设备100通信并可选地与非本地远程装置150通信。本地远程装置130包括用于控制本地远程装置130的操作的处理器134。处理器134联接到存储器136,存储器136可存储由处理器134执行的指令并用于存储来自处理器134的数据以供稍后检索的指令。

[0070] 本地远程装置130可以包括用于向用户提供视觉和/或听觉通知和/或指令的用户接口138。另外,本地远程装置130可以包括用于与车辆通信的车辆接口140(诸如有线接口或无线接口,例如蓝牙),例如以便使用车辆声音系统进行通知。本地远程装置130可以体现在诸如蜂窝电话的移动装置中。

[0071] 非本地远程装置150包括收发器152,其用于与本地远程装置130通信或直接与可穿戴设备100通信。非本地远程装置150包括用于控制非本地远程装置150的操作的处理器154。处理器154联接到存储器158,存储器136可存储由处理器154执行的指令和用于存储来自处理器154的数据以供稍后检索的指令。

[0072] 非本地远程装置150可以包括用于向另一方(例如,穿戴可穿戴设备100的用户的雇主、教师、家长)提供视觉和/或听觉通知和/或指令的用户接口156。

[0073] 设备100还可以包括用于用户在紧急情况(诸如医疗问题或具有入侵者的情况)下按压的“紧急按钮”160。紧急按钮160可以被按压一次或以规定的模式或运动来按压以通知第三方。非本地远程装置150可以位于与第三方相同的位置。第三方可以是监控公司(诸如Torvec)、调度单元或911呼叫中心。

[0074] 图3示出了用于监测车辆的操作者并通知操作者和/或另一实体的步骤。

[0075] 如从流程图30中可以看出,系统的操作逻辑使得其可以持续地监测设备的穿戴者(即用户)以检查运动,并且如果检测到缺乏运动,则提供警告。如果系统没有接收到响应于警告的确认,或者如果系统在发出执行规定运动的刺激之后检测到用户的警觉度的整体退化,则系统会产生警报或错误。此警报或错误会通知用户(以及可选地用户附近的其他人)系统已经检测到警觉度的降低。其还可以包括在达到预定数目的错误之后,通过到远程信息处理装置的连接或通过电子邮件、记录的语音消息或通过外部电话或智能装置发送文本进行外部通知,诸如警告第三方(例如调度员),和/或可以包括附加的通知和警告响应,诸如如果用户正在操作道路车辆(诸如卡车)时通过至车辆的连接打开车辆的危险闪光装置和/或断开任何巡航控制。对于飞机,如果没有已参与的人,则所述系统可以接合自动驾驶仪来维持当前航向和高度。

[0076] 首先,在步骤300,可以基于任何可用数据生成用户的基线疲劳风险水平。可用数据可以包括用户的健康信息、在穿戴设备之前或穿戴设备期间用户输入到设备中的主观警

觉度水平、由用户输入到设备中的关于上次睡眠的持续时间的睡眠历史和醒来后经过的时长。在一个示例中,可以根据在受控环境(例如,实验室)中收集的数据确定基线疲劳风险水平,并且可以收集附加信息(例如,年龄,性别,药物测试结果)。在另一示例中,可以在非受控环境中确定基线疲劳风险(例如,车辆操作者在操作车辆之前在没有监督的情况下生成车辆中的基线疲劳风险)。在另一示例中,可在生成基线疲劳风险的同时,在受控环境或非受控环境中确定基本响应性概况。可以在步骤300处提示用户执行动作,在此之后,捕获用户的基本响应并且生成基本响应性概况。可以以设定的或随机间隔(例如,每六个月)周期性地确定基本响应性概况和基线疲劳风险水平。

[0077] 还可以基于最初测量的睡眠风险变量来生成用户的基线疲劳风险水平。这种情况如何发生的示例可以从初始测试阶段期间(其可以是几小时或几分钟的短设定时段,或者三天或更多天的更长测试时段)用户在用户身体的位置(诸如手腕)上穿戴可穿戴设备开始。在测试阶段期间最初测量的睡眠风险变量可以包括用户的规定运动、由生物测定传感器模块检测的生物标记、或在用户的估计的个人生理节律内的位置。然后,睡眠风险变量可以用于确定用户的疲劳自然倾向。然后该倾向可以用来确定用户的基线疲劳风险水平。

[0078] 在步骤302,用户可以打开设备。在设备首次打开之后,它将上电并执行其初始化序列。这可以通过诸如以下方式发生:手动打开开关;检测来自与皮肤接触的微电流(即电容性触摸);带中的接触开关,使得扣紧时开关接合;或多个类似方式中的任何其他方式。可选地,可以基于检测驾驶事件的设备/装置、穿戴者或第三方输入的时间表或穿戴者或第三方的手动初始化来动态化初始化序列和用户被监测的时间。驾驶事件可使用来自运动传感器的加速度测量值或来自GPS单元的位置信息来检测。加速度测量值和位置信息还可以用于确定驾驶事件何时已经停止以及是否应当主动监测穿戴者。此装置/设备还可以用于通过测量道路振动的频率、加速度信息和位置信息来监测车辆的运动。这可以帮助穿戴者或第三方监测穿戴者的驾驶行为,诸如驾驶速度、制动率等。

[0079] 在初始化完成后,系统可以在步骤304发起刺激(例如,振动),以便提示穿戴者执行规定动作。然后,该设备可以在步骤306捕获用户的基本响应,生成基本响应性概况(如果先前没有生成或者作为对先前生成的基本响应性概况的更新),并且确保用户可以检测到刺激。

[0080] 在步骤308,计算警报/警告计数器、刺激间隔和定时器,并将它们设置为它们的起始值。主运动监测回路的倒计时定时器被初始化并启动。所生成的基线疲劳风险水平可以被并入至倒计时定时器和用于警告用户执行规定运动的适当刺激间隔的计算中。另外,可以基于用户的基本响应性概况和基线疲劳风险水平的组合来计算适当的刺激间隔。

[0081] 在步骤310,主运动监测回路开始,并且在计时器保持倒计时时持续监测用户的运动。在主运动监测回路内,装置监测来自运动传感器的指示用户的一般运动的信号(运动的被动测量)。如果在倒计时期间检测到任何适当的运动,则用于主运动监测回路的定时器则可以被重置(参见步骤312),并且回路再次开始。主回路中的适当运动是可区分为用户而非车辆的运动的任何运动;例如,转动方向盘或飞行员的操纵杆(yoke);伸手调节驾驶室或驾驶舱中的表盘、旋钮或其他装置;举起杯子喝水;抓痒;摇动手腕;或通常具有运动半径太小而使车辆不能完成的角分量的任何其它运动。在一个实施方式中,穿戴者/用户的运动可以通过大于或等于1厘米并且小于或等于200厘米(例如,1厘米和200厘米之间的半径)的运动

半径来区分。步骤310还可以包括持续监测各种睡眠风险变量,包括从生物测定传感器模块接收的生物标记信号(被动生物测定测量)。可以在用户穿戴设备期间持续地监测来自运动传感器和/或生物测定传感器模块的信号。

[0082] 在步骤312,可以使用一个或多个睡眠风险变量的持续和/或周期性测量来生成用户疲劳的动态风险水平。可以在生成基线疲劳风险水平和/或基本响应度概况之后,通过持续地测量用户的睡眠风险变量(包括生物标记)来获得测量值。不同睡眠风险变量随时间推移的变化可以并入动态风险水平的计算中。然后,在步骤312,这些当前动态风险水平可以用于持续重新计算和调整刺激间隔和/或倒计时定时器。例如,当睡眠风险变量发生变化以指示用户的疲劳风险增加时,可以生成新的动态风险水平来反映增加的风险。

[0083] 另外,可以持续地和/或周期性地测量和处理用户的一般运动,以帮助创建动态风险水平,并且还可以用于在步骤312进一步调整刺激水平。同时,在主回路中,定时器继续倒计时。如果定时器达到零,则在给定时间量内监测用户的任何运动。如果时间过去而用户没有参与到活动中,则可以发出执行规定运动的刺激(参见步骤318)。该循环可以取决于操作者而设置成例如在15秒和45秒之间,默认值为30秒。在系统开始看到响应时间的轻微退化的情况下,可以缩短该定时器间隔。

[0084] 此外,可以记录和识别用户没有可辨别运动的时间段。这些标识的时间段也可以用于在步骤316向用户发出警告以准备刺激(其也可以在倒计时定时器已经到期之后发生,如流程图所示)。可以发出警告以允许用户准备好响应刺激。在由于用户在延长的时间段内缺乏运动而发出警告之后,开始二次回路,其中监测用户的任何进一步的活动和/或运动。如果发生运动和/或活动,则设备在步骤316等待预定秒数(x秒)后并再次监测用户的运动。如果存在另一活动缺乏,则系统可以在步骤318再次向用户发出警告和/或向用户提供进行规定运动的刺激。另外,设备可以向第三方(例如,调度员)通信警告和/或向用户提供警报或错误。

[0085] 在步骤318施加于用户的刺激可以改变强度。刺激可以在刺激的整个应用期间以较低的强度开始并且增加幅度(例如,声音和/或振动强度的增加)。依据穿戴者感知到刺激的时间,如根据何时检测到响应于刺激的适当运动所确定的,可以进一步确定用户的警觉度。例如,如果在施加刺激之后不久检测到穿戴者/用户响应了低强度刺激,则这可以指示与穿戴者允许刺激随着时间推移而增加强度直到穿戴者适当地进行响应时相比具有更高的警觉度水平。

[0086] 在发出刺激后,系统可以启动计数定时器。其测量穿戴者响应于刺激执行特定运动所花费的时间量。对刺激的响应可以是穿戴者的手腕抖动(即,手动)。当检测到此运动时,随后捕获响应时间和其他响应参数。如果在预设时间量内未检测到运动,则向用户发出警报或错误,并且启动错误/警报计数器,以在步骤320处增加向用户发出的错误或警报的数量。在一个实施方式中,此预设时间量为5秒。在这发生的情况下,发出警报或错误(例如,通过设备或与设备通信的另一装置),并且警报计数器增加。如果增加的错误或警报的数量小于预定数量(N),则给出另一刺激。如果没有再次检测到运动,则警报可以升级,并且在步骤322发送任何警报,诸如联系中央调度或打开危险警示灯。当增加的错误/警报的数量超过预定数量N时,可以发出警报。可以确定动态风险水平的预定阈值。在实施方式中,可以基于超过该阈值的更新的疲劳动态风险水平向用户发出错误/警报。在另一个实施方式中,可

