

(74) 专利代理机构 北京市君合律师事务所
11517

专利代理师 吴龙瑛 徐静雯

(51) Int.Cl.

A61B 5/145 (2006.01)

2023.01.06

PCT/US2021/048733 2021.09.01

W02022/051411 EN 2022.03.10

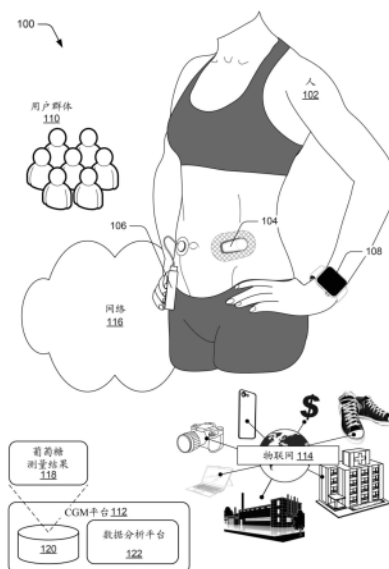
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 L·H·杰普森 S·K·皮克斯
J·万德林登

权利要求书9页 说明书45页 附图15页

葡萄糖警报预测范围修改

从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据, 并且基于该数据生成该用户在未来时间段期间预测的葡萄糖值。确定该预测的葡萄糖值中的至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值, 该警报与定义在满足该阈值之前用于将该警报传达到该用户的时间量的预测范围相关联。导致响应于确定该至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在该预测范围内满足该警报的该阈值, 输出该警报。基于用户对该警报的响应来修改该预测范围。导致基于该修改的预测范围输出该警报的后续实例。



1. 一种方法,所述方法包括:
 - 从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据;
 - 基于所述数据预测所述用户在未来时间段期间的葡萄糖值;
 - 确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值,所述警报与预测范围相关联,所述预测范围定义在满足所述阈值之前输出所述警报所需的时间量;
 - 导致响应于确定所述至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在所述预测范围内满足所述阈值,在计算装置的用户界面中输出所述警报;
 - 修改所述预测范围;以及
 - 导致基于所述修改的预测范围,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中修改所述预测范围是基于所述用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中预测所述用户在所述未来时间段期间的所述葡萄糖值是基于所述用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中预测所述用户在所述未来时间段期间的所述葡萄糖值包括使用至少一个机器学习模型处理所述数据,所述至少一个机器学习模型经训练以使用描述用户群体的葡萄糖测量结果的训练数据来预测葡萄糖值。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述至少一个机器学习模型经进一步训练以使用所述用户群体的附加数据来预测葡萄糖值。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的方法,所述方法还包括导致相对于所述警报在所述用户界面中输出反馈提示以及接收对所述提示的响应,其中修改所述预测范围是基于对所述提示的所述响应来执行的。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述反馈提示包括以下中的至少一者:
 - 关于与所述警报相关联的提前警告时间的充分性的反馈提示;
 - 关于所述警报是否有帮助的反馈提示;或
 - 关于所述用户对所述警报的响应的反馈提示。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的方法,其中所述警报指示高葡萄糖水平警报、低葡萄糖水平警报或紧急低葡萄糖水平警报中的一种。
9. 根据权利要求1至8中任一项所述的方法,其中修改所述预测范围包括调整在满足所述阈值之前输出所述警报的提前警告时间。
10. 根据权利要求1至9中任一项所述的方法,其中修改所述预测范围是基于描述具有与所述用户类似的用户配置文件属性的用户群体的用户子集的数据来执行的。
11. 根据权利要求1至10中任一项所述的方法,其中修改所述预测范围是基于所述至少一个预测的葡萄糖值的置信水平来执行的。
12. 根据权利要求1至11中任一项所述的方法,所述方法还包括:
 - 确定所述警报是妨碍警报;以及
 - 响应于确定所述警报是妨碍警报而修改所述预测范围。
13. 根据权利要求1至12中任一项所述的方法,所述方法还包括:
 - 接收描述在所述未来时间段期间观察到的葡萄糖测量结果的附加数据;
 - 将至少一个预测的葡萄糖值与在所述未来时间段期间的所述观察到的葡萄糖测量结

果中的至少一个葡萄糖测量结果进行比较;以及

基于所述观察到的葡萄糖测量结果中的所述至少一个葡萄糖测量结果与所述至少一个预测的葡萄糖值之间的差异来修改所述预测范围。

14. 一种系统,所述系统包括:

至少一个处理器;和

一个或多个计算机可读存储介质,所述一个或多个计算机可读存储介质能够由所述至少一个处理器执行以执行操作,所述操作包括:

从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据;

基于所述数据预测所述用户在未来时间段期间的葡萄糖值;

确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值,所述警报与预测范围相关联,所述预测范围定义在满足所述阈值之前输出所述警报所需的时间量;

导致响应于确定所述至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在所述预测范围内满足所述阈值,在计算装置的用户界面中输出所述警报;

修改所述预测范围;以及

导致基于所述修改的预测范围,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中修改所述预测范围是基于所述用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。

16. 根据权利要求14或权利要求15所述的系统,其中预测所述用户在所述未来时间段期间的所述葡萄糖值是基于所述用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。

17. 根据权利要求14至16中任一项所述的系统,其中预测所述用户在所述未来时间段期间的所述葡萄糖值包括使用至少一个机器学习模型来处理所述数据,所述至少一个机器学习模型经训练以使用描述用户群体的葡萄糖测量结果的训练数据来预测葡萄糖值。

18. 根据权利要求17所述的系统,其中所述至少一个机器学习模型经进一步训练以使用所述用户群体的附加数据来预测葡萄糖值。

19. 根据权利要求14至18中任一项所述的系统,所述操作还包括导致相对于所述警报在所述用户界面中输出反馈提示以及接收对所述提示的响应,其中修改所述预测范围是基于对所述提示的所述响应来执行的。

20. 根据权利要求19所述的系统,其中所述反馈提示包括以下中的至少一者:

关于与所述警报相关联的提前警告时间的充分性的反馈提示;

关于所述警报是否有帮助的帮助提示;或

关于所述用户对所述警报的响应的反馈提示。

21. 根据权利要求14至20中任一项所述的系统,其中所述警报指示高葡萄糖水平警报、低葡萄糖水平警报或紧急低葡萄糖水平警报中的一种。

22. 根据权利要求14至21中任一项所述的系统,其中修改所述预测范围包括调整在满足所述阈值之前输出所述警报的提前警告时间。

23. 根据权利要求14至22中任一项所述的系统,其中修改所述预测范围是基于描述具有与所述用户类似的用户配置文件属性的用户群体的用户子集的数据来执行的。

24. 根据权利要求14至23中任一项所述的系统,其中修改所述预测范围是基于所述至少一个预测的葡萄糖值的置信水平来执行的。

25. 根据权利要求14至24中任一项所述的系统,所述操作还包括:
确定所述警报是妨碍警报;以及
响应于确定所述警报是妨碍警报而修改所述预测范围。
26. 根据权利要求14至25中任一项所述的系统,所述操作还包括:
接收描述在所述未来时间段期间观察到的葡萄糖测量结果的附加数据;
将至少一个预测的葡萄糖值与在所述未来时间段期间的所述观察到的葡萄糖测量结果中的至少一个葡萄糖测量结果进行比较;以及
基于所述观察到的葡萄糖测量结果中的所述至少一个葡萄糖测量结果与所述至少一个预测的葡萄糖值之间的差异来修改所述预测范围。
27. 一个或多个计算机可读存储介质,所述一个或多个计算机可读存储介质存储指令,所述指令能够由计算装置执行以执行操作,所述操作包括:
从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据;
基于所述数据预测所述用户在未来时间段期间的葡萄糖值;
确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值,所述警报与预测范围相关联,所述预测范围定义在满足所述阈值之前输出所述警报所需的时间量;
导致响应于确定所述至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在所述预测范围内满足所述阈值,在计算装置的用户界面中输出所述警报;
修改所述预测范围;以及
导致基于所述修改的预测范围,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。
28. 根据权利要求27所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中修改所述预测范围是基于所述用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。
29. 根据权利要求27或权利要求28所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中预测所述用户在所述未来时间段期间的所述葡萄糖值是基于所述用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。
30. 根据权利要求27至29中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中预测所述用户在所述未来时间段期间的所述葡萄糖值包括使用至少一个机器学习模型处理所述数据,所述至少一个机器学习模型经训练以使用描述用户群体的葡萄糖测量结果的训练数据来预测葡萄糖值。
31. 根据权利要求30所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中所述至少一个机器学习模型经进一步训练以使用所述用户群体的附加数据来预测葡萄糖值。
32. 根据权利要求27至31中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,所述操作还包括导致相对于所述警报在所述用户界面中输出反馈提示以及接收对所述提示的响应,其中修改所述预测范围是基于对所述提示的所述响应来执行的。
33. 根据权利要求32所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中所述反馈提示包括以下中的至少一者:
关于与所述警报相关联的提前警告时间的充分性的反馈提示;
关于所述警报是否有帮助的反馈提示;或
关于所述用户对所述警报的响应的反馈提示。
34. 根据权利要求27至33中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中所述

警报指示高葡萄糖水平警报、低葡萄糖水平警报或紧急低葡萄糖水平警报中的一种。

35. 根据权利要求27至34中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中修改所述预测范围包括调整在满足所述阈值之前输出所述警报的提前警告时间。

36. 根据权利要求27至35中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中修改所述预测范围是基于描述具有与所述用户类似的用户配置文件属性的用户群体的用户子集的数据来执行的。

37. 根据权利要求27至36中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中修改所述预测范围是基于所述至少一个预测的葡萄糖值的置信水平来执行的。

38. 根据权利要求27至37中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,所述操作还包括:

确定所述警报是妨碍警报;以及

响应于确定所述警报是妨碍警报而修改所述预测范围。

39. 根据权利要求27至38中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,所述操作还包括:

接收描述在所述未来时间段期间观察到的葡萄糖测量结果的附加数据;

将至少一个预测的葡萄糖值与在所述未来时间段期间的所述观察到的葡萄糖测量结果中的至少一个葡萄糖测量结果进行比较;以及

基于所述观察到的葡萄糖测量结果中的所述至少一个葡萄糖测量结果与所述至少一个预测的葡萄糖值之间的差异来修改所述预测范围。

40. 一种设备,所述设备包括:

用于从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据的接收装置;

用于基于所述数据预测所述用户在未来时间段期间的葡萄糖值的预测装置;

用于确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值的确定装置,所述警报与预测范围相关联,所述预测范围定义在满足所述阈值之前输出所述警报所需的时间量;

用于导致响应于确定所述至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在所述预测范围内满足所述阈值,在计算装置的用户界面中输出所述警报的警报装置;

用于修改所述预测范围的修改装置;并且

所述警报装置被进一步配置成导致基于所述修改的预测范围,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

41. 一种方法,所述方法包括:

确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;

导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报;

接收描述对所述警报的响应的附加数据;

自动地并且在无用户干预的情况下修改所述CGM系统的至少一个设置,所述至少一个设置基于所述附加数据调整与所述警报相关联的预测范围;以及

导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

42. 根据权利要求41所述的方法,其中所述预测范围定义所述导致在满足所述阈值之前输出所述警报的提前警告时间。

43. 根据权利要求41或权利要求42所述的方法, 其中描述对所述警报的所述响应的所述附加数据包括以下中的至少一者:

描述由与所述CGM系统相关联的用户消耗的食物数据;

描述施用给与所述CGM系统相关联的所述用户的胰岛素的数据;或

描述与所述CGM系统相关联的所述用户的锻炼活动的数据。

44. 根据权利要求41至43中任一项所述的方法, 其中描述对所述警报的所述响应的所述附加数据包括描述用户与和所述CGM系统相关联的应用程序的交互的信息。

45. 根据权利要求41至44中任一项所述的方法, 其中由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值是基于所述CGM系统的用户的历史葡萄糖测量模式来预测的。

46. 根据权利要求41至45中任一项所述的方法, 其中对所述警报的所述响应指示所述警报是妨碍警报, 所述方法还包括通过响应于确定所述警报是所述妨碍警报而减小所述预测范围来调整所述预测范围。

47. 根据权利要求41至46中任一项所述的方法, 所述方法还包括:

接收描述所述CGM系统在未来时间段期间观察到的一个或多个葡萄糖测量结果的数据;

将由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值与由所述CGM系统在所述未来时间段期间观察到的所述一个或多个葡萄糖测量结果进行比较;以及

基于由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值与由所述CGM系统在所述未来时间段期间观察到的所述一个或多个葡萄糖测量值之间的差异来调整所述预测范围。

48. 一种系统, 所述系统包括:

一个或多个处理器;和

计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储指令, 所述指令能够由所述一个或多个处理器执行以执行操作, 所述操作包括:

确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;

导致响应于所述确定, 在计算装置的用户界面中输出所述警报;

接收描述对所述警报的响应的附加数据;

自动地并且在无用户干预的情况下修改所述CGM系统的至少一个设置, 所述至少一个设置基于所述附加数据调整与所述警报相关联的预测范围;以及

导致根据所述修改的至少一个设置, 在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

49. 根据权利要求48所述的系统, 其中所述预测范围定义所述导致在满足所述阈值之前输出所述警报的提前警告时间。

50. 根据权利要求48或权利要求49所述的系统, 其中描述对所述警报的所述响应的所述附加数据包括以下中的至少一者:

描述由与所述CGM系统相关联的用户消耗的食物数据;

描述施用给与所述CGM系统相关联的所述用户的胰岛素的数据;或

描述与所述CGM系统相关联的所述用户的锻炼活动的数据。

51. 根据权利要求48至50中任一项所述的系统, 其中描述对所述警报的所述响应的所述附加数据包括描述用户与和所述CGM系统相关联的应用程序的交互的信息。

52. 根据权利要求48至51中任一项所述的系统, 其中由所述CGM系统预测的所述至少一

个葡萄糖值是基于所述CGM系统的用户的历史葡萄糖测量模式来预测的。

53. 根据权利要求48至52中任一项所述的系统,其中对所述警报的所述响应指示所述警报是妨碍警报,所述操作还包括通过响应于确定所述警报是所述妨碍警报而减小所述预测范围来调整所述预测范围。

54. 根据权利要求48至53中任一项所述的系统,所述操作还包括:

接收描述所述CGM系统在未来时间段期间观察到的一个或多个葡萄糖测量结果的数据;

将由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值与由所述CGM系统在所述未来时间段期间观察到的所述一个或多个葡萄糖测量结果进行比较;以及

基于由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值与由所述CGM系统在所述未来时间段期间观察到的所述一个或多个葡萄糖测量值之间的差异来调整所述预测范围。

55. 一个或多个计算机可读存储介质,所述一个或多个计算机可读存储介质存储指令,所述指令能够由计算装置执行以执行操作,所述操作包括:

确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;

导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报;

接收描述对所述警报的响应的附加数据;

自动地并且在无用户干预的情况下修改所述CGM系统的至少一个设置,所述至少一个设置基于所述附加数据调整与所述警报相关联的预测范围;以及

导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

56. 根据权利要求55所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中所述预测范围定义所述导致在满足所述阈值之前输出所述警报的提前警告时间。

57. 根据权利要求55或权利要求56所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中描述对所述警报的所述响应的所述附加数据包括以下中的至少一者:

描述由与所述CGM系统相关联的用户消耗的食物数据;

描述施用给与所述CGM系统相关联的所述用户的胰岛素的数据;或

描述与所述CGM系统相关联的所述用户的锻炼活动的数据。

58. 根据权利要求55至57中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中描述对所述警报的所述响应的所述附加数据包括描述用户与和所述CGM系统相关联的应用程序的交互的信息。

59. 根据权利要求55至58中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值是基于所述CGM系统的用户的历史葡萄糖测量模式来预测的。

60. 一种设备,所述设备包括:

用于确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值的确定装置;

用于导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报的警报装置;

用于接收描述对所述警报的响应的附加数据的通信装置;

用于自动地并且在无用户干预的情况下修改所述CGM系统的至少一个设置的修改装置,所述至少一个设置基于所述附加数据调整与所述警报相关联的预测范围;并且

所述警报装置被进一步配置成导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

61.一种方法,所述方法包括:

确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;

导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报;

接收描述相对于所述警报的至少一个用户输入的反馈数据;

基于所述反馈数据修改所述CGM系统的至少一个设置;以及

导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

62.根据权利要求61所述的方法,所述方法还包括导致在所述用户界面中输出反馈提示,所述反馈提示请求关于所述警报是否对所述CGM系统的用户有帮助的反馈,其中所述至少一个用户输入包括与所述反馈提示的交互。

63.根据权利要求61或权利要求62所述的方法,其中描述相对于所述警报的所述至少一个用户输入的所述反馈数据包括在满足所述阈值之前输出所述警报的后续实例的提前警告时间,其中导致输出所述警报的所述后续实例是根据所述提前警告时间来执行的。

64.根据权利要求61至63中任一项所述的方法,所述方法还包括基于确定所述警报的所述后续实例是妨碍警报来抑制所述警报的附加后续实例的输出。

65.根据权利要求61至64中任一项所述的方法,其中所述修改的至少一个设置是预测范围的结束,所述预测范围定义在由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值满足所述警报的所述阈值之前输出所述警报所需的时间量。

66.根据权利要求61至65中任一项所述的方法,其中所述修改的至少一个设置是阈值置信水平,所述阈值置信水平与由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值的置信水平进行比较以确定是否生成所述警报。

67.根据权利要求61至66中任一项所述的方法,其中所述修改的至少一个设置是预测范围相对于当前时间的提前,所述预测范围定义在由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值满足所述警报的所述阈值之前输出所述警报所需的时间量。

68.一种系统,所述系统包括:

一个或多个处理器;和

计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储指令,所述指令能够由所述一个或多个处理器执行以执行操作,所述操作包括:

确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;

导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报;

接收描述相对于所述警报的至少一个用户输入的反馈数据;

基于所述反馈数据修改所述CGM系统的至少一个设置;以及

导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

69.根据权利要求68所述的系统,所述操作还包括导致在所述用户界面中输出反馈提示,所述反馈提示请求关于所述警报是否对所述CGM系统的用户有帮助的反馈,其中所述至少一个用户输入包括与所述反馈提示的交互。

70.根据权利要求68或权利要求69所述的系统,其中描述相对于所述警报的所述至少一个用户输入的所述反馈数据包括在满足所述阈值之前输出所述警报的后续实例的提前

警告时间,其中导致输出所述警报的所述后续实例是根据所述提前警告时间来执行的。

71.根据权利要求68至70中任一项所述的系统,所述操作还包括基于确定所述警报的所述后续实例是妨碍警报来抑制所述警报的附加后续实例的输出。

72.根据权利要求68至71中任一项所述的系统,其中所述修改的至少一个设置是预测范围的结束,所述预测范围定义在由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值满足所述警报的所述阈值之前输出所述警报所需的时间量。

73.根据权利要求68至72中任一项所述的系统,其中所述修改的至少一个设置是阈值置信水平,所述阈值置信水平与由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值的置信水平进行比较以确定是否生成所述警报。

74.根据权利要求68至73中任一项所述的系统,其中所述修改的至少一个设置是预测范围相对于当前时间的提前,所述预测范围定义在由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值满足所述警报的所述阈值之前输出所述警报所需的时间量。

75.一个或多个计算机可读存储介质,所述一个或多个计算机可读存储介质存储指令,所述指令能够由计算装置执行以执行操作,所述操作包括:

确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;

导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报;

接收描述相对于所述警报的至少一个用户输入的反馈数据;

基于所述反馈数据修改所述CGM系统的至少一个设置;以及

导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

76.根据权利要求75所述的一个或多个计算机可读存储介质,所述操作还包括导致在所述用户界面中输出反馈提示,所述反馈提示请求关于所述警报是否对所述CGM系统的用户有帮助的反馈,其中所述至少一个用户输入包括与所述反馈提示的交互。

77.根据权利要求75或权利要求76所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中描述相对于所述警报的所述至少一个用户输入的所述反馈数据包括在满足所述阈值之前输出所述警报的后续实例的提前警告时间,其中导致输出所述警报的所述后续实例是根据所述提前警告时间来执行的。

78.根据权利要求75至77中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中所述修改的至少一个设置是阈值置信水平,所述阈值置信水平与由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值的置信水平进行比较以确定是否生成所述警报。

79.根据权利要求75至78中任一项所述的一个或多个计算机可读存储介质,其中所述修改的至少一个设置是预测范围相对于当前时间的提前,所述预测范围定义在由所述CGM系统预测的所述至少一个葡萄糖值满足所述警报的所述阈值之前输出所述警报所需的时间量。

80.一种设备,所述设备包括:

用于确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值的确定装置;

用于导致响应于所述确定,在计算装置的用户界面中输出所述警报的警报装置;

用于接收描述相对于所述警报的至少一个用户输入的反馈数据的接收装置;

用于基于所述反馈数据修改所述CGM系统的至少一个设置的修改装置;并且

所述警报装置被进一步配置成导致根据所述修改的至少一个设置,在所述用户界面中输出所述警报的后续实例。

葡萄糖警报预测范围修改

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2020年9月3日提交的、并且名称为“葡萄糖警报预测范围修改 (Glucose Alert Prediction Horizon Modification)”的美国临时专利申请号63/074,391号的权益,其全部公开内容据此以引用方式并入。

背景技术

[0003] 糖尿病是一种影响数亿人的代谢性疾病。对于这些人来说,监测血液葡萄糖水平并将这些水平调节到在可接受范围内不仅对于缓解诸如心脏病和视力障碍的长期问题非常重要,而且对于避免高血糖和低血糖的影响也非常重要。将血液葡萄糖水平保持在可接受范围内可能是具有挑战性的,因为这一水平几乎会随着时间的推移以及对诸如进食或锻炼的日常事件的反应而不断变化。

[0004] 医疗技术的进步使得能够开发用于监测血液葡萄糖的各种系统,包括基本上实时地测量和记录葡萄糖浓度的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统。CGM系统是这些系统的用户确保测量的葡萄糖值在可接受范围内的重要工具。例如,当测量的葡萄糖值超过用户指定的阈值时,CGM系统可向用户传达预警。响应于接收到预警,用户可采取行动来校正高血液葡萄糖水平或低血液葡萄糖水平。

[0005] 尽管由CGM系统生成的高葡萄糖预警/低葡萄糖预警对于确保系统的用户了解用户的葡萄糖水平是过高还是过低很有价值,但在用户接收到高预警/低预警时,用户可能已经经历高血液葡萄糖水平或低血液葡萄糖水平的症状。例如,在接收到高葡萄糖预警时,用户可能已经经历高血液葡萄糖水平的症状,诸如恶心、疲劳、呕吐、口干、心率增加等。类似地,在用户接收到低葡萄糖预警时,用户可能已经经历低血液葡萄糖水平的症状,包括焦虑、恶心、疲劳、意识模糊、头晕等。

发明内容

[0006] 为了克服这些问题,描述了用于修改与血液葡萄糖水平警报相关联的预测范围的系统和技术。从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据。基于该数据生成该用户在未来时间段期间的预测的葡萄糖值。确定该预测的葡萄糖值中的至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值。该警报与预测范围相关联,该预测范围定义在满足该阈值之前将警报传达到该用户的时间量。

[0007] 例如,该预测范围定义该预测的葡萄糖值相对于该警报的该阈值被认为进入该未来时间段有多远。导致响应于确定该至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在该预测范围内满足该警报的该阈值,输出该警报。例如,该警报在计算装置的用户界面中作为通知输出。基于用户对该警报的响应来修改该预测范围。

[0008] 例如,基于相对于在该计算装置的用户界面中输出的警报的通知的显式反馈(例如,用户输入)来修改该预测范围。另选地或附加地,基于该用户的所监测的葡萄糖水平来修改该预测范围,该葡萄糖水平指示该用户响应于该通知而采取的干预动作。另选地或附

加地,基于除显式反馈或指示对该通知的响应的所监测的葡萄糖水平以外的附加数据(例如,描述锻炼活动、胰岛素施用、热量摄取等的第三方数据)来修改该预测范围。

[0009] 在一个示例中,通过利用满足该警报的该阈值的预测的葡萄糖值的置信水平来修改该预测范围。在该示例中,使用多个预测范围来预测满足该警报的该阈值的葡萄糖值。例如,修改该预测范围,直到识别出满足该警报的该阈值的预测的葡萄糖值,并且该预测的葡萄糖值的置信水平至少为阈值置信水平。在另一示例中,修改该预测范围,直到最长预测范围被识别为具有满足该警报的该阈值的预测的葡萄糖值并且该预测的葡萄糖值的置信水平至少为该阈值置信水平。导致基于该修改的预测范围输出该警报的后续实例。

[0010] 一个方面是一种方法,该方法包括:从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据;基于该数据预测该用户在未来时间段期间的葡萄糖值;确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值,该警报与预测范围相关联,该预测范围定义在满足该阈值之前输出该警报所需的时间量;导致响应于确定该至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在该预测范围内满足该阈值,在计算装置的用户界面中输出该警报;修改该预测范围;以及导致基于该修改的预测范围,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0011] 在上述方法中,修改该预测范围是基于该用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。在上述方法中的任一方法中,预测该用户在该未来时间段期间的该葡萄糖值是基于该用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。在上述方法中的任一方法中,预测该用户在该未来时间段期间的该葡萄糖值包括使用至少一个机器学习模型处理该数据,该至少一个机器学习模型经训练以使用描述用户群体的葡萄糖测量结果的训练数据来预测葡萄糖值。在上述方法中的任一方法中,该至少一个机器学习模型经进一步训练以使用该用户群体的附加数据来预测葡萄糖值。上述方法中的任一方法还包括导致相对于该警报在该用户界面中输出反馈提示以及接收对该提示的响应,其中修改该预测范围是基于对该提示的该响应来执行的。

[0012] 在上述方法中的任一方法中,该反馈提示包括以下中的至少一者:关于与该警报相关联的提前警告时间的充分性的反馈提示;关于该警报是否有帮助的反馈提示;或关于该用户对该警报的响应的反馈提示。在上述方法中的任一方法中,该警报指示高葡萄糖水平警报、低葡萄糖水平警报或紧急低葡萄糖水平警报中的一种。在上述方法中的任一方法中,修改该预测范围包括调整在满足该阈值之前输出该警报的提前警告时间。在上述方法中的任一方法中,修改该预测范围是基于描述具有与该用户类似的用户配置文件属性的用户群体的用户子集的数据来执行的。

[0013] 在上述方法中的任一方法中,修改该预测范围是基于该至少一个预测的葡萄糖值的置信水平来执行的。上述方法中的任一方法还包括:确定该警报是妨碍警报;以及响应于确定该警报是妨碍警报而修改该预测范围。上述方法中的任一方法还包括:接收描述在该未来时间段期间观察到的葡萄糖测量结果的附加数据;将至少一个预测的葡萄糖值与在该未来时间段期间的该观察到的葡萄糖测量结果中的至少一个葡萄糖测量结果进行比较;以及基于该观察到的葡萄糖测量结果中的该至少一个葡萄糖测量结果与该至少一个预测的葡萄糖值之间的差异来修改该预测范围。

[0014] 另一方面是一种系统,该系统包括:至少一个处理器;和一个或多个计算机可读存储介质,该一个或多个计算机可读存储介质可由该至少一个处理器执行以执行操作,该操作包括:从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据;基于该

数据预测该用户在未来时间段期间的葡萄糖值；确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值，该警报与预测范围相关联，该预测范围定义在满足该阈值之前输出该警报所需的时间量；导致响应于确定该至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在该预测范围内满足该阈值，在计算装置的用户界面中输出该警报；修改该预测范围；以及导致基于该修改的预测范围，在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0015] 在上述系统中，修改该预测范围是基于该用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。在上述系统中的任一系统中，预测该用户在该未来时间段期间的该葡萄糖值是基于该用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。在上述系统中的任一系统中，预测该用户在该未来时间段期间的该葡萄糖值包括使用至少一个机器学习模型处理该数据，该至少一个机器学习模型经训练以使用描述用户群体的葡萄糖测量结果的训练数据来预测葡萄糖值。在上述系统中的任一系统中，该至少一个机器学习模型经进一步训练以使用该用户群体的附加数据来预测葡萄糖值。在上述系统中的任一系统中，该操作还包括导致相对于该警报在该用户界面中输出反馈提示以及接收对该提示的响应，其中修改该预测范围是基于对该提示的该响应来执行的。

[0016] 在上述系统中的任一系统中，该反馈提示包括以下中的至少一者：关于与该警报相关联的提前警告时间的充分性的反馈提示；关于该警报是否有帮助的反馈提示；或关于该用户对该警报的响应的反馈提示。在上述系统中的任一系统中，该警报指示高葡萄糖水平警报、低葡萄糖水平警报或紧急低葡萄糖水平警报中的一种。在上述系统中的任一系统中，修改该预测范围包括调整在满足该阈值之前输出该警报的提前警告时间。在上述系统中的任一系统中，修改该预测范围是基于描述具有与该用户类似的用户配置文件属性的用户群体的用户子集的数据来执行的。在上述系统中的任一系统中，修改该预测范围是基于该至少一个预测的葡萄糖值的置信水平来执行的。

[0017] 在上述系统中的任一系统中，该操作还包括：确定该警报是妨碍警报；以及响应于确定该警报是妨碍警报而修改该预测范围。在上述系统中的任一系统中，该操作还包括：接收描述在该未来时间段期间观察到的葡萄糖测量结果的附加数据；将至少一个预测的葡萄糖值与在该未来时间段期间的该观察到的葡萄糖测量结果中的至少一个葡萄糖测量结果进行比较；以及基于该观察到的葡萄糖测量结果中的该至少一个葡萄糖测量结果与该至少一个预测的葡萄糖值之间的差异来修改该预测范围。

[0018] 另一方面是一个或多个计算机可读存储介质，该一个或多个计算机可读存储介质存储指令，该指令可由计算装置执行以执行操作，该操作包括：从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据；基于该数据预测该用户在未来时间段期间的葡萄糖值；确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值，该警报与预测范围相关联，该预测范围定义在满足该阈值之前输出该警报所需的时间量；导致响应于确定该至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在该预测范围内满足该阈值，在计算装置的用户界面中输出该警报；修改该预测范围；以及导致基于该修改的预测范围，在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0019] 在上述介质中，修改该预测范围是基于该用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。在上述介质中的任一介质中，预测该用户在该未来时间段期间的该葡萄糖值是基于该用户的历史葡萄糖测量模式来执行的。在上述介质中的任一介质中，预测该用户在该未来时间

段期间的该葡萄糖值包括使用至少一个机器学习模型处理该数据,该至少一个机器学习模型经训练以使用描述用户群体的葡萄糖测量结果的训练数据来预测葡萄糖值。在上述介质中的任一介质中,该至少一个机器学习模型经进一步训练以使用该用户群体的附加数据来预测葡萄糖值。

[0020] 在上述介质中的任一介质中,该操作还包括导致相对于该警报在该用户界面中输出反馈提示以及接收对该提示的响应,其中修改该预测范围是基于对该提示的该响应来执行的。在上述介质中的任一介质中,该反馈提示包括以下中的至少一者:关于与该警报相关联的提前警告时间的充分性的反馈提示;关于该警报是否有帮助的反馈提示;或关于该用户对该警报的响应的反馈提示。