以基于超过阈值的更新的动态风险水平向第三方发出警告。在发出警告之后,系统可以继续监测传感器,如步骤310所示,并且此循环继续。

[0087] 如果穿戴者在可接受的时间量内对警报做出响应,则在步骤324测量响应参数。可以从参数的数据生成当前响应性概况。每个当前响应性概况也可以被存储为历史响应性概况。可以将来自当前响应性概况的参数与已经存储的历史响应性概况的参数进行比较。例如,当前响应性概况的响应时间可以与历史响应性概况的先前存储的响应时间进行比较。还可以生成基于历史响应性概况的趋势线,以及趋势线的预定阈值。如果随着时间的推移绘制的趋势线超过阈值,则其可以指示用户的响应参数的显著退化。

[0088] 在步骤324,可以将当前响应性概况与基本响应性概况进行比较。总体基本响应性概况可以具有相关联的预定阈值,或者特定参数可以具有预定阈值和相对于基本响应性概况相对应的特定偏差(例如,相对于某个参数的基本响应的两个标准偏差)。如果当前响应性概况偏离使得超过预定阈值,则其可以指示用户的响应参数的显著退化。

[0089] 如果存在由当前响应性概况与历史响应性概况和/或基本响应性概况的比较指示的显著退化,则可以提供错误或警报(例如,向用户)和/或向第三方发出警告,以指示用户开始失去注意力和响应时间。如果没有退化(即,参数在适当范围内),则系统返回到主监测回路。如果存在轻微的退化,则系统可以在步骤312缩短倒计时定时器值(例如,5秒)和/或在步骤312贡献指示轻微退化的数据以在返回主监测回路之前为主监测回路生成动态风险水平。

[0090] 当用户/驾驶员已经在相对直的路径上长时间段地操作车辆时,可能发生“无聊驾驶”效应。在这种情况下下的驾驶员可能进入无聊时期,其将转化为减少的运动和相应的警觉度降低。因此,可穿戴设备/装置可以通过检测在长的直线路径上的减少的移动来检测此类无聊时期。当显著运动之间的时间增加时,可以估计驾驶员的“无聊驾驶”并将驾驶员的“无聊驾驶”并入到增加例如驾驶员的疲劳动态风险水平的计算中(从而有助于调整和减小刺激间隔)。距驾驶员的最后显著运动的时间越长,风险越高。在检测到驾驶员的显著运动后,无聊驾驶可以重置。

[0091] 可穿戴设备/装置还可以用于在驾驶员正在驾驶时检测指示困倦的运动。可以指示困倦的运动包括但不限于驾驶员手臂的突然下降或方向盘的运动的变化。设备/装置100的运动传感器104可以检测此类运动,并且设备/装置可以增加例如动态风险水平并相应地减小刺激间隔,和/或向驾驶员生成驾驶员应停止驾驶和休息的警告。装置/设备还可以向驾驶员提供驾驶员在警觉度标度上的位置的指示。

[0092] 接下来参考图4,其示出了用于监测用户的警觉度的步骤的流程图40。在框400处,用户将可穿戴设备附接到他或她的身体上。该设备可以是腕带,类似于上面参照图1A、图1B和图1C描述的腕带。在一个实施方式中,可穿戴设备是独立的,使得所有功能在设备内(例如,设备中的电子器件)进行。在另一个实施方式中,可穿戴设备与外部装置(诸如智能电话、移动应用、中央服务器等)一起使用并且与其通信。

[0093] 在框402处,生成用户的基本响应性概况。当可穿戴设备置于初始化模式时(例如,当设备附接到用户时激活,经由控制器激活,从软件应用、移动装置,中央服务器等激活)可生成基本响应性概况。基本响应性概况用作基线概况,相对于该基线概况来测量用户的未来活动响应。在一个示例中,可在受控环境(例如,实验室)中确定基本响应性概况,并且可

以收集附加信息(例如,年龄,性别,药物试验结果)。在另一示例中,可以在非受控环境中确定基本响应性概况(例如,车辆操作者在没有监督的情况下生成在车辆中的基本响应性概况)。可以以设定的或随机的间隔(例如,每隔六个月)周期性地确定基本响应性概况。

[0094] 可以根据用户的腕部、手臂、肘部和/或可穿戴设备可以通过其检测运动的其他身体部位的规定运动的一个或多个初始测量值来生成基本响应性概况。基本响应性概况可以根据用户对规定运动的一个或多个表现产生。在执行规定运动的多个表现的情况下,可以通过对从规定运动的表现获得的参数取平均来生成响应性概况。另外,用于生成基本响应性概况的规定运动可以以设定的或随机的间隔进行改变(例如,以防止规定的运动成为惯例,并因此可能在确定警觉度方面不太有效)。在一个实施方式中,可以根据相应的不同规定运动生成两个或更多基本响应性概况。

[0095] 在实施方式中,规定运动是手的特定旋转(以及通过腕部和前臂的伸展)。例如,规定运动可以要求用户将附接至包括可穿戴设备的腕部的手围绕至少一个轴(例如,在用户的肘部和腕部间延伸的单轴)在第一方向上从起始位置旋转特定度数,并且反转手的旋转方向以将手返回到起始位置。规定运动可能需要用户将手从特定位置旋转到特定位置的约90度(± 5 度)和约180度之间并返回到起始位置。在实施方式中,规定运动需要用户将手在约100度和约120度之间旋转并返回到起始位置。在实施方式中,一个规定运动可以是手打开的,而另一个规定运动可以是手以拳头闭合的相同运动。应注意的是,某些规定运动(或其部分)相比其他规定运动/部分可以在更短的时间段内完成(例如,用户通常可用其手完成的从旋前到旋后的运动比从旋后到旋前的运动快)。运动中的这类区别可以用于选择适当的规定运动,其在确定警觉度的退化方面是最有效的。

[0096] 在规定运动需要手的旋转的实施方式中,手的旋转导致可由集成到可穿戴设备的传感器检测的加速度的变化是有利的。用户的手的规定运动可能需要手(与腕部和前臂一起)绕至少一个轴(例如,在腕部和肘部之间,沿着前臂延伸)的旋转。在一个示例中,可以要求用户以其手在大约旋后位置600(图6)处开始,将其手(与腕部和前臂一起)经过中立位置602朝向旋前位置604旋转,并且将其手返回到大约旋后位置600。在另一个示例中,可以要求用户在大约旋前位置604以其手开始,使手经过中立位置602朝向旋后位置600旋转,并且使其手返回到大约旋前位置604。在另一示例中,可以要求用户以其手在中立位置602开始并且将手、腕部和前臂旋转经过旋后位置600和/或经过旋前位置604(例如,模仿从有液体的玻璃杯中倒出水并使玻璃杯返回到直立位置)。本领域的技术人员将根据本文的公开内容理解适合于规定运动的用户的手、腕部和前臂的各种旋转,以产生响应性概况。

[0097] 产生基本响应性概况以检测用户的响应性、警觉度和/或表现的降低。因此,测量与规定运动相关联以生成基本响应性概况的各种参数,以增加响应性退化检测的准确性和/或可靠性。参数可以包括总时间、反应时间、运动时间、加速度变化率(jerk)、加速度、速度和/或运动范围。基本响应性概况可以是这些参数中的一个或多个参数和/或这些参数中的一个或多个参数的组合(例如,平均值)。

[0098] 总时间是从刺激到完成规定运动所经过的时间。例如,可穿戴设备可以振动以作为刺激,从而提示用户执行规定运动。因此,从振动到用户完成规定运动所经过的时间是作为对基本响应性概况测量的参数的总时间。

[0099] 反应时间是从第一定义事件(例如,刺激)到第二定义事件发生所经过的时间。在

一个实施方式中,第二定义事件是规定运动的开始。在另一个实施方式中,第二定义事件是可检测的响应。在又一个实施方式中,第二限定事件是在规定运动期间方向的反转。可穿戴设备可以振动和/或产生声音以提供刺激,其提示用户进行响应(例如,开始规定运动)。因此,从可穿戴设备振动或发出声音到用户开始规定运动所经过的时间可以是响应时间,其作为对基本响应性概况所测量的参数。

[0100] 运动时间是从响应开始到响应结束所经过的时间(例如,执行规定运动的时间)。例如,可穿戴设备可以振动以指示用户开始响应(例如,开始规定运动)。从规定运动开始到规定运动完成所经过的时间是作为对基本响应度概况测量的参数的运动时间。

[0101] 速度是在规定运动中可穿戴设备的位置随时间推移的变化率。例如,规定运动可能需要用户旋转手、腕部和/或前臂。速度可以用作参数以在用户响应刺激时表现为速度的减小或增加。

[0102] 加速度是指在规定运动中可穿戴设备的速度随时间推移变化的速率。加速度变化率是指在规定运动中可穿戴设备的加速度随时间推移变化的速率。

[0103] 运动范围是例如腕部、手或前臂在规定运动期间旋转的运动的程度和/或量。例如,可穿戴设备可以振动以作为刺激来指示用户开始规定运动。用户在刺激之后旋转手、腕部和/或前臂的量是作为对基本响应性概况测量的参数的运动范围。

[0104] 对基本响应性概况测量的上述参数是示例性的而不是排他性的。预期可以测量其它参数(例如速度、加速度变化率等)以产生基本响应性概况。本领域的技术人员从本文的公开内容将理解其他此类适当的参数。当执行多个规定的运动以生成基本响应性概况时,可以对来自规定运动的参数取平均值以生成基本响应性概况中的参数。

[0105] 当用户具有高的警觉度水平时,应当生成基本响应性概况,使得可以在未来的测量中准确地检测到表现和警觉度的退化。在一个实施方式中,在受控环境(诸如实验室)中确定基本响应性概况。在使用中,一旦可穿戴设备处于初始化模式中,用户就执行规定运动,并且设备(或移动装置,移动应用,中央服务器等)测量总时间、响应时间、运动时间、加速度、运动范围和/或其他参数,并且将那些测量的参数(和/或来自多个表现的每个参数的平均值)存储为响应性概况的基线。将参数的未来测量值与响应性概况的此基线进行比较以检测用户的警觉度和/或表现的退化。

[0106] 在框404处,可以通过使用用户的睡眠风险变量中的一个或多个的初始测量值来生成基线疲劳风险水平。可以适于在此步骤使用的睡眠风险变量包括但不限于在用户的估计的个人生理节律内的位置、用户的生物标记、以及来源于用户的睡眠类型调查的数据。

[0107] 在框406处,可以基于基本响应性概况和/或基线疲劳风险水平为用户计算适当的刺激间隔。例如,用户可以具有高基本响应性概况,其对应于更长的刺激间隔,因为响应性概况指示更高的基本警觉度水平。在另一个示例中,用户可以具有低的基本响应性概况,对应于由于用户感知到的较低的基本警觉度水平的较短刺激间隔。在又一个示例中,基线疲劳风险水平可以与所生成的基本响应性概况一起并入到适当的刺激间隔的计算中。

[0108] 在框408处,通过向用户提供刺激来启动警觉度测试。可以根据所计算的刺激间隔提供刺激。在用户正在执行需要警觉度的任务(例如,驾驶,学习等)时,启动警觉度测试。警觉度测试可以配置成以特定间隔启动。例如,测试可以配置成每隔6分钟到10分钟启动一次,在每个6分钟到10分钟间隔期间的随机时间启动,和/或响应于预定的运动/不运动(例

如,当活动水平低于预定阈值持续预定时间段时)。在实施方式中,可以响应于预定义的刺激(例如,检测到的车道变化或转弯)来延迟测试。在实施方式中,刺激间隔可以期满,并且对用户的刺激到期。然而,运动传感器104在设备100另外发出刺激时感测运动。刺激可以被延迟以适应用户活动的这个时期。例如,可穿戴设备可以配置成检测指示关键车辆操作(例如,车道改变或转弯)的运动,并且响应于此检测延迟警觉度测试。在另一个实施方式中,可穿戴设备包括允许用户手动延迟测试的机构(例如,外部按钮;未示出)。时间间隔可以由用户、管理员和/或其他实体调整。

[0109] 实施方式还可以向用户发出“排队”警告以使用户准备刺激。这向用户指示刺激即将到来。然后,用户可以准备好在施加警告刺激时执行规定运动,其可以使反应时间和响应时间标准化。

[0110] 当启动警觉度测试时,可穿戴装置可以产生提示用户进行响应的刺激(例如,开始规定的运动)。刺激可以是可穿戴设备的振动,来自可穿戴设备的音频警告和/或由移动装置、移动应用等产生的警告。在一个实施方式中,规定运动可以周期性地改变(例如,每次,每几次或每六个月)。在一个实施方式中,可以提示用户执行多个规定运动中的一个动作,其可以以周期性和/或在随机基础上改变。例如,有时可以提供刺激(例如,单个相对较长的振动)以提示用户执行第一规定运动,诸如将手打开的运动,并且可以在其他时间提供另一刺激(例如,两个相对较短的振动)以提示用户执行第二规定运动,例如将手闭合的相同运动。

[0111] 在框410处,收集来自规定运动的数据,并且从所收集的数据生成当前响应性概况。数据可以由可穿戴设备、移动装置、移动应用、中央服务器和/或其组合收集。可通过记录先前用于生成基本响应性概况(例如,总时间、响应时间、运动时间、加速度变化率、加速度、运动范围等)的相应规定运动的参数来收集数据。可以处理数据以生成当前响应性概况。例如,来自收集的数据的一个或多个参数可以用于生成当前响应性概况。当前响应性概况也可以被存储为历史响应性概况。预期对刺激可以不发生响应(例如,用户在预定的可允许时间量内响应于刺激不执行运动)。在此类情况下,可穿戴设备、移动应用、移动装置和/或中央服务器可以配置成生成指示对刺激没有响应的警报。警报可以被通信给监测用户的第三方,和/或可以是可听的/可视的/等,使得用户(或附近的其他个体)可以感知到该警告。

[0112] 在框412处,将从收集的日期生成的当前响应性概况与在框402处生成的对应规定运动的基线响应性概况进行比较。在一个示例中,将从响应测量的一个或多个参数与来自基本响应性概况的一个或多个相应参数进行比较。每个参数可以用于计算表示用户的当前响应度的响应度值。

[0113] 在框414处,如果从收集的数据生成的当前响应性概况与基本响应性概况相比相差预定阈值,则向用户生成错误和/或向第三方生成警告。预定阈值可以基于每个单独的参数或参数的组合。确定阈值使得通过不同阈值指示足够显著的警觉度退化或表现退化以设定错误,其转而生警告。在一个实施方式中,如果当前响应性概况中的至少一个参数与基本响应性概况中的相应参数相差两个标准偏差,则产生警告。警告可以以可听、可视的形式或其他形式的可感知警告提供给用户。在一个实施方式中,警告经由移动装置、移动应用、中央/远程服务器等提供给除了用户之外或替代用户的第三方。警告之后的警觉度测试之

间的时间间隔可以减少,使得进行更多警觉度测试以监测用户的警觉度。在此类实施方式中,一旦用户的响应在基本响应性概况的预定阈值内返回,则警觉度测试之间的时间间隔恢复到原始间隔。然后,测量的响应可以在框416处存储为历史响应性概况。然后,可以将这些历史响应性概况用于将来的比较,如框418至框422所述。

[0114] 在框418处,将当前响应性概况与一个或多个存储的历史响应性概况(例如,继基本响应性概况之后的当前响应性概况之前的一个或多个历史响应性概况)进行比较。这可以在当前响应性概况在框410处生成并且具有可用的存储的历史响应性概况之后发生。还可以在将当前响应性概况与一个或多个历史响应性概况进行比较的同时将当前响应性概况与基本响应性概况进行比较。

[0115] 先前测量的响应可以存储在可穿戴设备、移动应用、移动装置、中央服务器等上。如果当前响应性概况与历史响应性概况存在显著偏差,则可以向用户生成错误和/或向第三方生成警告,即使两个响应性概况都在框414处描述的基本响应性概况的阈值内。例如,历史响应可以指示用户的响应性是高于基本响应性概况的一个标准偏差,并且当前响应可以指示用户的响应度是低于基本响应性概况的一个标准偏差(例如,与历史响应性概况的两个标准偏差的差)。虽然两个响应都在框414的阈值内,但是系统可以配置成使得响应性的显著降低(例如,两个标准偏差)足以向用户和/或第三方生成警告。

[0116] 在框420处,生成响应性趋势线。基于先前测量的响应的历史响应性概况生成响应性趋势线,使得可以在一段时间内观察用户的响应性。例如,趋势线可以表示先前记录的响应的平均值。

[0117] 在框422处,如果趋势线落在预定阈值之外,则生成警告。在此类情况下,尽管用户的响应充分在框414描述的阈值内,使得基于个体响应没有生成警告,但是响应性趋势线可以指示用户在一段时间内的响应性的逐渐降低。在一个实施方式中,如果响应性在一段时间内减小预定量(例如,响应性概况的约10%),则生成警告。警告可以由设备、移动应用、移动装置、中央服务器等生成,和/或由监测用户的第三方生成。

[0118] 在实施方式中,系统可以预测用户的警觉度何时可能减小到他们应当停止执行某些事务(例如,车辆行驶)的点。预测可以基于趋势信息以及可选地基于其他信息(例如,操作者年龄)来确定用户的警觉度何时可能落在可接收水平以下。例如,系统可以预测用户能够继续驾驶一段时间(例如,另一个90分钟),但是应当然后休息一段时间(例如,四个或更多个小时)。系统还可以向用户显示警觉度标度和用户在警觉度标度上的位置,以帮助用户做出关于用户以安全方式保持在任务上的能力的知情决定。

[0119] 在框424处,在生成基线疲劳风险水平之后,可随着时间周期性地继续测量多个睡眠风险变量中的至少一个睡眠风险变量。当在框414和/或框422处生成警报和/或错误之后,此循环可以重复和/或继续,并且持续测量睡眠风险变量。至少一个睡眠风险变量(优选地但不限于用户对每次刺激的响应的当前响应性概况或历史响应性概况、生物标记和用户在用户的个人生理节律内的位置)的测量用于检测测量的睡眠风险变量随时间的变化。基于持续测量的睡眠风险变量的变化,可以在框426处生成用户入睡或达到危险疲劳水平的动态风险水平。然后所产生的动态风险水平可用于调整适当的刺激间隔。例如,指示用户的警觉度正在下降的历史响应性概况或当前响应性概况可以用于结合其他持续测量的睡眠风险变量来生成当前的动态风险水平。然后可以将所产生的动态风险水平并入到适当的刺

激间隔的计算中,调整其使得在刺激之间的间隔较短以反映用户降低的警觉度。

[0120] 设想了用于监测用户的警觉度所公开的系统和方法的其他功能。例如,系统可以允许第三方经由与可穿戴设备配对的移动应用或移动装置对用户进行实时监测,使得第三方可以做出关于是否生成警告的实时决定。参数和阈值的参数可以是实时可调节和/或可定制的,以适合特定环境(例如,在夜间驾驶时设定更严格的阈值)。多个规定动作可以用于生成响应性概况,并且系统可以配置成当用户完成多个规定运动中的一个时确定用户收到警告。所有功能可以包括在可穿戴设备内,或者可以在移动装置和远程服务器之间分开。移动应用(例如,智能电话应用)可以用于使可穿戴设备与移动装置配对。

[0121] 图5示出了可以执行以监测警觉度并且通知穿戴该设备的用户或第三方由于高度疲劳,用户应该睡觉或小憩一下的步骤的流程图50。下面参考图1A、图1B和图1C中的部件来描述流程图500的步骤。根据本文的描述,本领域的技术人员将理解用于进行这些步骤的其它适当的部件。

[0122] 首先,在步骤500,可以基于任何可用数据生成用户的基线疲劳风险水平。可用数据可以包括用户的健康信息、在穿戴设备之前或穿戴设备期间用户输入到设备中的主观警觉度水平、由用户输入到设备中的关于上次睡眠的持续时间的睡眠历史和醒来后经过的时间。在另一个示例中,可在生成基线疲劳风险的同时确定基本响应性概况。

[0123] 还可以基于最初测量的睡眠风险变量来生成用户的基线疲劳风险水平。在测试阶段期间最初测量的睡眠风险变量可以包括用户的规定运动、由生物测定传感器模块检测的生物标记、或在用户的估计个人生理节律内的位置。然后,睡眠风险变量可以用于确定用户对疲劳的自然倾向。然后可以使用该倾向来确定用户的基线疲劳风险水平。

[0124] 在步骤502,用户可以打开设备。在设备首次打开之后,它将上电并执行其初始化序列。在初始化完成后,系统可以在步骤504发起刺激(例如,振动),以便提示穿戴者执行规定动作。设备可以在步骤506捕获用户的基本响应,生成和/或更新基本响应性概况(如果先前没有生成或者作为对先前生成的基本响应性概况的更新),并且确保用户可以检测到刺激。如果先前没有生成基线疲劳风险水平,或者可以更新基线疲劳风险水平,则也可以生成基线疲劳风险水平。

[0125] 在步骤508,计算警报/警告计数器、刺激间隔和定时器,并将其设置为它们的起始值。主运动监测回路的倒计时定时器被初始化并启动。所生成的基线疲劳风险水平可以被并入到倒计时定时器和适当的刺激间隔的计算中,以用于警告用户执行规定运动。另外,可以基于用户的基本响应性概况和基线疲劳风险水平的组合来计算适当的刺激间隔。