[0021] 在上述介质中的任一介质中,该警报指示高葡萄糖水平警报、低葡萄糖水平警报或紧急低葡萄糖水平警报中的一种。在上述介质中的任一介质中,修改该预测范围包括调整在满足该阈值之前输出该警报的提前警告时间。在上述介质中的任一介质中,修改该预测范围是基于描述具有与该用户类似的用户配置文件属性的用户群体的用户子集的数据来执行的。

[0022] 在上述介质中的任一介质中,修改该预测范围是基于该至少一个预测的葡萄糖值的置信水平来执行的。在上述介质中的任一介质中,该操作还包括:确定该警报是妨碍警报;以及响应于确定该警报是妨碍警报而修改该预测范围。在上述介质中的任一介质中,该操作还包括:接收描述在该未来时间段期间观察到的葡萄糖测量结果的附加数据;将至少一个预测的葡萄糖值与在该未来时间段期间的该观察到的葡萄糖测量结果中的至少一个葡萄糖测量结果进行比较;以及基于该观察到的葡萄糖测量结果中的该至少一个葡萄糖测量结果与该至少一个预测的葡萄糖值之间的差异来修改该预测范围。

[0023] 另一方面是一种设备,该设备包括:用于从用户佩戴的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的数据的接收装置;用于基于该数据预测该用户在未来时间段期间的葡萄糖值的预测装置;用于确定至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值的确定装置,该警报与预测范围相关联,该预测范围定义在满足该阈值之前输出该警报所需的时间量;用于导致响应于确定该至少一个预测的葡萄糖值相对于当前时间在该预测范围内满足该阈值,在计算装置的用户界面中输出该警报的警报装置;用于修改该预测范围的修改装置;并且该警报装置被进一步配置成导致基于该修改的预测范围,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0024] 另一方面是一种方法,该方法包括:确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报;接收描述对该警报的响应的附加数据;自动地并且在无用户干预的情况下修改该CGM系统的至少一个设置,该至少一个设置基于该附加数据调整与该警报相关联的预测范围;以及导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0025] 在上述方法中,该预测范围定义该导致在满足该阈值之前输出该警报的提前警告时间。在上述方法中的任一方法中,描述对该警报的该响应的该附加数据包括以下中的至少一者:描述由与该CGM系统相关联的用户消耗的食物数据;描述施用给与该CGM系统相关联的该用户的胰岛素的数据;或描述与该CGM系统相关联的该用户的锻炼活动的的数据。在上述方法中的任一方法中,描述对该警报的该响应的该附加数据包括描述用户与和该CGM

系统相关联的应用程序的交互的信息。在上述方法中的任一方法中,由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值是基于该CGM系统的用户的历史葡萄糖测量模式来预测的。

[0026] 在上述方法中的任一方法中,对该警报的该响应指示该警报是妨碍警报,该方法还包括通过响应于确定该警报是该妨碍警报而减小该预测范围来调整该预测范围。上述方法中的任一方法还包括:接收描述该CGM系统在未来时间段期间观察到的一个或多个葡萄糖测量结果的数据;将由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值与由该CGM系统在该未来时间段期间观察到的该一个或多个葡萄糖测量结果进行比较;以及基于由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值与由该CGM系统在该未来时间段期间观察到的该一个或多个葡萄糖测量值之间的差异来调整该预测范围。

[0027] 另一方面是一种系统,该系统包括:一个或多个处理器;和计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质存储指令,该指令可由该一个或多个处理器执行以执行操作,该操作包括:确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报;接收描述对该警报的响应的附加数据;自动地并且在无用户干预的情况下修改该CGM系统的至少一个设置,该至少一个设置基于该附加数据调整与该警报相关联的预测范围;以及导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0028] 在上述系统中,该预测范围定义该导致在满足该阈值之前输出该警报的提前警告时间。在上述系统中的任一系统中,描述对该警报的该响应的该附加数据包括以下中的至少一者:描述由与该CGM系统相关联的用户消耗的食物数据;描述施用给与该CGM系统相关联的该用户的胰岛素的数据;或描述与该CGM系统相关联的该用户的锻炼活动的的数据。在上述系统中的任一系统中,描述对该警报的该响应的该附加数据包括描述用户与和该CGM系统相关联的应用程序的交互的信息。在上述系统中的任一系统中,由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值是基于该CGM系统的用户的历史葡萄糖测量模式来预测的。

[0029] 在上述系统中的任一系统中,对该警报的该响应指示该警报是妨碍警报,该操作还包括通过响应于确定该警报是该妨碍警报而减小该预测范围来调整该预测范围。在上述系统中的任一系统中,该操作还包括:接收描述该CGM系统在未来时间段期间观察到的一个或多个葡萄糖测量结果的数据;将由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值与由该CGM系统在该未来时间段期间观察到的该一个或多个葡萄糖测量结果进行比较;以及基于由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值与由该CGM系统在该未来时间段期间观察到的该一个或多个葡萄糖测量值之间的差异来调整该预测范围。

[0030] 另一方面是一个或多个计算机可读介质,该一个或多个计算机可读介质存储指令,该指令可由计算装置执行以执行操作,该操作包括:确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报;接收描述对该警报的响应的附加数据;自动地并且在无用户干预的情况下修改该CGM系统的至少一个设置,该至少一个设置基于该附加数据调整与该警报相关联的预测范围;以及导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0031] 在上述介质中,该预测范围定义该导致在满足该阈值之前输出该警报的提前警告时间。在上述介质中的任一介质中,描述对该警报的该响应的该附加数据包括以下中的至少一者:描述由与该CGM系统相关联的用户消耗的食物数据;描述施用给与该CGM系统相

关联的该用户的胰岛素的数据;或描述与该CGM系统相关联的该用户的锻炼活动的的数据。在上述介质中的任一介质中,描述对该警报的该响应的该附加数据包括描述用户与和该CGM系统相关联的应用程序的交互的信息。在上述介质中的任一介质中,由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值是基于该CGM系统的用户的历史葡萄糖测量模式来预测的。

[0032] 另一方面是一种设备,该设备包括:用于确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值的确定装置;用于导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报的警报装置;用于接收描述对该警报的响应的附加数据的通信装置;用于自动地并且在无用户干预的情况下修改该CGM系统的至少一个设置的修改装置,该至少一个设置基于该附加数据调整与该警报相关联的预测范围;并且该警报装置被进一步配置成导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0033] 另一方面是一种方法,该方法包括:确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报;接收描述相对于该警报的至少一个用户输入的反馈数据;基于该反馈数据修改该CGM系统的至少一个设置;以及导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0034] 上述方法还包括导致在该用户界面中输出反馈提示,该反馈提示请求关于该警报是否对该CGM系统的用户有帮助的反馈,其中该至少一个用户输入包括与该反馈提示的交互。在上述方法中的任一方法中,描述相对于该警报的该至少一个用户输入的该反馈数据包括在满足该阈值之前输出该警报的后续实例的提前警告时间,其中导致输出该警报的该后续实例是根据该提前警告时间来执行的。上述方法中的任一方法还包括基于确定该警报的该后续实例是妨碍警报来抑制该警报的附加后续实例的输出。在上述方法中的任一方法中,该修改的至少一个设置是预测范围的结束,该预测范围定义在由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值满足该警报的该阈值之前输出该警报所需的时间量。

[0035] 在上述方法中的任一方法中,该修改的至少一个设置是阈值置信水平,该阈值置信水平与由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值的置信水平进行比较以确定是否生成该警报。在上述方法中的任一方法中,该修改的至少一个设置是预测范围相对于当前时间的提前,该预测范围定义在由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值满足该警报的该阈值之前输出该警报所需的时间量。

[0036] 另一方面是一种系统,该系统包括:一个或多个处理器;和计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质存储指令,该指令可由该一个或多个处理器执行以执行操作,该操作包括:确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报;接收描述相对于该警报的至少一个用户输入的反馈数据;基于该反馈数据修改该CGM系统的至少一个设置;以及导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0037] 在上述系统中,该操作还包括导致在该用户界面中输出反馈提示,该反馈提示请求关于该警报是否对该CGM系统的用户有帮助的反馈,其中该至少一个用户输入包括与该反馈提示的交互。在上述系统中的任一系统中,描述相对于该警报的该至少一个用户输入的该反馈数据包括在满足该阈值之前输出该警报的后续实例的提前警告时间,其中导致输出该警报的该后续实例是根据该提前警告时间来执行的。在上述系统中的任一系统中,该

操作还包括基于确定该警报的该后续实例是妨碍警报来抑制该警报的附加后续实例的输出。

[0038] 在上述系统中的任一系统中,该修改的至少一个设置是预测范围的结束,该预测范围定义在由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值满足该警报的该阈值之前输出该警报所需的时间量。在上述系统中的任一系统中,该修改的至少一个设置是阈值置信水平,该阈值置信水平与由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值的置信水平进行比较以确定是否生成该警报。在上述系统中的任一系统中,该修改的至少一个设置是预测范围相对于当前时间的提前,该预测范围定义在由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值满足该警报的该阈值之前输出该警报所需的时间量。

[0039] 另一方面是一个或多个计算机可读介质,该一个或多个计算机可读介质存储指令,该指令可由计算装置执行以执行操作,该操作包括:确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值;导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报;接收描述相对于该警报的至少一个用户输入的反馈数据;基于该反馈数据修改该CGM系统的至少一个设置;以及导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0040] 在上述介质中,该操作还包括导致在该用户界面中输出反馈提示,该反馈提示请求关于该警报是否对该CGM系统的用户有帮助的反馈,其中该至少一个用户输入包括与该反馈提示的交互。在上述介质中的任一介质中,描述相对于该警报的该至少一个用户输入的该反馈数据包括在满足该阈值之前输出该警报的后续实例的提前警告时间,其中导致输出该警报的该后续实例是根据该提前警告时间来执行的。

[0041] 在上述介质中的任一介质中,该修改的至少一个设置是阈值置信水平,该阈值置信水平与由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值的置信水平进行比较以确定是否生成该警报。在上述介质中的任一介质中,该修改的至少一个设置是预测范围相对于当前时间的提前,该预测范围定义在由该CGM系统预测的该至少一个葡萄糖值满足该警报的该阈值之前输出该警报所需的时间量。

[0042] 另一方面是一种设备,该设备包括:用于确定由连续葡萄糖监测 (CGM) 系统预测的至少一个葡萄糖值满足警报的阈值的确定装置;用于导致响应于该确定,在计算装置的用户界面中输出该警报的警报装置;用于接收描述相对于该警报的至少一个用户输入的反馈数据的接收装置;用于基于该反馈数据修改该CGM系统的至少一个设置的修改装置;并且该警报装置被进一步配置成导致根据该修改的至少一个设置,在该用户界面中输出该警报的后续实例。

[0043] 这一发明内容以简化的形式介绍一些概念,这些概念将在下面的具体实施方式中进一步描述。因此,这一发明内容不旨在识别要求保护的主题的必要特征,也不旨在用于帮助确定要求保护的主题的范围。

附图说明

[0044] 参考附图描述具体实施方式。

[0045] 图1是可操作以采用本文所述的技术的示例性具体实施中的环境的图示。

[0046] 图2更详细地描绘了图1的连续葡萄糖监测 (CGM) 系统的示例。

[0047] 图3描绘了其中CGM装置数据(包括葡萄糖测量结果和相关联通知)结合葡萄糖测量结果和事件预测被引导至不同系统的示例性具体实施。

[0048] 图4更详细地描绘了用以根据葡萄糖测量结果和附加数据生成葡萄糖测量结果预测的图3的预测系统的示例性具体实施。

[0049] 图5描绘了根据一个或多个具体实施的其中图3的预测系统生成葡萄糖测量结果预测的示例性表示。

[0050] 图6描绘了由图3的预测系统生成的葡萄糖测量结果预测与和针对葡萄糖测量结果预测的警报相关联的预测范围之间的关系示例性表示。

[0051] 图7描绘了由图3的预测系统生成的葡萄糖测量结果预测和传达到计算装置的对应警报的示例性表示。

[0052] 图8描绘了根据一个或多个具体实施的用于基于葡萄糖测量结果预测来通知用户的用户界面的示例性具体实施。

[0053] 图9描绘了根据一个或多个具体实施的用于提示关于葡萄糖测量结果预测通知的用户输入反馈的用户界面的示例性具体实施。

[0054] 图10描绘了根据一个或多个具体实施的用于提示关于葡萄糖测量结果预测通知的用户输入反馈的用户界面的示例性具体实施。

[0055] 图11描绘了根据一个或多个具体实施的用于提示关于葡萄糖测量结果预测通知的用户输入反馈的用户界面的示例性具体实施。

[0056] 图12更详细地描绘了其中训练机器学习模型以调整与葡萄糖测量结果警报有关的预测范围设置的图3的预测系统的示例性具体实施。

[0057] 图13描绘了其中修改有关葡萄糖测量结果预测的设置并根据修改的设置输出警报的示例性具体实施中的程序。

[0058] 图14描绘了其中修改有关葡萄糖测量结果预测的设置并根据修改的设置输出警报的示例性具体实施中的程序。

[0059] 图15示出了包括示例性计算装置的示例性系统,该示例性计算装置代表可实现本文所述的各种技术的一个或多个计算系统和/或装置。

具体实施方式

[0060] 概述

[0061] 由CGM系统生成的葡萄糖预警确保CGM系统的用户被告知当前血液葡萄糖水平过高或过低。然而,在用户接收到预警时,用户可能已经经历具有高血液葡萄糖水平或低血液葡萄糖水平的症状。因此,仍然需要在出现有问题的血液葡萄糖水平之前提醒用户,并有足够的提前警告时间来使用户能够干预并避免与有问题的血液葡萄糖水平相关联的症状和其他并发症。

[0062] 预测系统从用户佩戴的CGM系统接收描述葡萄糖测量结果的数据。预测系统基于该数据预测用户在未来时间段期间的葡萄糖值。CGM系统确定用户的至少一个预测的葡萄糖值满足警报的阈值,该警报指示用户在未来时间段期间的有问题的血液葡萄糖水平。此警报与预测范围相关联,该预测范围定义在满足阈值之前输出警报所需的时间量。

[0063] 在一些具体实施中,CGM系统导致响应于确定至少一个预测的葡萄糖值相对于当

前时间在预测范围内满足阈值,在与用户相关联的计算装置的用户界面中输出警报。CGM系统基于描述用户对警报的响应的数据来修改警报的预测范围。例如,在一些具体实施中,CGM系统识别出警报是妨碍警报(例如,用户不希望接收的警报)。

[0064] CGM系统被配置成基于各种类型的数据(诸如描述来自用户的显式反馈的数据、描述用户在未来时间段期间的预测的葡萄糖值之间的模式和关系的数据、用户群体的CGM数据、描述在输出警报之后用户的葡萄糖测量结果的数据、描述用户与和CGM系统相关联的应用程序的交互的数据、其组合等)将警报通知识别为妨碍警报。响应于将警报识别为妨碍警报,CGM系统修改预测范围以防止警报的后续实例成为妨碍警报。例如,CGM系统通过增加或减少预测范围的长度来修改预测范围,以调整在阈值血液葡萄糖水平的预测的满足之前向用户传达警报的提前警告时间。

[0065] 在另一示例中,CGM系统基于与未来时间段中的预测的葡萄糖值相关联的置信水平来修改预测范围。在该示例中,CGM系统修改预测范围,直到预测的葡萄糖值被识别为满足警报的阈值并且预测的葡萄糖值的置信水平至少为阈值置信水平(例如,85%、90%、95%、99%等)。在类似示例中,CGM系统使用多个预测范围来将预测的葡萄糖值与警报的阈值进行比较。例如,CGM系统基于多个预测范围中的最长预测范围来修改预测范围,该最长预测范围包括满足警报的阈值的预测的葡萄糖值并且预测的葡萄糖值的置信水平至少为阈值置信水平。