[0126] 在步骤510,设备可以持续地和/或周期性地监测来自运动传感器的指示用户的一般运动的信号(运动的被动测量)和从生物测量传感器模块接收的生物标记信号(被动生物测量)。来自运动传感器和/或生物测定传感器模块两者的信号可以在用户穿戴设备期间被持续地监测,以获得用户疲劳的被动进行的测量。

[0127] 在步骤512,可以将用户运动和生物标记的持续和/或周期性被动测量值进行分析和/或与基线疲劳风险水平进行比较。用于一个或多个被动测量值的先前确定的阈值可以用于确定被动测量值是否指示疲劳的严重增加。如果分析的被动测量值超过阈值,则可以认为测量值超过可接收的疲劳范围。持续和/或周期性被动测量值还可以用于调整警报/警告计数器、刺激间隔和定时器。主动测量路径涉及用户刺激,然后可以继续响应。例如,可以

执行如图3所示的主动测量路径。

[0128] 另选地,在步骤516,可以使用运动和生物标记的持续和/或周期性被动测量值来产生用户疲劳的动态风险水平。可以在生成基线疲劳风险水平和/或基本响应度概况之后,通过持续地测量用户的睡眠风险变量(包括由生物测定传感器模块感测的生物标记)来获得测量值。不同睡眠风险变量随时间的变化可以并入动态风险水平的计算中。然后,在步骤514,这些当前动态风险水平可以用于持续重新计算和调整刺激间隔和/或倒计时定时器。例如,随着在睡眠风险变量中出现变化以指示用户增加的疲劳风险,可以生成新的动态风险水平来反映增加的风险。从步骤514,可以继续主动测量路径的步骤(参见图3作为示例),并且可以返回到在框510吹嘘持续监测传感器。

[0129] 操作逻辑的流程使得做出关于动态风险水平和/或被动测量值是否在可接受的疲劳范围内的决定。这可以包括确定被动测量值是否超过预定阈值和/或确定动态风险水平是否指示用户的严重疲劳。如果被动测量值和/或动态风险水平在可接受范围内,则在步骤510,设备可以简单地继续被动监测生物测定传感器模块和运动传感器。然而,如果被动测量值和/或动态风险水平落在可接受的范围之外,则可以向用户发出警报或错误以进入睡眠时段(例如小憩一下),以避免由疲劳导致的任何问题或危险(参见步骤518)。在一个实施方式中,可以向第三方(例如,调度员)发出警告,指示用户应该入睡以防止由疲劳导致的危险(参见步骤518)。这可以向第三方提供与用户通信的机会以进一步强调用户对休息或睡眠的需要。

[0130] 图7示出了可以被执行以监测警觉度并通知穿戴可穿戴设备的用户正表现出警觉度减弱的迹象(例如疲劳)的步骤的流程图700。以下参考图1A、图1B和图1C中的部件来描述流程图700的步骤。根据本文的描述,本领域的技术人员将理解用于进行这些步骤的其它适当的部件。

[0131] 在步骤702,可以监测用户/穿戴者的运动。处理器108可监测来自运动传感器104和生物统计传感器模块105的温度和运动输出(例如,来自温度传感器/运动传感器/陀螺仪/加速度计)。温度传感器和/或电容式触摸传感器可用于确定是否实际上正靠着用户的皮肤穿戴设备100。运动输出可以用于监测可穿戴设备100的运动。

[0132] 在步骤704,评估所监测的运动和/或生物标记以确定是否存在可接受的运动和/或生物警觉度指示。可以通过处理器108将从运动传感器104接收的信息与一个参数或多个参数进行比较来评估可接受的运动。可以通过处理器108将从生物测定传感器模块105接收的信息与一个范围或多个参数进行比较来评估可接受的生物警觉度指示。该参数可能缺乏10秒的显著运动(指示用户由于疲劳已经入睡)。可以存在用于确定缺乏显著运动的其他适当长度的时间。该参数还可以是例如远端皮肤温度的显著增加。

[0133] 可以采用其他算法来确定用户疲劳。时钟112可以能够测量时间,以允许确定主监测周期的期满以及测量操作者的响应时间两者。操作者的响应时间以及记录的温度和时间可以存储在存储器110中,例如,使得在远程信息处理系统通信不可用的情况下,调度员可以稍后验证可穿戴设备100正被正确穿戴。

[0134] 处理器108可以配置成区分用户的运动和其他运动,例如车辆(诸如卡车)的运动。这可以通过非限制性示例的方式以跟踪相对小的半径角运动来实现。这些运动的示例包括腕部的旋转、手臂在肘部的卷曲、手臂从肩部的摆动或手围绕方向盘的旋转。所有这些类型

的运动产生角旋转角度,角旋转角度太小以使得卡车的驾驶室在转动或通过卡车的任何正常运动不能产生。此外,通过查找角运动,装置可以忽略诸如由不平的路面、骑行在道路上的垂直位移或那些由风对卡车的抖振引起的线性加速度。

[0135] 处理器108可以编程成基于来自运动传感器104a的输入来识别其运动半径在1厘米和200厘米之间的角运动。该范围的低端除去考虑由于振动引起的小的角位移,并且该范围的高端除去考虑例如大规模径向运动,诸如来自转动卡车。

[0136] 如果未检测到用户的可接受运动,则在步骤806通知穿戴可穿戴设备100的用户。可穿戴设备100内的振动装置(例如偏置重量旋转器)和/或音频音调发生器可以向用户提供提醒信号和警告。还可以通知与用户相关联的其他人(例如,雇主/教师/家长)。收发器114可以用于在任何操作者警告的情况下通知远程信息处理装置或智能电话应用。

[0137] 在车辆操作者的情况下,系统可以处理所测量的车辆的正常运动并且寻找可辨别的运动,诸如换挡,打开收音机、饮水或甚至有意的手腕抖动。如果操作者在没有做任何这些可辨别的运动的情况下进行一段时间,则会产生错误,从而产生不引人注意的警告,该警告将通知操作者他必须进行运动-例如有意的手腕抖动。这将重新启动运动监测回路。此外,其将记录警告信号和检测到的运动之间的响应时间。如果操作者在合理的时间量内没有进行可辨别的运动或者操作者的响应时间持续降低(疲劳的症状),则系统发出可由操作者(以及可选地在操作者附近的其他人)感知的警报,建议他可能太累了不能开车。如果连接到远程信息处理系统,例如,该警报也可以发送给调度员。

[0138] 在本发明的实施方式中,设备100还可以由诸如执法机关的第三方使用,以确定诸如驾驶员的用户是否处于最低警觉度水平从事诸如驾驶的活动。因此,设备100可以用作呼吸分析仪的替代方案,以测量驾驶员对操作车辆的适合度。警觉度水平可能受到不同问题的影响,诸如使用酒精、药物、医疗问题和疲劳。这些问题可能导致驾驶员的警觉度下降到使得驾驶员可能被认定为“受损”的程度。因此,设备100可以确定用户/驾驶员的警觉度以确定用户/驾驶员是否受损,并且用户/驾驶员的受损状态可以由执法部门使用,作为对于呼吸分析仪的替代。

[0139] 设备100及其部件还可以用于检测穿戴该设备的用户是否跌倒和何时跌倒。使用一个或多个运动传感器104,设备100可以通过检测朝向地面的快速加速度或利用重力的拉力来确定用户已经跌倒。设备可以配置成向第三方发送警告,例如,调度员,向第三方通知用户的跌倒状态。这将允许第三方发送紧急人员或建立与用户的联系以确定用户的健康或状态。

[0140] 设备100可以配置成将用户从小憩或睡眠时段唤醒。例如,设备100可以基于被动生物测定和运动测量值来检测用户何时入睡,然后在预定睡眠持续时间(例如20分钟)使用警报唤醒用户。用户还可以在入睡之前输入所需的休息时间,并且设备100可以配置成在该时间期满后向用户发出警报。在另一个实施方式中,设备100可以基于用户已经入睡的检测以及被动生物测定和运动测量值的检测来确定用警报将用户唤醒的最佳时间。被动测量值可以用于确定用户在生理节律中的位置和/或确定用户在用户的REM睡眠周期内的位置,以确定唤醒用户的最佳时间。

[0141] 设备100还可以配置成用作改善用户的健康的工具。设备100的部件可以用于测量用户的运动和各种生物标记,以指示身体活动和休息时段。例如,可以在身体活动(例如运

动)期间监测用户的心率,以帮助支持用户尝试改进健康并监测进展。所监测的运动可以用于确定身体活动期间使用的精力水平。设备100可以是手表的形式。

[0142] 设备100可以并入机器学习技术来检测诸如用户警觉度降低和/或睡眠的事件。机器学习技术是指使用神经网络和/或其他模式识别技术来训练系统或设备100,以通过并入线性和非线性变量来检测不同的事件。机器学习技术可以累计变量以确定和生成基线疲劳风险水平、动态风险水平和/或基本响应性概况。

[0143] 设备100还可以用在疲劳管理工具处以帮助用户减少在苏醒时间期间的疲劳。通过观察用户在一段时间内入睡的风险水平的变化以及设备100提供的其他数据,设备100可以在疲劳管理训练期间用作工具以监测进展。当用户利用设备100在日间活动期间监测他或她的睡眠模式和/或疲劳时,设备100可以向用户或第三方提供关于用户的日常信息和实时疲劳数据的信息。设备100还可以监测和跟踪用户的睡眠驱动、睡眠负债、睡眠持续时间和睡眠质量的改善,并且可以与用户或第三方共享此改善。

[0144] 尽管本文参照具体实施方式例示出和描述了本发明,但是本发明并不旨在局限于所示的细节。相反,在不脱离本发明的情况下,可以在权利要求书的等同的范围内对细节进行各种修改。

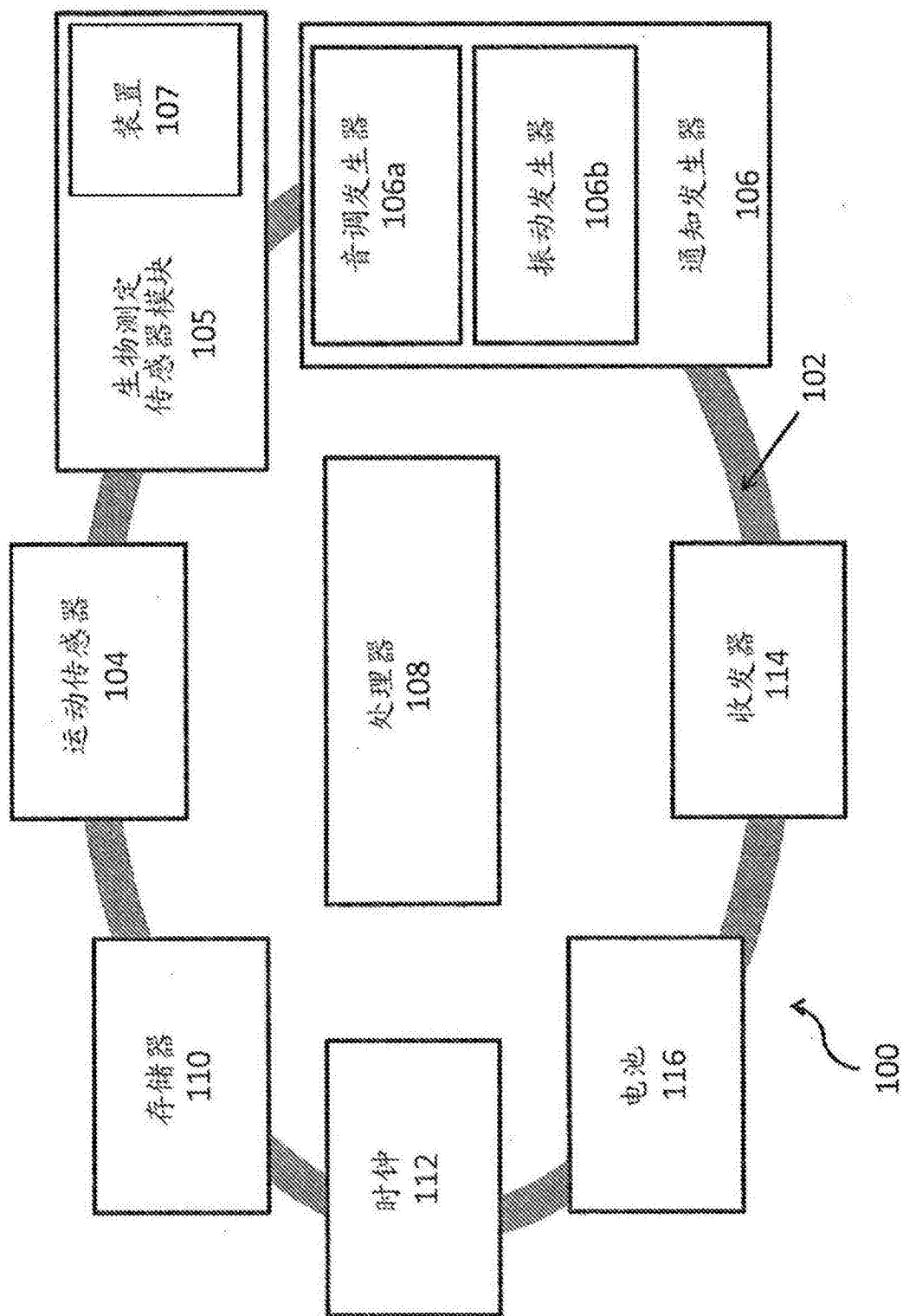


图1A

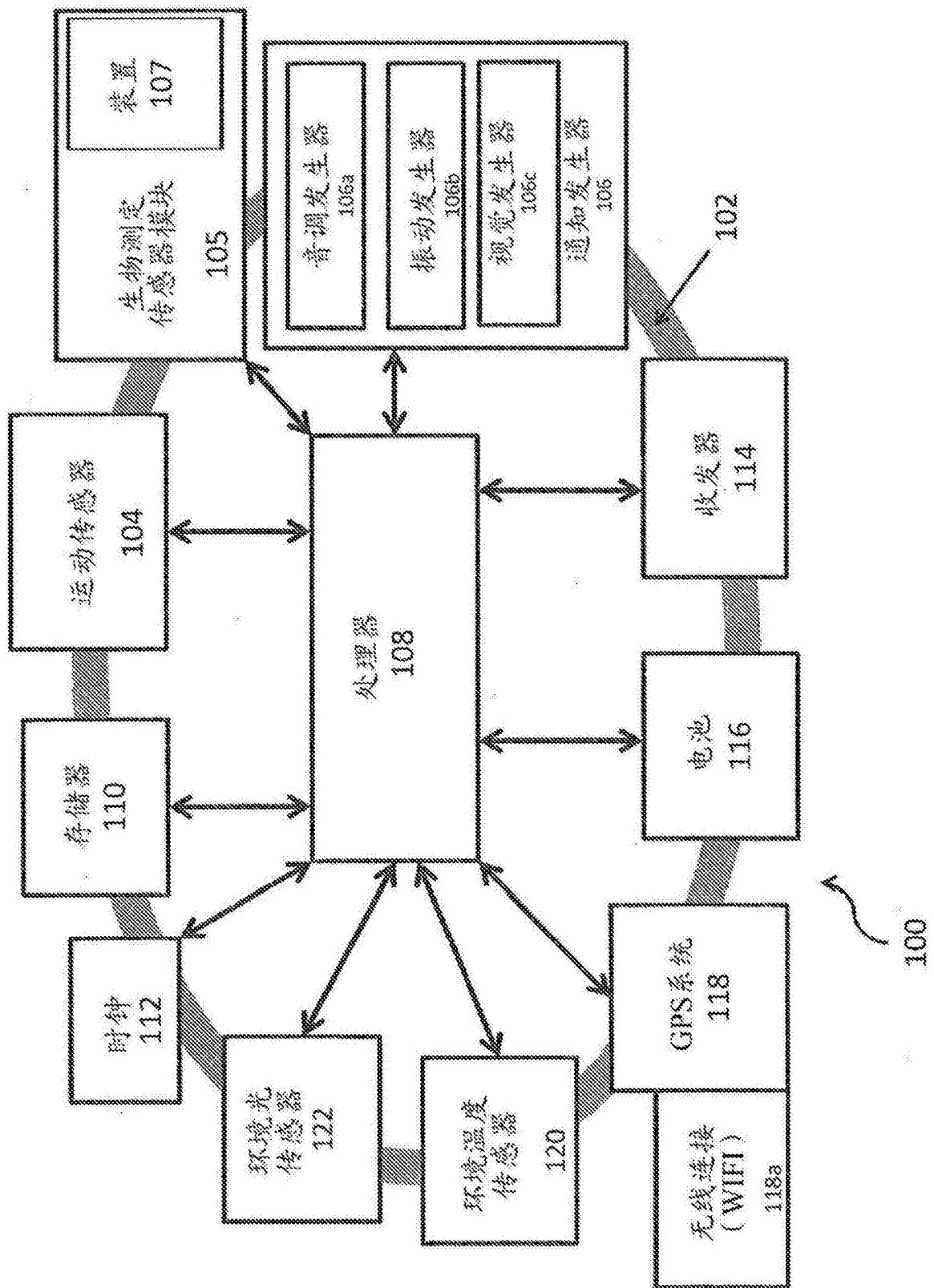


图1B

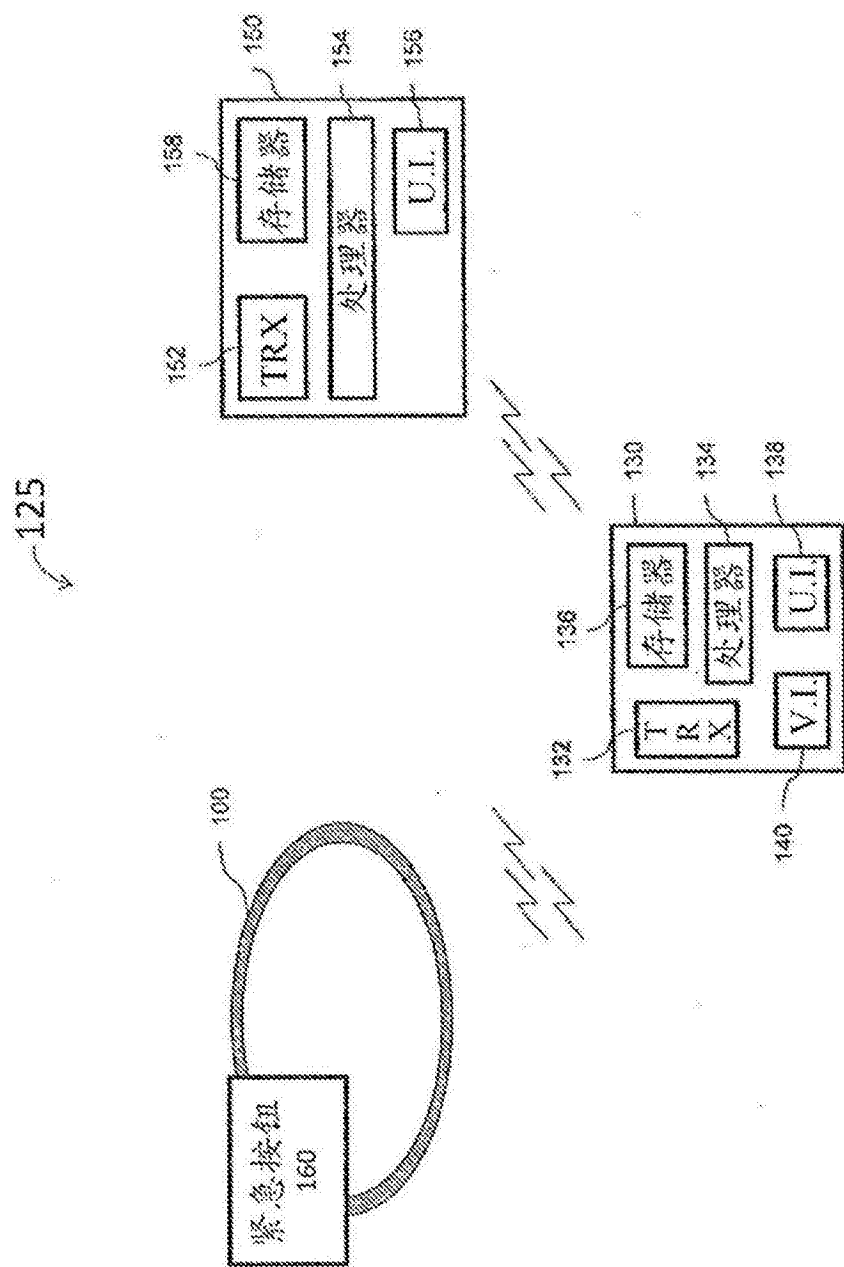


图1C