[0066] CGM系统导致基于修改的预测范围输出警报的后续实例,并通过连续修改与警报相关联的预测范围来重复此过程。可通过根据一个或多个间隔修改预测范围来执行与警报相关联的预测范围的继续修改(例如,在经过固定时间段之后、在输出阈值数量的警报实例之后、在警报的每个后续实例之后、直到确定警报的后续实例并非妨碍警报之前、其组合等)。例如,CGM系统在输出警报的后续实例之后监测用户的葡萄糖测量结果,并确定用户已受到干预,以防止发生与后续警报相关联的事件。通过连续修改预测范围,CGM系统避免向用户显示妨碍警报,并在使得用户能够干预并防止出现有问题的血液葡萄糖水平的时间输出警报。此外,通过连续修改警报的预测范围,CGM系统降低了对统计上异常的或随机的影响的敏感性,这些影响原本会使系统对用户特定警报的响应的解释产生偏差。

[0067] 在以下描述中,首先描述被配置成采用本文所述的技术的示例性环境。然后描述可在示例性环境以及其他环境中执行的示例性具体实施细节和程序。示例性程序的执行不限于示例性环境,并且示例性环境不限于示例性程序的执行。

[0068] 示例性环境

[0069] 图1示出了可操作以采用本文所述的个性化葡萄糖警报设置技术的示例性具体实施中的环境100。所示环境100包括人102,此人被描绘为佩戴连续葡萄糖监测(CGM)系统104、胰岛素递送系统106和计算装置108。所示环境100还包括CGM系统、CGM平台112和物联网114(IoT 114)中的用户群体110中的其他用户。CGM系统104、胰岛素递送系统106、计算装置108、用户群体110、CGM平台112和IoT 114通信地联接(包括经由网络116联接)。

[0070] 另选地或附加地,CGM系统104、胰岛素递送系统106或计算装置108中的一者或多者以其他方式(诸如使用一个或多个无线通信协议和/或技术)通信地联接。以举例的方式,CGM系统104、胰岛素递送系统106和计算装置108被配置成使用蓝牙(例如,蓝牙低功耗链路)、近场通信(NFC)、5G等中的一者或多者来彼此通信。在一些示例中,CGM系统104、胰岛素

递送系统106和/或计算装置108能够进行射频(RF)通信并且包括RF发射器和RF接收器。在这些示例中,一个或多个RFID可用于识别和/或跟踪环境100内的CGM系统104、胰岛素递送系统106或计算装置108。例如,CGM系统104、胰岛素递送系统106和计算装置108被配置成利用各种类型的通信以在彼此之间形成闭环系统。以这种方式,当通过CGM系统104获得葡萄糖测量结果并且当生成葡萄糖测量结果预测时,胰岛素递送系统106基于葡萄糖测量结果的序列实时地递送胰岛素。

[0071] 根据所描述的技术,CGM系统104被配置成连续地监测人102的葡萄糖。例如,在一些具体实施中,CGM系统104配置有CGM传感器,该CGM传感器连续地检测指示人102的葡萄糖的分析物并使得能够生成葡萄糖测量结果。在所示环境100中,这些测量结果被表示为葡萄糖测量结果118。下文关于图2进一步详细地描述CGM系统104的配置的这一功能和另外的方面。

[0072] 在一个或多个具体实施中,CGM系统104经由本文所述的通信协议中的一个或多个通信协议(诸如经由无线通信)将葡萄糖测量结果118传输到计算装置108。CGM系统104被配置成使用CGM传感器实时地传达这些测量结果(例如,当产生葡萄糖测量结果118时)。另选地或附加地,CGM系统104被配置成以指定间隔(例如,每30秒、每分钟、每五分钟、每小时、每六小时、每天等)将葡萄糖测量结果118传达到计算装置108。在一些具体实施中,CGM系统104被配置成响应于来自计算装置108的请求(例如,当计算装置108针对人102生成葡萄糖测量结果预测时发起的请求、当显示传送关于人102的葡萄糖测量结果的信息的用户界面时发起的请求、其组合等)来传达葡萄糖测量结果。因此,计算装置108被配置成至少暂时地保持人102的葡萄糖测量结果118(例如,通过将葡萄糖测量结果118存储在计算机可读存储介质中,如下文关于图15进一步详细描述)。

[0073] 尽管示为可穿戴装置(例如,智能手表),但计算装置108可在不脱离所描述技术的精神或范围的情况下以多种配置来实现。以举例而非限制的方式,在一些具体实施中,计算装置108被配置为不同类型的移动装置(例如,移动电话或平板装置)。在其他具体实施中,计算装置108被配置为与CGM平台112相关联的专用装置(例如,支持从CGM系统104获得葡萄糖测量结果118、执行与葡萄糖测量结果118有关的各种计算、显示与葡萄糖测量结果118和CGM平台112有关的信息、将葡萄糖测量结果118传达到CGM平台112、其组合等的功能的装置)。与计算装置108被配置为移动电话的具体实施相比,计算装置108排除当在专用CGM装置配置中实现时移动电话或可佩戴配置以其他方式可用的功能,诸如拨打电话、捕获图像、利用社交网络应用程序等的功能。

[0074] 在一些具体实施中,计算装置108代表多于一个装置。例如,计算装置108代表可穿戴装置(例如,智能手表)和移动电话两者。在此类多装置具体实施中,多个装置中的不同装置能够执行相同操作中的至少一些操作,诸如从CGM系统104接收葡萄糖测量结果118、经由网络116将葡萄糖测量结果118传达到CGM平台112、显示与葡萄糖测量结果118有关的信息等。另选地或附加地,多装置具体实施中的不同装置支持相对于彼此的不同能力,诸如受特定装置的计算指令限制的能力。

[0075] 在计算装置108表示单独装置(例如,智能手表和移动电话)的一些示例性具体实施中,一个装置配置有各种传感器和功能,以测量人102的各种生理标志(例如,心率、呼吸、血流速率等)和活动(例如,步数、海拔变化等)。继续此示例性多装置具体实施,另一装置未

配置有此类传感器或功能,或者包括有限量的此类传感器或功能。例如,多个装置中的一个装置包括多个装置中的另一装置不支持的能力,诸如用以捕获可用于预测未来葡萄糖水平的膳食图像的相机、使得装置能够有效地执行关于葡萄糖测量结果118的的计算的计算资源量(例如,电池寿命、处理速度等)。即使在多个装置中的一个装置(例如,智能电话)能够执行此类计算的场景中,计算指令也可将这些计算的执行限制到多个装置中的一个装置,以便不使多个装置负担冗余计算,并且更有效地利用可用资源。以这种方式,计算装置108代表多种不同的配置,并且代表除本文所述的特定示例性具体实施之外的不同数量的装置。

[0076] 如上所述,计算装置108将葡萄糖测量结果118传达到CGM平台112。在所示环境100中,葡萄糖测量结果118被描绘为存储在CGM平台112的存储装置120中。存储装置120代表能够存储葡萄糖测量结果118的一种或多种类型的存储设备(例如,数据库)。以这种方式,存储装置120被配置成存储除葡萄糖测量结果118之外的多种其他数据。例如,根据一个或多个具体实施,人102表示至少CGM平台112和一个或多个其他服务(例如,由一个或多个第三方服务提供方提供的服务)的用户。以这种方式,人102能够与个人可归属信息(例如,用户名)相关联,并且可能在某个时间被要求提供认证信息(例如,密码、生物计量数据、远程医疗服务信息等),以使用个人可归属信息来访问CGM平台112。存储装置120被配置成保持此个人可归属信息、认证信息以及有关人102的其他信息(例如,人口统计信息、卫生保健提供方信息、支付信息、处方信息、健康指标、用户偏好、与可穿戴装置相关联的账户信息、社交网络账户信息、其他服务提供方信息等)。

[0077] 存储装置120被进一步配置成保持有关用户群体110中的其他用户的数据。因此,存储装置120中的葡萄糖测量结果118既代表来自人102所佩戴的CGM系统104的CGM传感器的葡萄糖测量结果,也代表来自用户群体110中所表示的其他人所佩戴的CGM系统的葡萄糖测量结果。以类似的方式,用户群体110的这些其他人的葡萄糖测量结果118可由相应装置经由网络116传达到CGM平台112,使得其他人与CGM平台112中的相应用户配置文件相关联。

[0078] 数据分析平台122表示诸如通过使用一个或多个机器学习模型单独处理葡萄糖测量结果118和/或与存储装置120中保持的其他数据一起处理葡萄糖测量结果以生成多种预测的功能。基于这些预测,CGM平台112被配置成提供与预测相关的通知(例如,警报、预警、建议或基于预测生成的其他信息)。例如,CGM平台112被配置成向人102、与人102相关联的医疗服务提供方、其组合等提供通知。尽管被描绘为与计算装置108分开,但数据分析平台122的部分或全部被另选地或附加地被配置用于在计算装置108处实现。数据分析平台122被进一步配置成使用经由IoT 114获得的附加数据来生成预测。

[0079] 例如,根据一个或多个具体实施,数据分析平台122被配置成基于葡萄糖测量结果118和附加信息(诸如从IoT 114所接收的信息)来生成针对人102的葡萄糖测量结果预测以及针对关于人102的事件的事件预测。例如,数据分析平台122被配置成相对于人102的葡萄糖水平阈值分析葡萄糖测量结果预测,并确定人102是否可能经历应当生成通知的事件(例如,低葡萄糖水平、高葡萄糖水平、紧急低葡萄糖水平等)。通过利用葡萄糖测量结果和附加数据(例如,第三方数据)两者,数据分析平台122被配置成考虑影响人102的葡萄糖水平的各种因素,由此相对于仅考虑葡萄糖测量结果作为输入的常规方法提供更准确的葡萄糖测量结果预测。

[0080] 为了供应除先前葡萄糖测量结果之外的这些附加信息中的一些附加信息,IoT

114代表能够提供将人102和人102的活动描述为一个或多个服务提供方的用户以及与真实世界的活动的数据的各种来源。以举例的方式, IoT 114包括用户的各种装置(例如, 相机、移动电话、膝上型计算机、锻炼装备等)。以这种方式, IoT 114被配置成提供关于用户与各种装置的交互的信息(例如, 与基于web的应用程序的交互、拍摄的照片、与其他用户的通信等)。另选地或附加地, IoT 114可包括各种真实世界制品(例如, 鞋、衣服、运动装备、器具、汽车等), 这些真实世界制品配置有传感器以提供描述行为的信息, 诸如迈出的步数、脚撞击地面的力、步伐的长度、用户的体温(以及其他生理测量结果)、用户周围的温度、存储在冰箱中的食物类型、从冰箱移除的食物类型、驾驶习惯等。另选地或附加地, IoT 114包括CGM平台112的第三方, 诸如能够分别提供医疗数据和制造数据的医疗提供方(例如, 人102的医疗提供方)和制造商(例如, CGM系统104、胰岛素递送系统106或计算装置108的制造商)、跟踪人102的锻炼和营养摄取的平台, 这些平台可由数据分析平台122利用。因此, IoT 114代表能够提供大量数据以便结合使用机器学习和葡萄糖测量结果的葡萄糖预测使用的装置和传感器, 而不脱离所描述技术的精神或范围。在例如连续地测量葡萄糖并获得描述此类测量结果的数据的上下文中, 考虑下文对图2的描述。

[0081] 图2更详细地描绘了图1的CGM系统104的示例性具体实施200。具体地, 所示示例200包括CGM系统104的顶视图和对应的侧视图。

[0082] CGM系统104示为包括传感器202和传感器模块204。在所示示例200中, 传感器202在侧视图中被描绘为皮下插入皮肤206(例如, 人102的皮肤)中。传感器模块204在顶视图中被描绘为具有虚线轮廓的矩形。CGM系统104还被示为包括发射器208。表示传感器模块204的矩形的虚线轮廓的使用指示传感器模块204可被容纳在发射器208中或以其他方式在该发射器的壳体内实现。在该示例200中, CGM系统104还包括粘结垫210和附接机构212。

[0083] 在操作中, 传感器202、粘结垫210和附接机构212可被组装以形成施加组件, 其中施加组件被配置成施加至皮肤206, 使得传感器202如所描绘的皮下插入。在此类场景中, 发射器208可在该组件施加至皮肤206之后诸如经由附接机构212附接到该组件。附加地或另选地, 发射器208可作为施加组件的一部分并入, 使得传感器202、粘结垫210、附接机构212和发射器208(与传感器模块204一起)可全部同时施加至皮肤206。在一个或多个具体实施中, 使用单独的施加器(未示出)将施用组件施加至皮肤206。也可通过将粘结垫210从皮肤206上剥离来移除此施用组件。以这种方式, CGM系统104及其如图2所示的各种部件表示一个示例性形状因数, 并且CGM系统104及其部件可具有不同的形状因数而不脱离所描述技术的精神或范围。

[0084] 在操作中, 传感器202经由至少一个通信信道通信地联接到传感器模块204, 该至少一个通信信道可以是“无线”连接或“有线”连接。从传感器202到传感器模块204、或从传感器模块204到传感器202的通信可主动地或被动地实现, 并且可为连续的(例如, 模拟的)或离散的(例如, 数字的)。

[0085] 传感器202可以是响应于至少部分地独立于传感器202的事件而变化或导致发生变化的装置、分子和/或化学物质。传感器模块204被实现以接收对传感器202的变化或由传感器202引起的变化的指示。例如, 传感器202可包括葡萄糖氧化酶, 该葡萄糖氧化酶与葡萄糖和氧反应以形成过氧化氢, 该过氧化氢可由传感器模块204的电极电化学检测到。在该示例中, 传感器202可被配置为或可包括葡萄糖传感器, 该葡萄糖传感器被配置成使用一种或

多种测量技术来检测血液或间质液中指示葡萄糖水平的分析物。

[0086] 在另一示例中,传感器202(或CGM系统104的附加的、未描绘的传感器)可包括第一电导体和第二电导体,并且传感器模块204可电检测跨传感器202的第一电导体和第二导电体的电位的变化。在该示例中,传感器模块204和传感器202被配置为热电偶,使得电位的变化对应于温度变化。在一些示例中,传感器模块204和传感器202被配置成检测单一分析物(例如,葡萄糖)。在其他示例中,传感器模块204和传感器202被配置成检测多种分析物(例如,钠、钾、二氧化碳和葡萄糖)。另选地或附加地,CGM系统104包括多个传感器以不仅检测一种或多种分析物(例如,钠、钾、二氧化碳、葡萄糖和胰岛素),而且检测一种或多种环境条件(例如,温度)。因此,传感器模块204和传感器202(以及任何附加传感器)可检测一种或多种分析物的存在、一种或多种分析物的不存在和/或一种或多种环境条件的变化。

[0087] 在一个或多个具体实施中,尽管在图2的所示示例中未描绘,但传感器模块204可包括处理器和存储器。通过利用这种处理器,传感器模块204可基于与传感器202的指示一个或多个变化(例如,分析物变化、环境条件变化等)的通信来生成葡萄糖测量结果118。基于与传感器202的通信,传感器模块204被进一步配置成生成CGM装置数据214。CGM装置数据214代表包括至少一个葡萄糖测量结果118的可传达数据包。另选地或附加地,CGM装置数据214包括其他数据,诸如多个葡萄糖测量结果118、传感器识别216、传感器状态218、其组合等。在一个或多个具体实施中,CGM装置数据214可包括其他信息,诸如对应于葡萄糖测量结果118和其他分析物的测量结果的温度中的一个或多个温度。以这种方式,CGM装置数据214可包括除至少一个葡萄糖测量结果118之外的各种数据,而不脱离所描述的技术的精神或范围。

[0088] 在操作中,发射器208可将CGM装置数据214作为数据流无线地传输到计算装置108。另选地或附加地,传感器模块204可缓冲CGM装置数据214(例如,在传感器模块204的存储器中)并导致发射器208以各种间隔传输缓冲的CGM装置数据214,这些间隔例如时间间隔(每秒钟、每三十秒、每分钟、每五分钟、每小时等)、存储间隔(当缓冲的CGM装置数据214达到阈值数据量或CGM装置214的实例数量时)、其组合等。