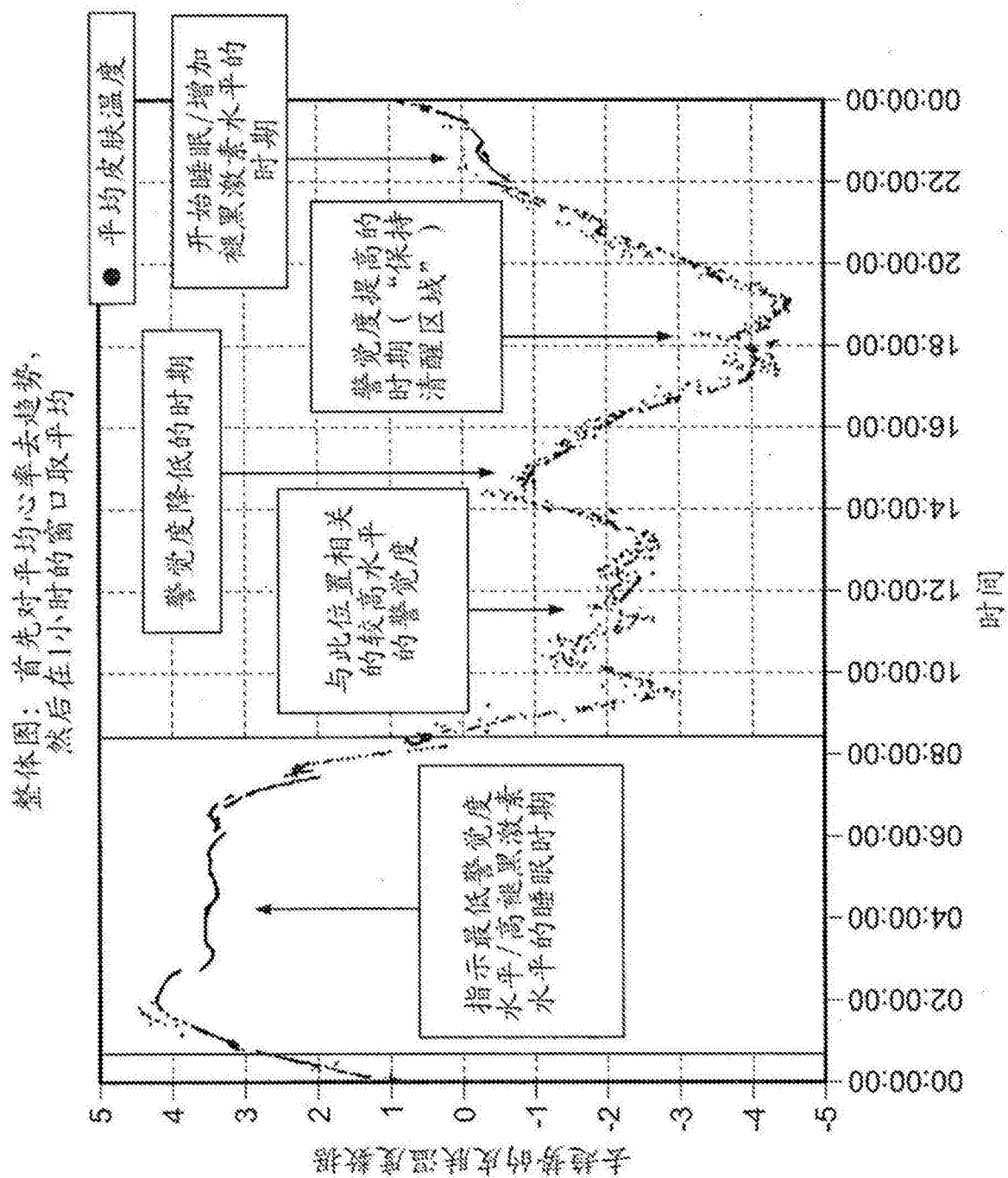


图2

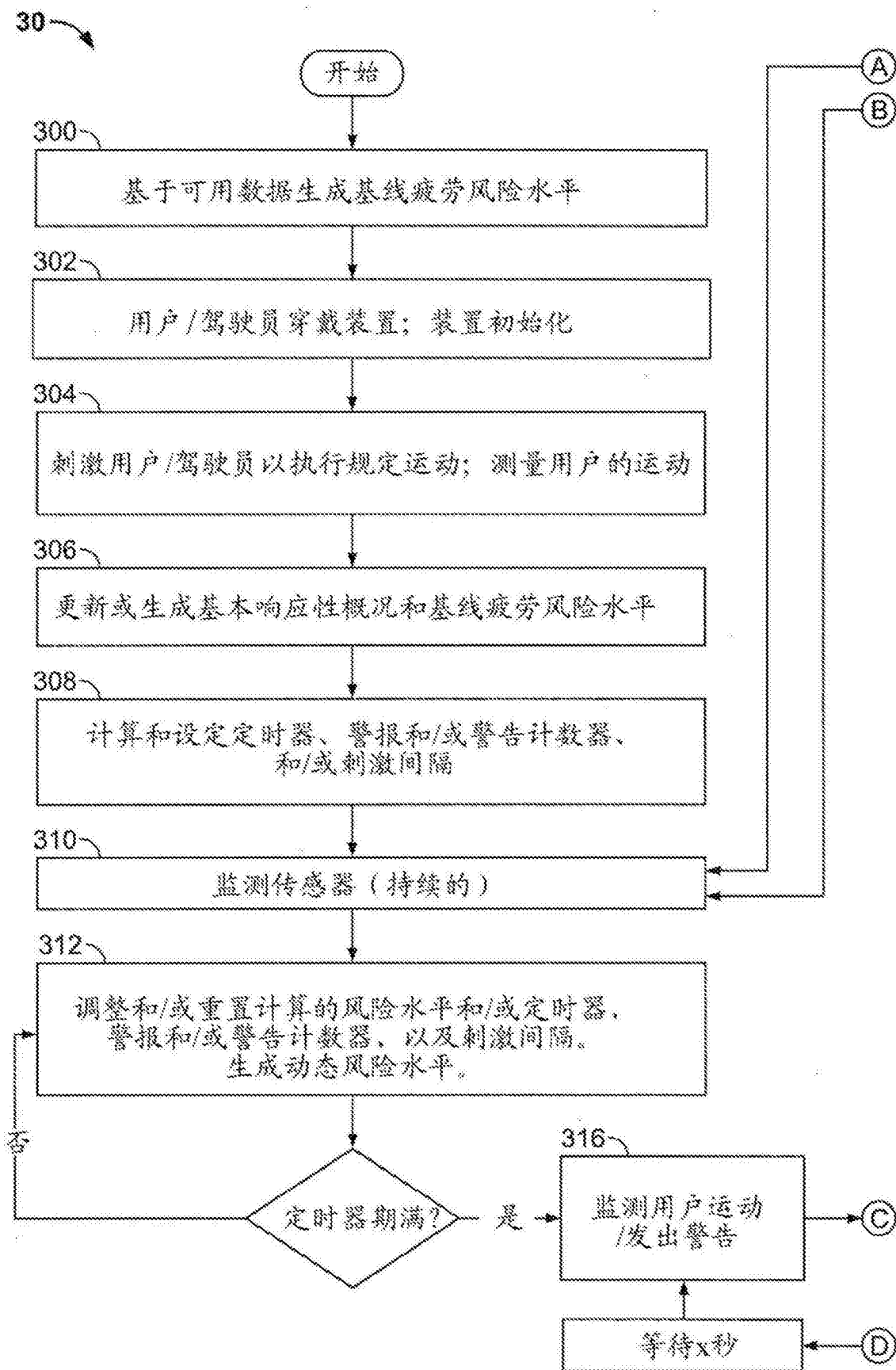


图3

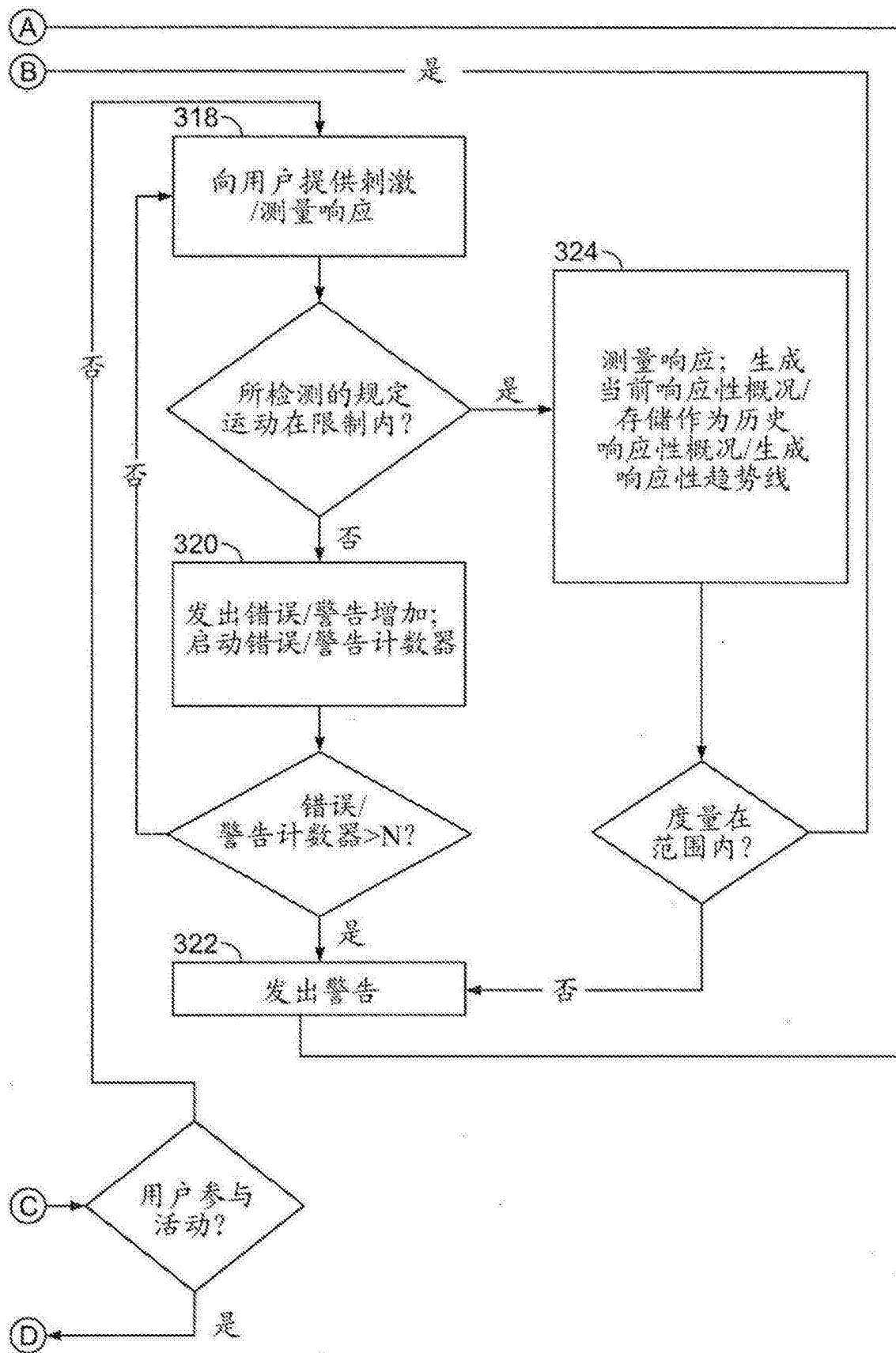


图3(续)

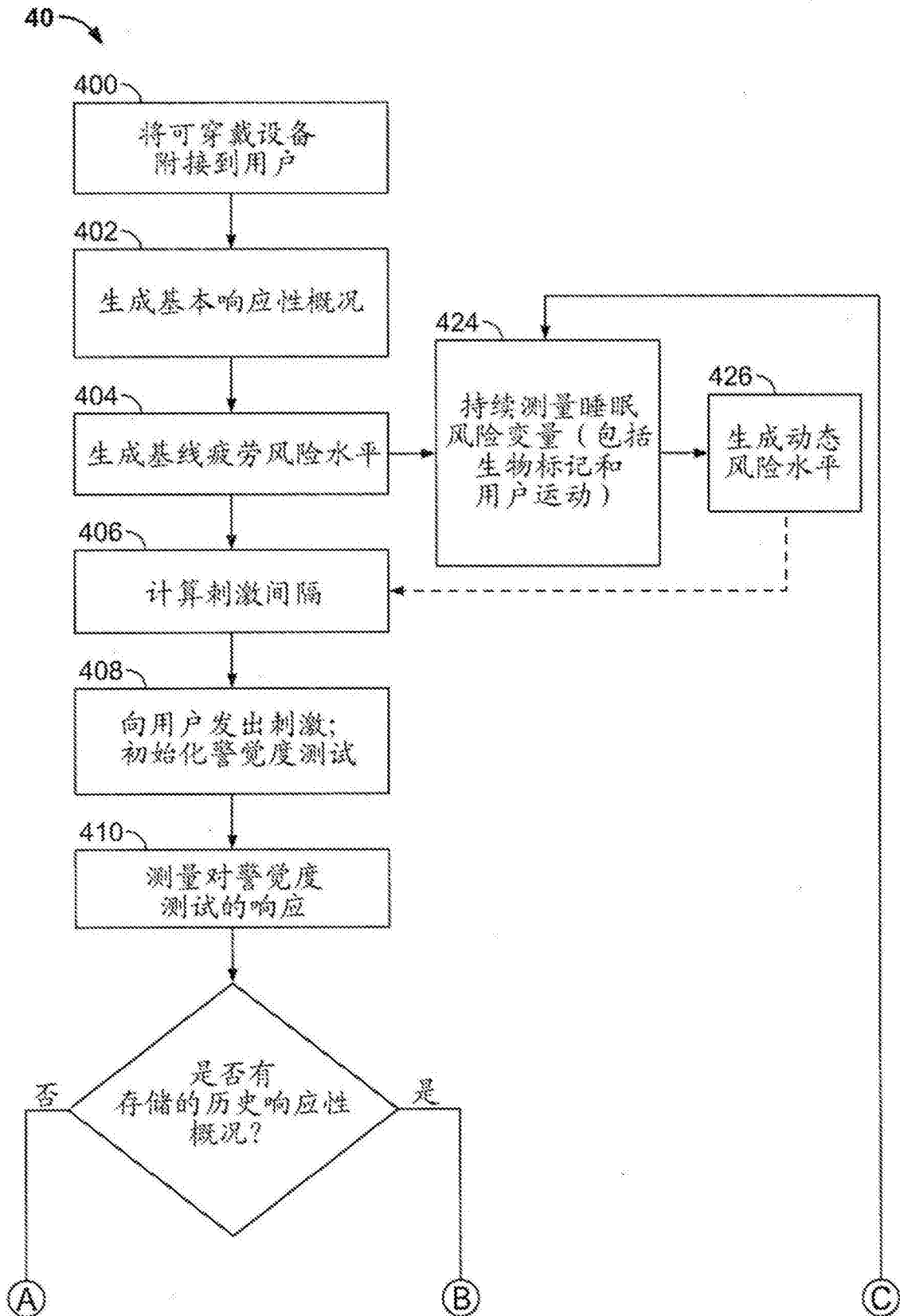


图4

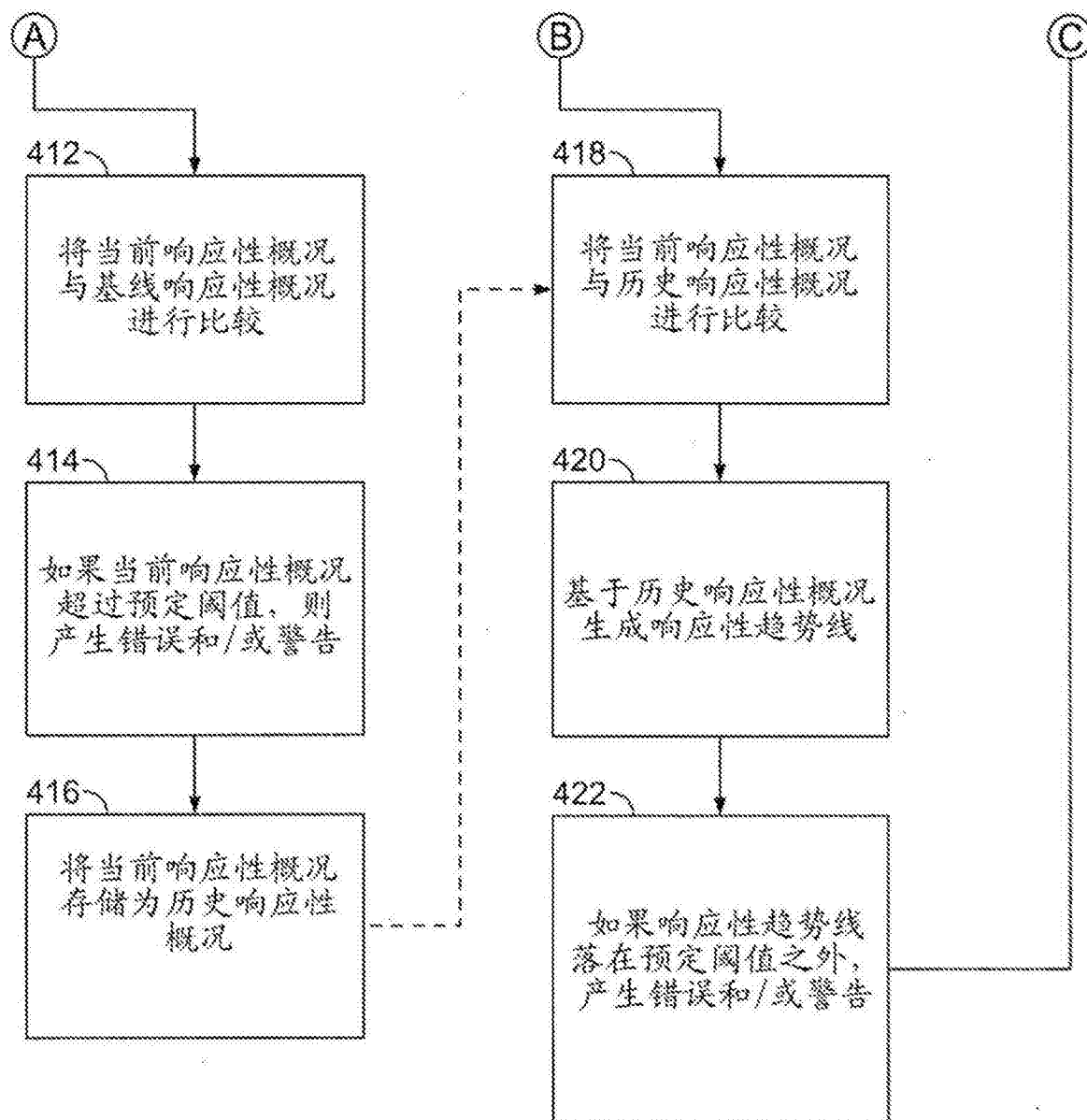


图4(续)