[0089] 除了生成CGM装置数据214并导致其被传达到计算装置108之外,传感器模块204被配置成根据一个或多个具体实施来执行附加功能。此附加功能可包括针对人102生成未来葡萄糖水平的预测,并基于该预测传达通知(例如,预期即将发生的事件的通知、当预测指示人102的葡萄糖水平可能很危险时的警告等)。在经由网络116到服务的连接受限或不存在的条件下,传感器模块204的这种计算能力特别有利。以这种方式,可在不必依赖连接(例如,互联网连接)的情况下提醒人们注意危险状况。传感器模块204的此附加功能还可包括初始地或在持续的基础上校准传感器202,以及校准CGM系统104的任何其他传感器。

[0090] 关于CGM装置数据214,传感器识别216表示从其他传感器(例如,其他CGM系统104的其他传感器、先前或随后植入皮肤206中的其他传感器等)中唯一地识别传感器202的信息。通过唯一地识别传感器202,传感器识别216还可用于识别关于传感器202的其他方面,诸如传感器202的制造批次、传感器202的包装细节、传感器202的装运细节等。以这种方式,可以不同的方式识别和使用针对以与传感器202类似的方式制造、包装和/或装运的传感器检测到的各种问题(例如,以校准葡萄糖测量结果118、通知用户更换或处置有缺陷的传感器、通知制造设施加工问题等)。

[0091] 传感器状态218表示传感器202在给定时间的状态(例如,在产生葡萄糖测量结果118中的一个葡萄糖测量结果的同时传感器的状态)。为此,传感器状态218可包括针对葡萄糖测量结果118中的每个葡萄糖测量结果的条目,使得在葡萄糖测量结果118与传感器状态218信息中捕获的状态之间存在一对一关系。一般来讲,传感器状态218描述传感器202的操作状态。在一个或多个具体实施中,传感器模块204可识别给定葡萄糖测量结果118的多个预定操作状态中的一个预定操作状态。所识别的操作状态可基于来自传感器202的通信和/或这些通信的特性。

[0092] 以举例的方式,传感器模块204可包括(例如,在存储器或其他存储设备中)具有预定数量的操作状态和用于从另一状态选择一个状态的基础的查找表。例如,预定状态可包括“正常”操作状态,其中选择此状态的基础可以是来自传感器202的通信落入指示正常操作的阈值内(例如,在预期时间的阈值内、在预期信号强度的阈值内、当环境温度在适当温度的阈值内以按预期继续操作时、其组合等)。预定状态还可包括指示传感器202通信的一个或多个特性在正常活动之外并且可能导致葡萄糖测量结果118中的潜在误差的操作状态。

[0093] 这些非正常操作状态的基础可包括在阈值预期时间之外接收来自传感器202的通信、在预期信号强度阈值之外检测传感器202的信号强度、在适当温度之外检测环境温度以按预期继续操作、检测到102已相对于CGM系统104改变了取向(例如,在床上翻身)等。传感器状态218可指示关于传感器202和CGM系统104的多种方面,而不脱离本文所述的技术的精神或范围。

[0094] 考虑了示例性环境和示例性CGM系统后,现在考虑根据一个或多个具体实施的用于使用至少一个机器学习模型来生成事件预测和葡萄糖测量结果预测的技术的一些示例性细节的描述。

[0095] 葡萄糖测量结果预测

[0096] 图3描绘了其中CGM装置数据(包括葡萄糖测量结果)结合使用机器学习的葡萄糖测量结果预测被引导至不同系统的示例性具体实施300。

[0097] 所示示例300包括CGM系统104和关于图1介绍的计算装置108的示例。所示示例300还包括数据分析平台122和存储装置120,该存储装置如上所述存储葡萄糖测量结果118。在示例300中,CGM系统104被描绘为将CGM装置数据214传输到计算装置108。如关于图2所描述的,CGM装置数据214包括葡萄糖测量结果118以及其他数据。CGM系统104被配置成以多种方式将CGM装置数据214传输到计算装置108。

[0098] 所示示例300还包括CGM包302。CGM包302代表包括CGM装置数据214(例如,葡萄糖测量结果118、传感器识别216和传感器状态218)、补充数据304或其部分的数据。在该示例300中,CGM包302被描绘为从计算装置108引导至CGM平台112的存储装置120。一般来讲,计算装置108包括至少部分地基于CGM装置数据214生成补充数据304的功能。计算装置108还包括将补充数据304与CGM装置数据214一起打包以形成CGM包302并将CGM包302传达到CGM平台112以便存储在存储装置120中(例如,经由网络116)的功能。因此,CGM包302可包括由CGM系统104收集的数据(例如,由传感器202感测到的葡萄糖测量结果118)以及由充当CGM系统104与CGM平台112之间的中介的计算装置108(诸如用户的移动电话或智能手表)生成的补充数据304。

[0099] 关于补充数据304,计算装置108可生成多种补充数据以补充包括在CGM包302中的CGM装置数据214。根据所描述的技术,补充数据304可描述用户的上下文的一个或多个方面,使得可识别用户的上下文与CGM装置数据214(例如,葡萄糖测量结果118)的对应关系。以举例的方式,补充数据304可描述与计算装置108的用户交互,并且包括例如从描述针对特定应用程序的交互(例如,做出的选择、执行的操作)的应用程序日志中提取的数据。补充数据304还可包括描述关于计算装置108的输入/输出接口执行的点击、轻击和按压的点击流数据。作为另一示例,补充数据304可包括描述用户正在看哪里的凝视数据(例如,关于与计算装置108相关联的显示装置或当用户将视线从装置上移开时)、描述用户或其他用户的可听命令和其他口头短语的语音数据(例如,包括被动地倾听用户)、描述装置的装置数据(例如,品牌、型号、操作系统和版本、相机类型、计算装置108正在运行的应用)、其组合等。

[0100] 补充数据304还可描述用户的上下文的其他方面,诸如环境方面,包括例如用户的位置、该位置处的温度(例如,一般在户外,使用温度感测功能接近用户)、该位置处的天气、用户的海拔高度、大气压力、经由IoT114获得的关于用户的上下文信息(例如,用户正在吃的食物、用户正在使用运动装备的方式、用户正在穿戴的衣服)等。补充数据304还可描述检测到的关于用户的健康相关方面,包括例如步数、心率、出汗、用户的体温(例如,如由计算装置108检测到的)等。就计算装置108可包括检测或以其他方式测量与CGM系统104相同的一些方面的功能而言,可比较来自这两个来源的数据的准确性、故障检测等。上述类型的补充数据304仅是示例,并且补充数据304可包括更多、更少或不同类型的数据而不脱离本文所述的技术的精神或范围。

[0101] 无论补充数据304如何稳健地描述用户的上下文,计算装置108可将CGM包302(例如,包含CGM装置数据214和补充数据304)传达到CGM平台112,以便以各种间隔进行处理。在一个或多个具体实施中,计算装置108将CGM包302基本上实时地流式传输到CGM平台112(例如,当CGM系统104连续地向计算装置108提供CGM装置数据214时)。计算装置108可另选地或附加地以预定间隔(例如,每秒钟、每30秒、每小时等)将CGM包302中的一个或多个CGM包传达到CGM平台112。

[0102] 尽管所示示例300中未描绘,但CGM平台112可处理CGM包302并导致CGM装置数据214和补充数据304中的至少一些被存储在存储装置120中。此数据可从存储装置120提供给数据分析平台122或以其他方式被数据分析平台访问,由此使得数据分析平台能够生成葡萄糖测量结果预测以及即将发生的事件的预测,如下文进一步详细描述。

[0103] 例如,在CGM系统104和/或计算装置108具有有限的计算资源的具体实施中,利用数据分析平台122来扩增CGM系统104和/或计算装置108的计算资源。考虑数据分析平台122在周期性基础上(诸如每天、每隔一天、每周等)接收CGM装置数据214的示例。在该示例中,数据分析平台122使用与CGM系统104和/或计算装置108可用的计算资源相比大得多的计算资源来在周期性基础上处理CGM装置数据214。在一个示例中,数据分析平台122在周期性基础上执行CGM装置数据214的计算资源密集型预处理,并将预处理的CGM装置数据214传达到计算装置108以进行附加处理。

[0104] 在另一示例中,数据分析平台122在周期性基础上执行CGM装置数据214的完整处理,并将此完整处理的结果的指示传达到计算装置108和/或CGM系统104。例如,数据分析平台122在周期性基础上训练诸如机器学习模型的模型,并且计算装置108和/或CGM系统104

利用或以其他方式访问经训练的模型。在该示例中，训练模型是计算资源密集型的，并且需要与CGM系统104和/或计算装置108可用的资源相比更大的计算资源，而使用经训练的模型不是那么计算密集型的。

[0105] 在又一个示例中，计算装置108可被配置成利用在第一训练数据集上训练的模型，而数据分析平台122被配置成使用附加训练数据集继续训练模型，并且在每个附加训练数据集上训练之后，将经训练的模型的后续实例传达到计算装置108。以这种方式，CGM系统104、计算装置108和数据分析平台122被配置成在分布式计算环境中一起作用，以利用与CGM系统104、计算装置108或数据分析平台122中的单独一者以其他方式可用的计算资源和网络资源相比附加的计算资源和网络资源，如下文关于图15进一步详细描述。

[0106] 在一个或多个具体实施中，数据分析平台122被配置成从第三方306（例如，第三方服务提供方）摄取数据，以便结合生成即将发生的葡萄糖水平和即将发生的事件的预测来使用。以举例的方式，第三方306可诸如经由第三方306制造和/或部署的装置（例如，锻炼装置、可穿戴装置等）产生其自己的附加数据。所示示例300包括第三方数据308，该第三方数据示为从第三方306传达到数据分析平台122并且代表由第三方306产生的或以其他方式从第三方传达的附加数据。

[0107] 如上所述，第三方306可制造和/或部署相关联的装置。附加地或另选地，第三方306可通过其他源（诸如对应的应用程序）获得数据。因此，此数据可包括经由对应的第三方应用程序（例如，社交网络应用程序、生活方式应用程序等）输入的用户输入数据。鉴于此，由第三方306产生的数据可以各种方式配置，包括配置为专有数据结构、文本文件、经由用户的移动装置获得的图像、指示输入到暴露字段或对话框的文本的格式、指示选项选择的格式、其组合等。

[0108] 第三方数据308可描述与由第三方提供的一个或多个服务相关的各个方面，而不脱离所描述的技术的精神或范围。第三方数据308可包括例如描述用户与由第三方306提供的特定应用程序的使用或交互的应用程序交互数据。一般来讲，应用程序交互数据使得数据分析平台122能够确定用户群体110的用户对特定应用程序的使用或使用量。例如，此类数据可包括从描述与特定应用程序的用户交互的应用程序日志中提取的数据、描述关于应用程序的输入/输出接口执行的点击、轻击和按压的点击流数据等。在一个或多个具体实施中，数据分析平台122被配置成接收由第三方306产生或以其他方式获得的第三方数据308。

[0109] 数据分析平台122示为包括预测系统310。根据所描述的系统，预测系统310被配置成基于葡萄糖测量结果118生成预测312。具体地，预测系统310被配置成基于在先前时间间隔期间获得的葡萄糖测量结果118和与各种预测312相关联的置信水平来生成未来时间间隔内即将发生的葡萄糖测量结果和即将发生的事件的预测312。例如，预测系统310被配置成基于在先前时间间隔期间获得的葡萄糖测量结果118、历史用户信息及其组合来预测在某个时间间隔内即将发生的事件的发生（或不发生）。如下文进一步详细描述的，预测312可以是基于葡萄糖测量结果118的，这些葡萄糖测量结果已根据时间戳排序以形成时间序列葡萄糖测量结果（例如，葡萄糖迹线）。在一个或多个具体实施中，例如，由预测系统310用来生成预测312的附加数据可包括CGM装置数据214、补充数据304、第三方数据308、来自IoT 114的数据、其组合等的一个或多个部分。如下所述，预测系统310可通过使用以堆叠配置布置的多个机器学习模型来生成此类预测312。这些模型可使用葡萄糖测量结果118和从用户

群体110获得的附加数据来训练或以其他方式构建。

[0110] 基于生成的预测312,数据分析平台122还可生成通知314。例如,通知314可提醒用户即将发生的事件预测,使得用户的葡萄糖水平可能超过高葡萄糖阈值、低葡萄糖阈值等。另选地或附加地,通知314还可诸如通过推荐用户执行动作(例如,消耗特定食物或饮料、将应用下载到计算装置108、立即就医、减少胰岛素剂量、改变锻炼行为)、继续行为(例如,继续以某种方式进食或以某种方式锻炼)、改变行为(例如,改变进食习惯或锻炼习惯、改变基础或推注胰岛素剂量)、它们的组合等,为决定如何减轻与有问题的葡萄糖水平相关联的不利健康影响提供支持。

[0111] 在此类场景中,预测312和/或通知314从数据分析平台122传达并经由计算装置108输出。在所示示例300中,预测312和通知314被进一步示为被传达到计算装置108。附加地或另选地,在预测312和/或通知314被递送到计算装置108之前,预测312和/或通知314可被引导至决策支持平台和/或验证平台。在生成预测312的上下文中,考虑图4的以下描述。预测312和/或通知314可被进一步递送到第三方306,诸如递送到与人102相关联的医疗服务提供方。

[0112] 图4更详细地描绘了用以使用机器学习模型来预测即将到来的时间间隔的葡萄糖测量结果的图3的预测系统310的示例性具体实施400。如本文所用,术语“机器学习模型”是指可基于输入进行调整(例如,训练)以近似未知函数的计算机表示。以举例的方式,术语“机器学习模型”可包括一种模型,该模型利用算法通过分析已知数据来学习已知数据并对已知数据进行预测,以学习生成反映已知数据的模式和属性的输出。根据各种具体实施,这种机器学习模型使用监督学习、半监督学习、无监督学习、强化学习和/或转移学习。例如,机器学习模型可包括但不限于聚类、决策树、支持向量机、线性回归、逻辑回归、贝叶斯网络、随机森林学习、降维算法、增强算法、人工神经网络(例如,全连接神经网络、深度卷积神经网络或递归神经网络)、深度学习等。以举例的方式,机器学习模型通过根据已知输入数据生成数据驱动的预测或决策来对数据进行高级抽象。

[0113] 在所示示例400中,预测系统310被配置成接收葡萄糖测量结果118(例如,从存储设备120)、时间戳402和附加数据404。根据一个或多个具体实施,葡萄糖测量结果118和附加数据404可对应于人102。葡萄糖测量结果118中的每个葡萄糖测量结果对应于时间戳402中的一个时间戳。以这种方式,在葡萄糖测量结果118与时间戳402之间可存在一对一关系,使得对于每个单独的葡萄糖测量结果118存在对应的时间戳402。在一个或多个具体实施中,CGM装置数据214可包括葡萄糖测量结果118和对应的时间戳402。因此,对应的时间戳402可与CGM系统104级别处的葡萄糖测量结果118相关联(例如,结合产生葡萄糖测量结果118)。不管时间戳402如何与葡萄糖测量结果118相关联或者哪个装置将时间戳402与葡萄糖测量结果118相关联,葡萄糖测量结果118中的每个葡萄糖测量结果都具有对应的时间戳402。

[0114] 在该示例400中,预测系统310被描绘为包括序列管理器406和预测管理器408,其中预测管理器408被配置成基于葡萄糖测量结果118、时间戳402和附加数据404中的一者或多者来生成预测312。尽管预测系统310被描绘为仅包括测序管理器406和预测管理器408,但预测系统310可具有更多、更少和/或不同的部件来生成预测312,其示例在下文进一步详细描述。