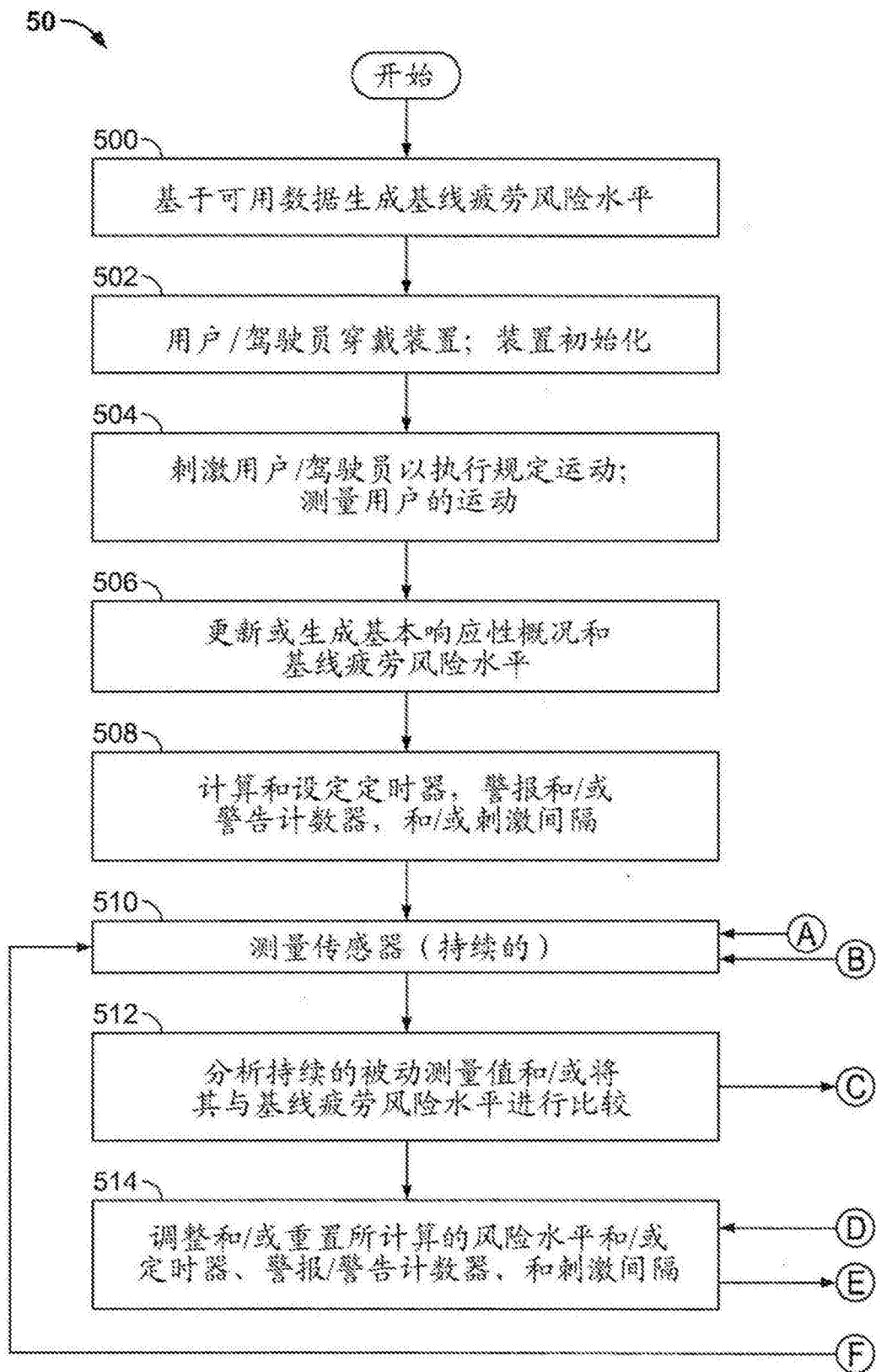


图5

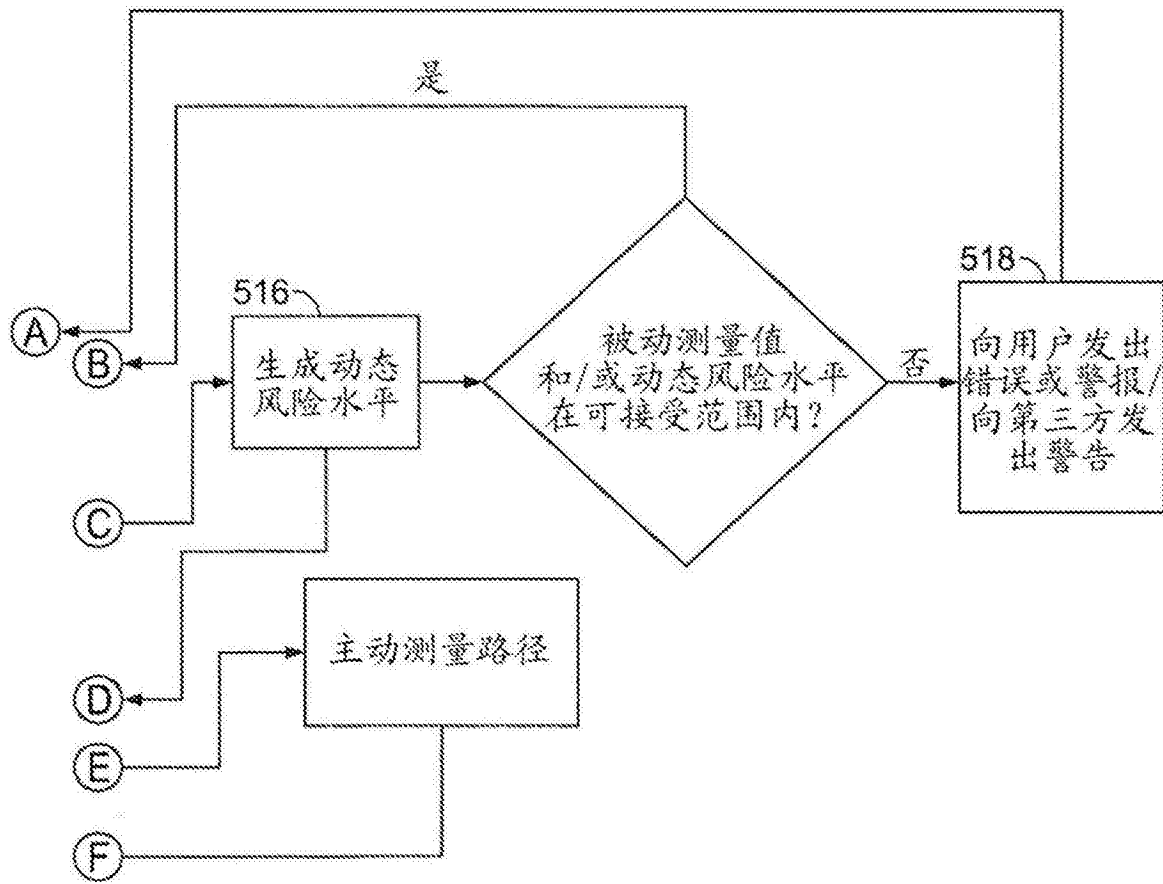


图5(续)

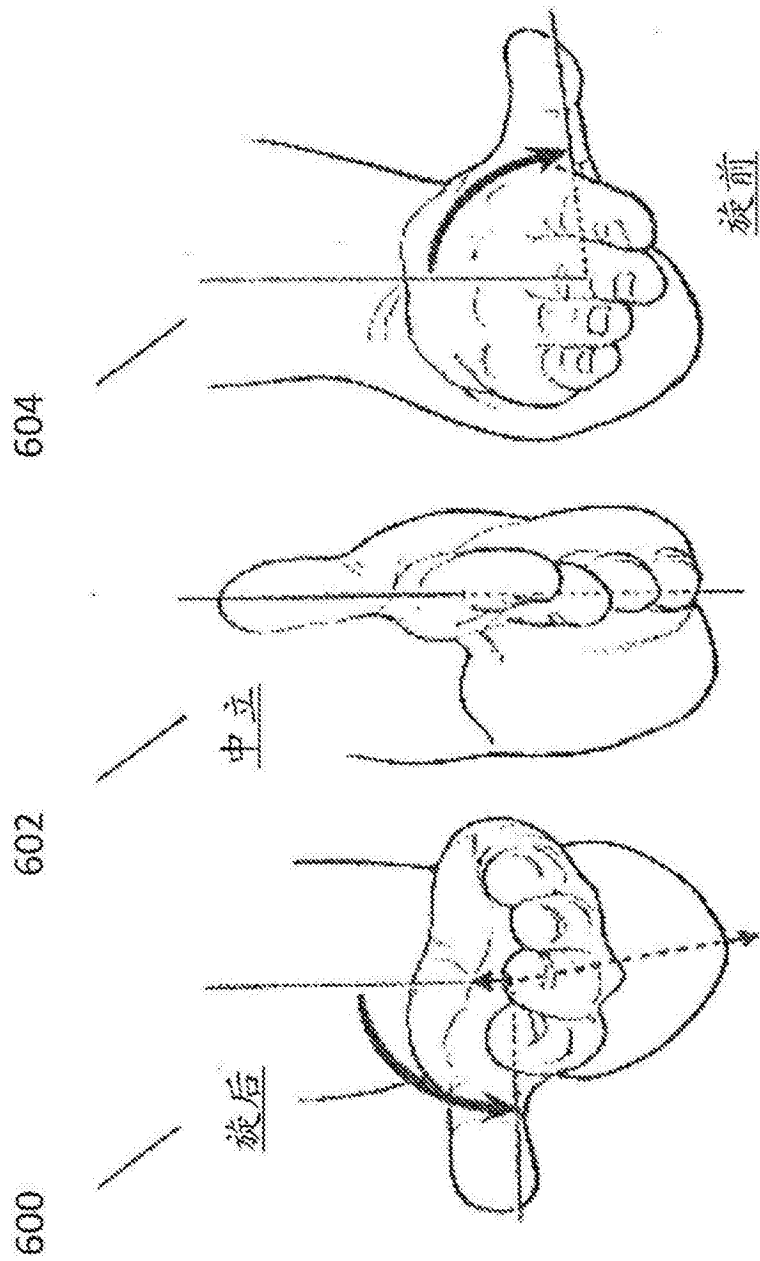


图6

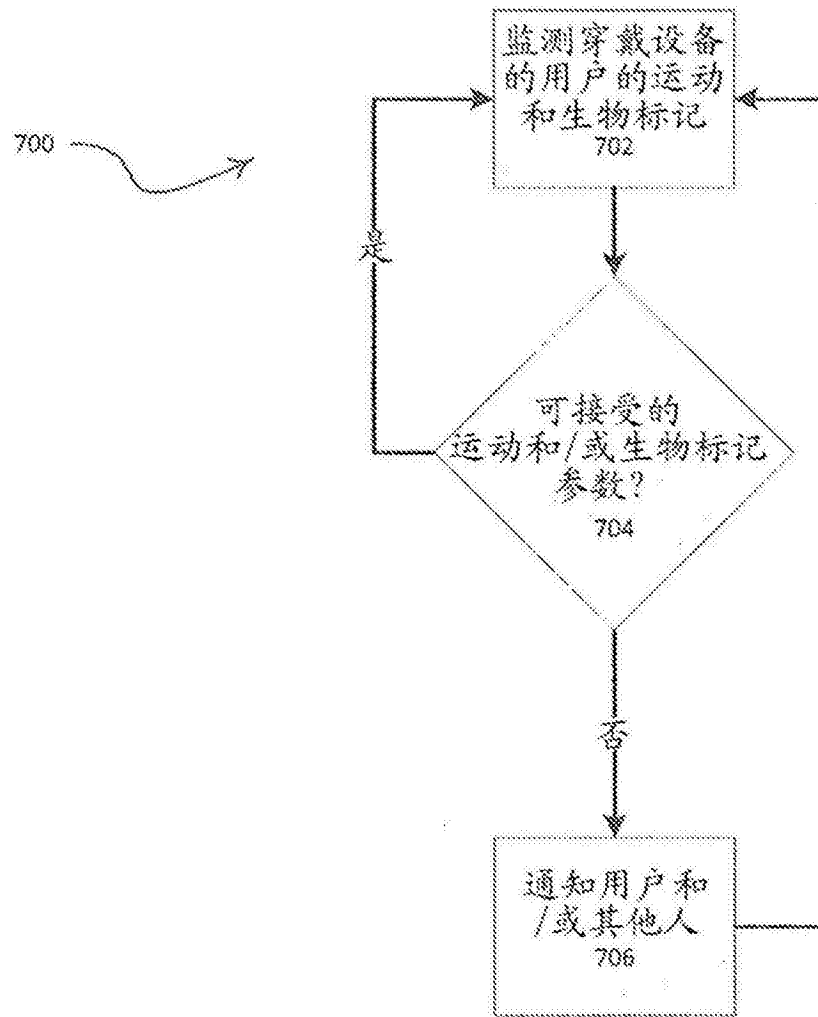


图7