[0115] 测序管理器406代表预测系统310基于葡萄糖测量结果410和时间戳402生成时间序列葡萄糖测量结果118(例如,时间系列数据)的功能。尽管葡萄糖测量结果118一般可按顺序次序接收(例如,随着葡萄糖测量结果118的产生,由CGM平台112从CGM系统104和/或计算装置108接收),但在一些情况下,葡萄糖测量结果118中的一个或多个葡萄糖测量结果可不按与产生葡萄糖测量结果118的次序相同的次序接收(例如,具有葡萄糖测量结果118的分组可被乱序传输或接收)。因此,接收次序可能在时间上与CGM系统104产生葡萄糖测量结果118的次序不匹配。另选地或附加地,包括葡萄糖测量结果118中的一个或多个葡萄糖测量结果的通信可能受到破坏。以这种方式,如由预测系统310获得的葡萄糖测量结果118可能不完全按时间次序可能存在多种原因。

[0116] 为了生成时间序列葡萄糖测量结果410,测序管理器406根据相应的时间戳402确定葡萄糖测量结果118的时序性序列。测序管理器406输出葡萄糖测量结果118的时序性序列作为时间序列葡萄糖测量结果410。时间序列葡萄糖测量结果410可被单独地配置或以其他方式被称为“葡萄糖迹线”。

[0117] 根据本文所述的技术,测序管理器406针对特定时间间隔生成时间序列葡萄糖测量结果410。在一个或多个具体实施中,时间序列葡萄糖测量结果410对应于与前几天相对的时间间隔,并且由机器预测管理器408使用来预测当前一天或即将到来的一天的葡萄糖测量结果。因此,与从葡萄糖测量结果提取特征以便生成预测的常规系统不同,时间序列葡萄糖测量结果410对应于特定人102在任何合适的先前时间段范围内(例如,先前一天或多天、先前12小时、先前六小时、先前一小时、先前30分钟等)的一整组估计葡萄糖值。值得注意的是,时间序列葡萄糖测量结果410所跨越的时间间隔的持续时间和定时可基于多种因素而变化,而不脱离本文所述的技术的精神或范围。例如,在一些情况下,时间间隔可被定制成对应于人102的活动时间表(例如,使用一个时间间隔对应于人102的睡眠时间表并且使用另一时间间隔对应于人102的活动(即,清醒)时间表。以这种方式,测序管理器406被配置成针对任何合适的时间间隔生成时间序列葡萄糖测量结果410,该时间间隔可跨越多天(例如,前七天),可跨越多天中的某些小时(例如,前14天的凌晨5:00到晚上10:00)等。

[0118] 当提供葡萄糖测量结果和/或用户行为信息作为输入时,预测管理器408被配置成生成预测312。根据一个或多个具体实施,预测管理器408被进一步配置成通过用附加数据404补充葡萄糖测量结果118(例如,以时间序列葡萄糖测量结果410的形式)的输入来生成预测312。附加数据404代表可用于描述可能影响人102的未来葡萄糖水平的各个方面的信息。附加数据404可在时间上与葡萄糖测量结果118相关(例如,基于与附加数据404相关联的时间戳)。以举例而非限制的方式,此类附加数据404可包括应用程序使用数据(例如,描述所显示的用户界面以及经由用户界面与应用程序的用户交互的点击流数据)、移动装置或智能手表的加速度计数据(例如,指示人已查看装置的用户界面并因此可能已看到与预测事件有关的警报或信息)、对请求关于用户的当前活动或计划活动的输入的通知提示的显式反馈、描述所施用的胰岛素的数据(例如,时间和胰岛素剂量)、描述所消耗的食物数据(例如,食物消耗的时间、食物的类型和/或所消耗的碳水化合物的量)、来自各种传感器的活动数据(例如,步数数据、进行的健身或指示用户活动或锻炼的其他数据)、葡萄糖水平对应激的反应、它们的组合等。

[0119] 例如,附加数据404包括描述人102与计算装置108的交互的交互数据,该交互数据

包括描述人102与和CGM系统104相关联的应用程序的交互的信息。在一些示例中,附加数据404描述人102对显示在计算装置108的用户界面中的警报的响应,诸如人102查看所显示的警报多长时间和/或人102是否解除所显示的警报。在一个示例中,附加数据404包括人102与计算装置108交互以检查葡萄糖测量结果118的次数、这些交互的持续时间、自最近一次交互以来的时间等。

[0120] 以这种方式,附加数据404可包括描述可能影响未来葡萄糖测量结果预测的实际历史事件的发生的信息。例如,在其中附加数据404包括指定人102在星期四下午4:00锻炼的信息的示例性场景中,附加数据404可用作用于生成与未来时间间隔有关的预测的基础,诸如对于跨越下一星期六中午12:00到下午1:00的时间间隔。由于肌肉中发生的变化影响人102在锻炼后数小时(例如,48小时或更长时间)对胰岛素的敏感性,因此确认人102先前何时锻炼的信息对于生成与未来胰岛素施用事件相关的准确预测312至关重要。因此,通过考虑确认锻炼事件发生的附加数据404,可使用随后生成的预测312来推荐将以减轻潜在健康后果(例如,迟发性锻炼后低血糖)的方式施用的胰岛素的正确剂量和/或类型。

[0121] 可指示人的未来葡萄糖水平的方面的进一步示例可包括人102的体温、环境温度、大气压力以及各种健康状况(例如,怀孕、疾病等)的存在或不存在。此外,可指示人的未来葡萄糖水平的各方面可包括描述锻炼(例如,健身频率、持续时间、强度等)、睡眠(例如,持续时间、质量等)、压力(例如,血压、心率等)的各方面的数据,仅举几例。以这种方式,附加数据404可包括上文参考图3描述的补充数据304和/或第三方数据308。在一些具体实施中,附加数据404可代表由预测管理器408在生成预测312的过程中实现的一个或多个机器学习模型输出的信息。

[0122] 为了生成预测312,预测管理器利用至少一个机器学习模型412。机器学习模型412代表经训练以处理输入数据、识别输入数据中的模式并基于所识别的模式生成预测输出的机器学习模型。例如,当被提供附加数据404、葡萄糖测量结果118、或来自预测管理器408实现的一个或多个其他机器学习模型412的输出中的一者或多者时,机器学习模型412可基于人102的葡萄糖测量结果预测目标进行训练。在一些具体实施中,机器学习模型412代表多个不同的机器学习模型,每个机器学习模型基于不同的预测目标进行训练,以便单独地预测胰岛素施用事件、锻炼事件、进餐事件、睡眠或其他恢复事件、应激事件等中的一者。

[0123] 机器学习模型412除了在特定于人102的信息上进行训练之外,可进一步使用用户群体110的历史附加数据进行训练。以这种方式,通过利用葡萄糖测量结果118和附加数据404,提高了与由机器学习模型412生成的预测相关联的准确性和置信度。

[0124] 在一个或多个具体实施中,由预测管理器408作为输入所接收的附加数据404与CGM平台112的应用程序相关联。例如,CGM平台112的应用程序可在用户的计算装置(例如,智能电话或智能手表)处执行,以向用户显示葡萄糖测量结果118、预测312、与预测相关联的通知等(例如,在CGM平台的应用程序的用户界面中)。以这种方式,附加数据404可对应于CGM应用程序的不同控件的屏幕视图或用户选择。此类应用程序使用数据使得预测管理器408能够从用户接收关于对应于预测312的通知314是否准确、有帮助、造成妨碍等的反馈,以及从用户接收为预测提供进一步上下文的反馈(例如,用以减轻与预测312相关联的有问题的葡萄糖水平的用户预期响应)。此反馈可用于分配与预测312相关联的置信水平,预测系统310可进一步使用该置信水平来选择性地细化机器学习模型412的一个或多个参数。因

此,预测管理器408的机器学习模型412可学习与关于人102的各种事件响应(例如,葡萄糖水平变化)相关联的模式,并且然后相应地调整其后续预测。

[0125] 葡萄糖测量结果预测414代表由预测管理器408的机器学习模型412生成的输出预测,该输出预测继而可基于一个或多个训练方法并使用历史葡萄糖测量结果118、附加数据404或由堆叠机器学习模型412中的其他机器学习模型生成的输出预测中的一者或多者来训练,或者可学习底层模型。下文参照图12更详细地描述机器学习模型412的训练。

[0126] 机器学习模型412可被配置的示例性方式包括例如神经网络(例如,诸如长短期记忆网络(LSTM)的递归神经网络)、状态机、马尔可夫链、蒙特卡洛方法以及粒子滤波器,仅举几例。因此,机器学习模型412被配置成对观察到的葡萄糖值118和描述对观察到的葡萄糖值的各种影响的上下文数据的输入流进行分类,以便生成葡萄糖测量结果预测。

[0127] 例如,考虑图5,其描绘了根据一个或多个具体实施的观察到的葡萄糖测量结果118和由预测系统310生成的葡萄糖测量结果预测结果414的示例性表示500。如图所示,表示500包括当前时间指示502,该当前时间指示定义过去时间段504和未来时间段506之间的联系。过去时间段504包括多个葡萄糖测量结果118,该多个葡萄糖测量结果被至少部分地利用来生成未来时间段506中包括的多个葡萄糖测量结果预测414。在一个示例中,预测系统310接收过去时间段504的葡萄糖测量结果118作为输入,并且预测系统310基于葡萄糖测量结果118和/或附加数据404生成葡萄糖测量结果预测414。

[0128] 葡萄糖测量结果预测414中的每个葡萄糖测量结果预测被示为包括由上限值510和下限值512限定的范围内的预测葡萄糖值508。例如,特定预测葡萄糖值508表示在未来时间段506内的特定时间的估计或最高概率葡萄糖值。与特定预测葡萄糖值508相关联的上限值510和下限值512分别表示基于葡萄糖测量结果预测414的定义置信水平在特定时间的可能葡萄糖值的范围的上限和下限。此可能葡萄糖值范围一般随着特定时间相对于当前时间指示502的延伸而增加。例如,随着未来时间段506中的时间的推进,关于预测葡萄糖值508中的每个预测葡萄糖值的关联置信度逐渐降低。随着预测葡萄糖值508中的置信度的降低,葡萄糖测量结果预测414的上限值510和下限值512之间的范围增加。

[0129] 如图所示,表示500包括低警报阈值514和高警报阈值516。为了向CGM系统104的用户提供关于葡萄糖测量结果预测414满足低警报阈值514或高警报阈值516中的一者或多者的提前警告,CGM系统104将葡萄糖测量结果预测414与低警报阈值514和高警报阈值516进行比较。响应于确定葡萄糖测量结果预测414满足低警报阈值514或高警报阈值516,CGM系统104生成被配置成在计算装置108的用户界面中显示的对应警报。

[0130] 在一些示例中,CGM系统104利用葡萄糖测量结果预测414中满足低警报阈值514或高警报阈值516的置信水平作为生成对应警报的一部分。例如,CGM系统104仅在葡萄糖测量结果预测414中满足警报阈值的置信水平至少是置信阈值水平的情况下才生成警报。置信阈值水平可为85%、90%、95%、99%等。在一些示例中,CGM系统104避免基于置信水平小于阈值置信水平的葡萄糖测量结果预测414来生成警报。

[0131] 在所示例中,低警报阈值514和高警报阈值516根据默认设置进行配置(例如,基于用户群体110的葡萄糖测量结果118确定的CGM系统104的默认设置)。另选地或附加地,低警报阈值514和/或高警报阈值516可根据它们相应的默认设置进行调整(例如,经由通过与在计算装置108处实现的对应应用程序的交互而实现的用户输入、响应于从与人102相关联

的医疗服务提供方所接收的数据、它们的组合等)。在一个示例中,计算装置108将描述警报阈值设置的变化和数据传达到CGM系统104,该CGM系统处理该数据并基于修改的设置生成高葡萄糖警报/低葡萄糖警报。在另一示例中,计算装置108通过处理从CGM系统104所接收的数据来生成警报,该数据指示葡萄糖测量结果预测414是否满足低警报阈值514或高警报阈值516中的一者或多者。在一些具体实施中,在满足要输出对应警报的阈值(例如,低警报阈值514或高警报阈值516)之前的时间量至少部分地由与警报相关联的预测范围518控制。尽管本文参照高阈值和低阈值进行了描述,但可针对CGM系统104的用户的任何数量的不同警报指定阈值,诸如“紧急低”阈值、“临界高”阈值等,由此使得能够基于人102的特定需求和/或偏好定制与CGM系统104相关联的警报。

[0132] 如图5所示,表示500包括预测范围518,该预测范围被示为未来时间段506的子集。尽管被示为仅包括未来时间段506的适当子集,但在一些示例中,预测范围518在整个未来时间段506上延伸。预测范围518与特定警报相关联,并且一般对应于在确定相关联的葡萄糖测量结果预测414满足警报的阈值(例如,低警报阈值514或高警报阈值516)之前输出警报的提前警告时间。以这种方式,与低警报阈值514相关联的“低”警报可与不同于与高警报阈值516相关联的“高”警报的预测范围的预测范围518相关联。由于与葡萄糖测量结果预测414相关联的置信度一般与相对于当前时间502的未来时间量成反比,因此预测范围518限制与警报相关联的提前警告时间,以减轻原本由低置信度未来预测产生的假阳性预警的量。应当理解,在诸如其中附加数据404描述未来上下文数据(例如,人102将在两小时内进餐)的场景的一些场景中,与葡萄糖测量结果预测414相关联的置信度之间的关系不一定与相对于当前时间502的未来时间量成正比或反比。因此,CGM系统104监测葡萄糖测量结果预测414并导致响应于确定葡萄糖测量结果预测414满足警报的适当预测范围518内的警报阈值(例如,低警报阈值514或高警报阈值516)而输出警报。

[0133] 在一个示例中,CGM系统104基于特定葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508来确定特定葡萄糖测量结果预测414是否处于或超过对应的警报阈值。在该示例中,CGM系统104利用预测葡萄糖值508与阈值进行比较,因为预测葡萄糖值508对应于特定葡萄糖测量结果预测414的上限值510和下限值512之间的最高概率值。因此,如果CGM系统104识别出预测葡萄糖值508处于或低于警报的预测范围518内的对应阈值,则CGM系统104确定特定葡萄糖测量结果预测414足以生成警报。

[0134] 在另一示例中,CGM系统104使用葡萄糖测量结果预测414的下限值512与阈值进行比较,以确定特定葡萄糖测量结果预测414是否保证输出对应的警报。通过使用下限值512来确定特定葡萄糖测量结果预测414是否满足(例如,处于、高于、或低于)阈值,CGM系统104改变确定特定葡萄糖测量结果预测414满足警报的阈值的概率。例如,在其中将下限值512与低测量警报(例如,低警报、紧急低警报等)进行比较的具体实施中,利用葡萄糖测量结果预测414的下限值512增加了葡萄糖测量结果预测414将触发低测量警报的可能性。相反地,在其中将下限值512与高测量警报(例如,高警报、临界高警报等)进行比较的具体实施中,利用葡萄糖测量结果预测414的下限值512降低了葡萄糖测量结果预测414将触发高测量警报的可能性。

[0135] 另选地或附加地,CGM系统104可使用上限值510作为确定特定葡萄糖测量结果预测414是否满足警报的阈值的基础。例如,在其中将上限值510与低测量警报进行比较的具

体实施中,利用上限值510降低了葡萄糖测量结果预测414将触发低测量警报的可能性。相反地,在其中将上限值与高测量警报进行比较的具体实施中,利用上限值510增加了葡萄糖测量结果预测414将触发高测量警报的可能性。

[0136] 不管CGM系统104是否使用特定预测葡萄糖值508、特定上限值510或特定下限值512来确定特定葡萄糖测量结果预测414是否满足警报的阈值,CGM系统都可利用特定葡萄糖测量结果预测414的置信水平来确定是否生成警报。例如,CGM系统104将特定葡萄糖测量结果预测414的置信水平与阈值置信水平进行比较。如果特定葡萄糖测量结果预测414的置信水平大于或等于阈值置信水平,则CGM系统104可生成警报。相反地,如果特定葡萄糖测量结果预测的置信水平小于阈值置信水平,则CGM系统104可不生成警报。

[0137] 响应于确定葡萄糖测量结果预测414满足警报的预测范围518内的警报阈值,CGM系统104导致输出警报(例如,以便在计算装置108的用户界面中显示)。因此,警报的输出使得人102能够进行干预并防止未来观察到的葡萄糖测量结果118实际上满足预警的对应阈值(例如,低警报阈值514、高警报阈值516等)。这种干预的示例包括消耗被配置成增加血液葡萄糖水平的膳食补充剂、服用葡萄糖片剂、消耗碳水化合物、锻炼、禁用胰岛素递送系统106、施用胰岛素(例如,经由胰岛素递送系统106或手动地)、它们的组合等。

[0138] 通过基于确定葡萄糖测量结果预测414满足警报的预测范围518内的警报阈值来生成警报,CGM系统104向人102提供有问题的葡萄糖事件概率的提前警告。如上所述,这种有问题的葡萄糖事件的提前警告时间的量至少部分地与预测范围518的长度相关(例如,预测范围518相对于当前时间502的持续时间)。一般来讲,增加预测范围518的长度还增加了警报的输出与满足阈值的葡萄糖测量结果预测414的预测发生之间的提前警告时间量。类似地,减小预测范围518的长度一般减小警报的输出与满足阈值的葡萄糖测量结果预测414的预测发生之间的提前警告时间量。

[0139] CGM系统104还能够修改预测范围518和/或利用多个预测范围连同修改的预测范围和/或多个预测范围中包括的葡萄糖测量结果预测414的置信水平来生成警报或避免生成警报。考虑其中CGM系统104确定预测范围518中包括的葡萄糖测量结果预测414满足警报的阈值并且CGM系统104还确定葡萄糖测量结果预测414的第一置信水平的示例。在该示例中,CGM系统104通过增加或减少预测范围518的长度来修改预测范围518,以生成修改的预测范围518。然后,CGM系统104确定修改的预测范围518中包括的葡萄糖测量结果预测414满足警报的阈值并且此葡萄糖测量结果预测414具有第二置信水平。CGM系统104将第一置信水平与第二置信水平进行比较。

[0140] 在其中第一置信水平大于第二置信水平的示例中,CGM系统104基于预测范围518生成警报。在其中第二置信水平大于第一置信水平的示例中,CGM系统104基于修改的预测范围518生成警报。在另一示例中,CGM系统104将第一置信水平和第二置信水平中的较大者与阈值置信水平进行比较,并且在第一置信水平和第二置信水平中的较大者小于阈值置信水平的情况下避免生成警报。

[0141] 考虑其中CGM系统104使用多个预测范围来生成警报的另一示例。在该示例中,CGM系统可使用不同的预测范围,这些预测范围从五分钟预测范围开始并且包括持续时间以五分钟为增量增加的附加预测范围,诸如五分钟预测范围、10分钟预测范围、15分钟预测范围、20分钟预测范围、25分钟预测范围、30分钟预测范围、35分钟预测范围、40分钟预测范

围、45分钟预测范围、50分钟预测范围、55分钟预测范围、60分钟预测范围等。

[0142] 在前一示例中,多个预测范围可通过重叠来延伸,使得包括在五分钟预测范围中的葡萄糖测量结果预测414也包括在10分钟预测范围中,包括在10分钟预测范围中的葡萄糖测量结果预测414也包括在15分钟预测范围中,包括在15分钟预测范围中的葡萄糖测量结果预测414包括在20分钟预测范围中等。然而,在其他示例中,多个预测范围未必通过重叠来延伸(例如,不重叠)且未必在时间上连续(例如,未来时间段506中的一个或多个间隙可将预测范围的结束与多个预测范围的下一预测范围的开始分开)。

[0143] 在一些示例中,多个预测范围可部分地重叠,使得直到在未来时间段506中出现第二预测范围的开始之后,才出现第一预测范围的结束。在这些示例中,可以若干方式利用下一预测范围的开始与前一预测范围的结束之间的部分重叠。例如,在下一预测范围的开始与前一预测范围的结束之间的部分重叠期间,可将前一预测范围的葡萄糖测量结果预测414与下一预测范围的葡萄糖测量结果预测414进行比较,以便证实和/或验证下一预测范围的葡萄糖测量结果预测414中的置信水平。在类似示例中,可能已将前一预测范围的葡萄糖测量结果预测414与包括在前一预测范围的开始与附加前一预测范围的结束之间的附加部分重叠中的附加前一预测范围的葡萄糖测量结果预测414进行比较等。

[0144] 在一些示例中,CGM系统104利用多个预测范围和包括在多个预测范围中的满足警报的阈值水平的葡萄糖测量结果预测414的置信水平的组合来减少假阳性警报和/或延伸传达警报与对应于所传达警报的葡萄糖事件的预测发生之间的提前警告时间量。例如,如果多个葡萄糖测量结果预测414满足多个预测范围中的一个或多个预测范围内的警报的阈值,则CGM系统104可将多个葡萄糖测量结果预测414中的特定葡萄糖测量结果预测414识别为具有最高置信水平。在该示例中,CGM系统104基于特定葡萄糖测量结果预测414生成警报,这使假阳性警报最小化。例如,CGM系统104可将特定葡萄糖测量结果预测414识别为具有最高置信水平,该最高置信水平也大于阈值置信水平。

[0145] 考虑其中CGM系统104确定多个葡萄糖测量结果预测414满足多个预测范围中的一个或多个预测范围内的警报的阈值的示例。在该示例中,CGM系统104将多个葡萄糖测量结果预测414中的特定葡萄糖测量结果预测414识别为在具有满足阈值的葡萄糖测量结果预测414中的一个或多个葡萄糖测量结果预测的一个或多个预测范围中的最长预测范围中满足警报的阈值。例如,如果特定葡萄糖测量结果预测414也与大于阈值置信水平的置信水平相关联,则CGM系统基于特定葡萄糖测量结果预测414生成警报。以这种方式,CGM系统104延伸传达警报与对应于所传达警报的葡萄糖事件的预测发生之间的提前警告时间量。

[0146] 考虑其中CGM系统104利用多个预测范围的特定示例,该多个预测范围包括延伸10分钟的第一预测范围、延伸20分钟的第二预测范围和延伸30分钟的第三预测范围。在该示例中,三个预测范围中的每个预测范围包括满足警报的阈值的葡萄糖测量结果预测414。CGM系统104确定满足警报的阈值的葡萄糖测量结果预测414中的每个葡萄糖测量结果预测中的置信水平。例如,满足第二预测范围中的警报的阈值水平的第一葡萄糖测量结果预测414中的置信水平高于满足第三预测范围中的警报的阈值水平的第二葡萄糖测量结果预测414中的置信水平。如果第一葡萄糖测量结果预测和第二葡萄糖测量结果预测414都大于阈值置信水平,则在一个示例中,CGM系统104基于第二葡萄糖测量结果预测414生成警报,因为第三预测范围长于第二预测范围。在该示例中,CGM系统104延伸传达警报与对应于所传

达警报的葡萄糖事件的预测发生之间的提前警告时间量。在其中CGM系统104减少假阳性警报的示例中,CGM系统104基于第一葡萄糖测量结果预测414与比第二葡萄糖测量结果预测414更高的置信水平相关联而生成警报。

[0147] 在考虑了由预测系统310相对于用于警报通知的葡萄糖水平阈值生成的葡萄糖测量结果预测的示例后,现在考虑警报通知的不同预测范围的示例性具体实施。

[0148] 图6描绘了由图3的预测系统生成的葡萄糖测量结果预测414与和针对葡萄糖测量结果预测414的警报通知相关联的预测范围之间的关系示例性表示600。表示600包括当前时间指示602,该当前时间指示定义过去时间段604与未来时间段606之间的联系。如图5的表示500中所描绘的,过去时间段604包括多个观察到的葡萄糖测量结果118,该多个观察到的葡萄糖测量结果至少部分地由预测系统310利用来生成预期在未来时间段606期间发生的多个葡萄糖测量结果预测414。

[0149] 表示600包括低警报阈值514和高警报阈值516以及第一预测范围608、第二预测范围610和第三预测范围612。第一预测范围608被示为从当前时间延伸,如通过从当前时间指示602跨越到第一未来时间指示614所指示的。在一个示例中,第一预测范围608是对应于低预警阈值514和/或高警报阈值516的警报的默认预测范围,诸如基于用户群体110的CGM装置数据214确定的预测范围。

[0150] 在另一示例中,第一预测范围608大于或小于CGM系统104的一个或多个警报的默认预测范围。在该示例中,默认预测范围的修改可由人102通过与计算装置108的应用程序(诸如CGM系统104的应用程序)的交互来定义。因此,第一预测范围608代表任何合适的时间度量(例如,10分钟、15分钟、20分钟、25分钟、30分钟等)。

[0151] 如图6所示,葡萄糖测量结果118的值被示为刚好在当前时间指示符602之前增加,其中葡萄糖测量结果预测414在第一预测范围608内超过高警报阈值516。在其中高警报阈值516与第一预测范围608相关联的示例性具体实施中,响应于识别出葡萄糖测量结果预测414中的至少一个葡萄糖测量结果预测在第一预测范围608期间满足高警报阈值516,CGM系统104导致输出对应的警报(例如,经由计算装置108的用户界面中的显示)。高警报的输出可提示或以其他方式鼓励人102进行干预并防止未来观察到的葡萄糖测量结果118实际上升到满足与高警报阈值516相关联的值。用以防止葡萄糖水平持续升高的干预的示例包括服用胰岛素、锻炼、避免消耗碳水化合物等。

[0152] 继续该示例,葡萄糖测量结果预测414的值被示为在第一预测范围608内超过高警报阈值516之后减小。葡萄糖测量结果预测414值的这种减小可反映人102的预测的干预,诸如响应于高警报的输出而采取的干预。尽管葡萄糖测量结果预测414被示为在超过高警报阈值516之后减小,但如果低警报也与第一预测范围608相关联,则CGM系统104将不会导致输出对应的低警报。这是因为第一预测范围608不包括满足低预警阈值514的葡萄糖测量结果预测414(例如,直到第一未来时间指示614之后才预测发生满足低警报阈值514的葡萄糖测量结果预测414,这标志着第一预测范围608的结束)。

[0153] 与第一预测范围相比,第二预测范围610比第一预测范围608延伸到未来时间段606中更远,如表示600中所示。具体地,第二预测范围610从当前时间延伸到由第二未来时间指示616表示的第二未来时间。以这种方式,第二预测范围610代表大于与第一预测范围608相关联的时间量的任何合适的时间度量(例如,20分钟、25分钟、30分钟、35分钟、40分钟

等)。

[0154] 尽管被示为从当前时间跨越到第二未来时间指示616,但第二预测范围610可另选地在不同于当前时间的起始时间开始。在一个示例中,第二预测范围610在第一预测范围608中包括的时间点开始,诸如在第一未来时间指示614处或之前开始,并且跨越直到第二未来时间指示616为止。在该示例中,CGM系统104的计算资源通过仅监测葡萄糖测量结果预测414的一部分来保存,该部分原本表示为发生在当前时间与第二未来时间指示616之间。因此,虽然在表示600中被示为跨越三个不同且重叠的时间点,但如本文中所述的预测范围518可跨越任何时间量并且不限于在当前时间开始。

[0155] 以举例的方式,并且不管预测范围518何时开始和/或结束,预测范围518都可在未来时间段506中随着当前时间的推进而推进(例如,基本上实时地推进)。在前一示例中,随着当前时间推进一个时间单位,预测范围518的开始和结束也在未来时间段506中推进一个未来时间单位。在其他示例中,预测范围518的开始和/或结束可比当前时间推进得更快或更慢,诸如基于当前时间推进一个时间单位而推进0.5个未来时间单位或1.5个未来时间单位。在一个示例中,预测范围518的开始和/或结束可能不会随着当前时间的推进而推进(例如,预测范围518可能相对于动态当前时间是静态的)。

[0156] 例如,预测范围518可在未来时间段506内以对应于预测系统310生成葡萄糖测量结果预测414的频率的时间增量推进。在该示例中,如果预测系统310每两个时间单位生成一个葡萄糖测量结果预测414,则预测范围518可能不会未来时间段506内响应于当前时间推进一个时间单位而推进。替代地,在该示例中,预测范围518可基于预测系统310生成葡萄糖测量结果预测414的频率,响应于当前时间推进两个时间单位而推进两个未来时间单位。

[0157] 在一些示例中,预测范围518在未来时间段506中的推进可相对于当前时间的推进而被延迟。当前时间的推进与预测范围518的推进之间的这种延迟可对应于等于预测系统310生成葡萄糖测量结果预测414的频率的倍数的时间延迟。例如,随着当前时间的推进,CGM系统104指示过去时间段504中的新的葡萄糖测量结果118。此新的葡萄糖测量结果118对应于在当前时间推进之前被包括在未来时间段506中的特定葡萄糖测量结果预测414。在一个示例中,预测系统310将新的葡萄糖测量结果118的值与特定葡萄糖测量结果预测结果414的值进行比较。

[0158] 通过以这种方式将新的葡萄糖测量结果118的值与先前的葡萄糖测量结果预测结果414的值进行比较,预测系统310改善了预测葡萄糖值508的准确性以及这些预测中的置信度。例如,预测系统310可基于此比较来调整葡萄糖测量结果预测414。在另一示例中,预测系统310利用此比较来生成新的葡萄糖测量结果预测414。预测系统310还可将多个新的葡萄糖测量结果118的值与葡萄糖测量结果预测结果414的值进行比较,以进一步改善预测葡萄糖值508中的置信度。

[0159] 如图6所示以及上文关于图5所述,葡萄糖测量结果预测414的相应上限值510与下限值512之间的差异一般随着在未来时间段606中从当前时间进一步生成葡萄糖测量结果预测414而增大。例如,随着预测414在未来进一步进行,葡萄糖测量结果预测414的上限值和下限值之间的这种增加的差异解释了相对于葡萄糖测量结果预测的预测葡萄糖值508的更宽的误差容限。由于随着从当前时间进一步预测葡萄糖测量结果预测414,关于葡萄糖测量结果预测的这种逐渐增加的误差容限,由预测系统310输出的预测一般在第一预测范围

608中比包括在第二预测范围610中的预测更可靠。例如,如由包括在第二预测范围中的葡萄糖测量结果预测414的下限值512超过低预警阈值514而相同葡萄糖测量结果预测414自身的对应预测葡萄糖值508不满足低预警阈值514所指示的,用于包括在第二预测范围610中的葡萄糖测量结果预测414的警报输出更可能是假阳性警报,这取决于CGM系统104的用户的具体设置。

[0160] 第三预测范围612比第一预测范围608和第二预测范围610延伸到未来时间段606中更远。如表示600中所示,第三预测范围612从当前时间延伸到由第三未来时间指示618所指示的第三未来时间。因此,第三预测范围612代表比第一预测范围608和第二预测范围610延伸到未来时间段606中更远的任何合适的持续时间(例如,30分钟、35分钟、40分钟、45分钟、50分钟等)。

[0161] 如图所示,包括在第三预测范围612中(不包括在第一预测范围610或第二预测范围608中)的葡萄糖测量结果预测414中的每个葡萄糖测量结果预测在它们相应的上限值510和下限值512之间具有比包括在第二预测范围608和第一预测范围610中的葡萄糖测量结果预测414更大的差异。仅包括在第三预测范围612中的葡萄糖测量结果预测414的上限值510和下限值512之间的这一增加的差异代表包括在第三预测范围612中的葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值505中相对于包括在第一预测范围608和第二预测范围610中的葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508的降低的置信水平。在一个示例中,基于包括在第三预测范围612中的葡萄糖测量结果预测414所生成的警报比基于包括在第一预测范围608和第二预测范围610中的葡萄糖测量结果预测所生成的警报更可能是假阳性警报。

[0162] 第三预测范围612包括两个葡萄糖测量结果预测414,该两个葡萄糖测量结果预测具有满足高预警阈值516的上限值510,如图6中的位置620和622所示。第三预测范围612还包括五个葡萄糖测量结果预测414,该五个葡萄糖测量结果预测具有满足低预警阈值514的下限值512,共同由括号624指示。在所示示例中,假设对应于高警报阈值516的警报与第三预测范围612相关联,CGM系统104响应于在位置620处指示的第一上限值510满足高阈值516而生成第一高警报,并导致高警报显示在计算装置108的用户界面中。CGM系统104将进一步响应于在位置622处指示的第二上限值510满足高阈值而生成第二高警报,并导致第二高警报显示在计算装置108的用户界面中。

[0163] 继续前一示例,由括号624指示的五个葡萄糖测量结果预测414的下限值512各自在第三预测范围612期间满足低警报阈值514。在其中对应于低警报阈值514的警报也与第三预测范围612相关联的具体实施中,CGM系统104被配置成生成五个低警报,在第三预测范围612期间满足低警报阈值514的五个下限值512中的每个下限值生成一个低警报。例如,CGM系统104导致五个低警报中的每个低警报显示在计算装置108的用户界面中。

[0164] 妨碍警报

[0165] 根据前一示例,两个高警报和/或五个低警报中的至少一者可以是妨碍警报,这取决于CGM系统104的用户的特定偏好。例如,人102可能倾向于仅接收原本由于与第三预测范围612的关联而输出的七个警报的适当子集,其中未包括在适当子集中的任一个或多个警报被定义为妨碍警报。在一个示例中,CGM系统104识别葡萄糖测量结果预测414中的哪个葡萄糖测量结果预测对应于至少一个妨碍警报,并避免在计算装置108的用户界面中显示所识别的妨碍警报。例如,CGM系统104可基于来自人102的反馈数据、人102的历史CGM系统104

数据、包括在第三预测范围612中的葡萄糖测量结果预测414的上下文分析、它们的组合等来识别妨碍警报。

[0166] 例如,CGM系统104被配置成将在警报输出之后人102的葡萄糖测量结果118的轨迹与在其间没有输出警报的一个或多个类似历史场景(例如,类似的当日时间、类似的葡萄糖测量结果118的轨迹、它们的组合等)进行比较。通过将在警报输出之后人102的葡萄糖测量结果118的轨迹与人102的葡萄糖测量结果118轨迹到当没有输出警报时人102的类似历史葡萄糖测量结果118轨迹进行比较,CGM系统104被配置成确定输出针对特定葡萄糖轨迹的警报是否是有用的(例如,输出警报是否对人102采取干预动作、修改他们的行为或以其他方式响应警报有任何影响)。

[0167] 在一些场景中,为了获得这种类似的历史葡萄糖测量结果118轨迹的数据(其中没有输出警报以与在警报输出之后人102的葡萄糖测量结果118轨迹进行比较),CGM系统104被配置成抑制一个或多个此类警报的输出,以便测量在原本将输出警报的时间点之后人102的葡萄糖测量结果118轨迹。抑制一个或多个警报的输出以获得针对人102的此类比较数据可响应于确定一个或多个警报可能是妨碍警报而执行,如下文进一步详细描述。例如,在一些具体实施中,响应于确定葡萄糖测量结果预测414将在多天的一天中的同一时间(例如,在早餐后)超过高葡萄糖警报的阈值,CGM系统104可在一些天选择性地输出高警报并在其他天抑制高警报的输出。通过选择性地抑制与类似葡萄糖测量结果118和/或葡萄糖测量结果预测414轨迹相关联的警报中的一些警报的输出,CGM系统104可确定人的102响应是否与输出警报的那些天和/或不输出警报的那些天不同,以探知警报对人102是有帮助还是造成妨碍。

[0168] 考虑其中CGM系统104利用人102在特定时间(例如,餐前、餐后、锻炼前、锻炼后、人102睡觉时、人102不睡觉时等)的历史葡萄糖测量结果118和这些测量结果118的轨迹来识别别人102的干预的实例,而不接收建议采取此类干预的警报的示例。在该示例中,人102可能意识到葡萄糖测量结果118轨迹(例如,基于人102对在特定时间发生的葡萄糖测量结果118轨迹的了解)。基于此意识,人102进行干预以调平或逆转葡萄糖测量结果118轨迹而无需接收警报。

[0169] 例如,在基于葡萄糖测量结果预测414在当前时间生成警报之前,CGM系统104分析在前一天或前多天的当前时间之前和之后人102的葡萄糖测量结果118。通过以这种方式分析人102的历史葡萄糖测量结果118,CGM系统104确定人102是否可能意识到当前时间的葡萄糖测量结果118轨迹、人102是否可能在没有接收到警报的情况下进行干预、人102是否可能在接收到警报之后进行干预等。如果CGM系统104基于人102的历史葡萄糖测量结果118确定人102很可能意识到与警报相关联的未来事件,则CGM系统104避免生成警报。例如,如果CGM系统104基于人102的历史葡萄糖测量结果118确定人102可能在没有接收到警报的情况下进行干预,则CGM系统104避免生成警报。类似地,如果CGM系统104基于人的历史葡萄糖测量结果118确定人102在接收到警报之后不太可能进行干预,则CGM系统104避免生成警报。

[0170] 在又一示例中,CGM系统104基于在用户群体110的CGM装置数据214中识别的模式、基于附加数据404、基于它们的组合等来识别妨碍警报。例如,CGM系统利用人102与计算装置108的交互来确定特定警报是否可能是妨碍警报或者特定警报是否可能不是妨碍警报。在该示例中,在计算装置108的用户界面中显示特定警报之前,CGM系统104确定人102是否

已在阈值时间量(例如,1分钟、5分钟、10分钟、15分钟等)内与计算装置108交互以检查人102的葡萄糖测量结果118。在一个示例中,CGM系统104确定人102已在阈值时间量内与计算装置108交互。在该示例中,CGM系统104确定特定警报可能是妨碍警报。在另一示例中,CGM系统104确定人102尚未在阈值时间量内与计算装置108交互。在该另一示例中,CGM系统104确定特定警报可能不是妨碍警报。可以设想其中CGM系统104利用人102与计算装置108的交互来确定特定警报是否是妨碍警报的其他示例,诸如利用人102在特定时间段内与计算装置108交互的次数、基于人102与计算装置108的历史交互的人102与计算装置108交互的平均次数、自从人102最后一次与计算装置108交互以来经过的时间量等。在一个示例中,CGM系统104确定在用户102与计算装置108的交互的指示之后的特定时间段内所有警报都是妨碍警报。在该示例中,CGM系统104避免在人102与计算装置108交互以检查人102的葡萄糖测量结果118之后在阈值时间量(例如,1分钟、5分钟、10分钟、15分钟等)内生成警报。

[0171] 在其他示例中,CGM系统104利用人102与计算装置108的交互的持续时间来确定特定警报是否是妨碍警报。在这些示例中,CGM系统104可推断出人102与在计算装置108的用户界面中显示的特定指示的交互持续大于第一阈值时间量的时间量指示人102了解和意识到特定指示。在类似示例中,CGM系统104可推断出人102与在计算装置108的用户界面中显示的特定指示的交互持续小于第二阈值时间量的时间量指示人102没有了解和意识到特定指示。例如,CGM系统104将人102与计算装置108的特定交互的持续时间与基于人102与计算装置108的历史交互的平均交互持续时间进行比较。如果特定交互的持续时间大于平均交互持续时间,则CGM系统104可推断出人102更可能了解与特定交互相关联的主题。

[0172] 在一些示例中,CGM系统104基于人102与计算装置108的交互来确定特定警报是否可能是妨碍警报或者可能不是妨碍警报。例如,如果CGM系统104在计算装置108的用户界面中显示特定警报并且如果人102在阈值时间量内清除特定警报,则CGM系统104可推断出特定警报可能是妨碍警报。在另一示例中,如果CGM系统104在计算装置108的用户界面中显示特定警报并且人102在阈值时间量内没有清除特定警报,则CGM系统104也可推断出特定警报可能是妨碍警报。在另一示例中,如果CGM系统104在计算装置108的用户界面中显示特定警报并且人102与计算装置108的应用程序交互,这表明人102计划响应于该警报进行干预,诸如与食物递送应用程序的交互,则CGM系统104可推断出特定警报可能不是妨碍警报。

[0173] 考虑其中CGM系统104基于特定葡萄糖测量结果预测414的预测的葡萄糖值508的定义置信度(例如,特定葡萄糖测量结果预测414的上限值510和下限值512之间的差异)来确定特定葡萄糖测量结果预测414对应于妨碍警报的可能性增加的和/或减少的示例。在该示例中,CGM系统104确定生成高警报,因为特定葡萄糖测量结果预测414的上限值510在第三预测范围612期间(例如,在位置620或622处)满足高警报阈值516。这可能表示也可能不表示对应的高警报是妨碍警报的可能性增加。

[0174] 例如,如果CGM系统104还确定预测葡萄糖值508不满足高警报阈值516,则这表明高警报是妨碍警报的可能性增加。推断出成为妨碍警报的这种增加的可能性,因为该警报是基于特定葡萄糖测量结果预测414中包括的满足高警报阈值516的可能葡萄糖值的相对小部分而生成的。通过响应于满足高警报阈值516的可能葡萄糖值的相对小部分而生成对应的高警报,对应的高警报是假阳性警报的概率增加。这是因为特定葡萄糖测量结果预测414的可能葡萄糖值的相对大部分未能满足高警报阈值516。如果高警报是假阳性警报(例

如,指示人102的测量的葡萄糖水平可能在即将到来的时间段期间满足高警报阈值516而实际上从未满足高警报阈值516),则此警报可能是妨碍警报,并且CGM系统104避免在计算装置108的用户界面中显示可能的妨碍警报。

[0175] 另选地,如果CGM系统104确定预测葡萄糖值508也满足高警报阈值516,则这不一定指示对应的高警报是妨碍警报的可能性增加或减少。然而,如果CGM系统104还确定特定葡萄糖测量结果预测414的下限值512满足高警报阈值516(例如,指示特定葡萄糖测量结果预测414的全部可能值满足高警报阈值516),则这可能指示对应的高警报是妨碍警报的可能性降低。在该示例中,高警报是假阳性警报的概率降低,因为葡萄糖测量结果预测414的所有值指示未来葡萄糖测量结果将超过高警报阈值516。高警报是假阳性警报的可能性降低通常降低高警报是妨碍警报的可能性。

[0176] 考虑其中CGM系统104基于特定葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508的定义置信度来确定特定葡萄糖测量结果预测414对应于妨碍警报的可能性的另一示例。在该示例中,CGM系统104确定将生成低警报,因为特定葡萄糖测量结果预测414的下限值512在第三预测范围612期间满足低警报阈值514。如在前一示例中一样,此确定可能指示或可能不指示对应的低警报是妨碍警报的可能性增加。

[0177] 继续该示例,如果CGM系统104还确定预测葡萄糖值508不满足低警报阈值514,则此附加确定对应于对应的低警报是妨碍警报的增加了的可能性。这种增加的可能性的原因是因为低警报基于特定葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的可能葡萄糖值的相对小部分。因此,对应的低警报是假阳性警报的概率一般更大,并且因此可能是妨碍警报。

[0178] 在其中CGM系统104确定特定葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508不满足低警报阈值514的替代示例中,此附加确定可能影响对应的低警报是妨碍警报的可能性。在另一示例中,如果CGM系统104确定特定葡萄糖测量结果预测414的上限值510满足低警报阈值514,则此确定可指示对应的低警报是妨碍警报的可能性降低。在该示例中,由于满足低警报阈值514的葡萄糖测量结果预测414的上限值510,特定葡萄糖测量结果预测414的所有可能的葡萄糖值满足低警报阈值514。这一般对应于对应的低警报是假阳性警报的概率降低,并且因此低警报是妨碍警报的概率降低。

[0179] 考虑其中CGM系统104基于预测范围608-612中的哪个预测范围包括满足低警报阈值514或高警报阈值516的葡萄糖测量结果预测414来确定妨碍警报的示例。例如,如果葡萄糖测量结果预测414已导致由于葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508在第一预测范围608内满足警报的阈值(例如,低警报阈值516或高警报阈值516)而生成警报,则CGM系统104可确定生成的警报更可能是真阳性警报而不是假阳性警报。这是因为在第一预测范围608中在葡萄糖测量结果预测414的上限值510和下限值512之间的相对小的差异指示第一预测范围608中包括的预测葡萄糖值508的相对高的置信度。由于真阳性警报比假阳性警报更不可能是妨碍警报,因此CGM系统104可确定基于第一预测范围608中的葡萄糖测量结果预测414生成的警报比基于第一预测范围608之外的葡萄糖测量结果预测414生成的警报更不可能是妨碍警报。

[0180] 如果CGM系统104确定葡萄糖测量结果预测414已导致由于葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508在第二预测范围610内满足警报的阈值而生成警报,则CGM系统104可能不一定推断出警报成为妨碍警报的可能性的变化。在该示例中,如果葡萄糖测量结果

预测414在时间上接近于当前时间,则CGM系统104确定警报更可能是真阳性警报而不是假阳性警报。因此,CGM系统104确定警报不太可能是妨碍警报,因为CGM系统104对时间上接近当前时间的预测葡萄糖值508具有相对高的置信度。

[0181] 继续该示例,如果葡萄糖测量结果预测414在时间上接近由第二未来时间指示616指示的第二未来时间,则CGM系统104确定与基于时间上接近当前时间的葡萄糖测量结果预测414生成的警报相比,该警报不太可能是真阳性警报。这是因为CGM系统104在时间上接近第二未来时间的预测葡萄糖值508比在时间上接近当前时间的预测葡萄糖值508具有更小的置信度。因此,CGM系统104被配置成在确定对应的警报是否可能是对CGM系统104的用户的妨碍警报的过程中考虑葡萄糖测量结果预测414相对于特定预测范围的时间位置,而不是简单地对葡萄糖测量结果预测414是否满足特定预测范围内的警报阈值进行二元考虑。例如,响应于葡萄糖测量结果预测414在时间上接近第二未来时间而不是在时间上接近第二预测范围610的不同部分(例如,在时间上接近当前时间、接近第一未来时间指示符614等),CGM系统104可确定由于在第二预测范围610内满足警报阈值的葡萄糖测量结果预测414而生成的警报更可能是妨碍警报。

[0182] 如果CGM系统104确定葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508在第三预测范围612内满足警报阈值,则CGM系统104确定葡萄糖测量结果预测414是否包括在第一预测范围608中。响应于确定葡萄糖测量结果预测414包括在第一预测范围608中,CGM系统104确定基于葡萄糖测量结果预测414生成的警报更可能是真阳性警报而不是假阳性警报。因此,CGM系统104确定警报不太可能是妨碍警报。

[0183] 继续前一示例,如果CGM系统104确定葡萄糖测量结果预测414不包括在第一预测范围608中,则CGM系统104确定葡萄糖测量结果预测414是否包括在第二预测范围610中。如果CGM系统104确定葡萄糖测量结果预测414包括在第二预测范围610中,则CGM系统104确定基于葡萄糖测量结果预测414生成的警报比基于在第一预测范围608中满足警报阈值的葡萄糖测量结果预测生成的警报更可能是假阳性警报。因此,CGM系统104确定警报更可能是妨碍警报。

[0184] 在另一示例中,CGM系统104基于从预测范围608-612内的葡萄糖测量结果预测414生成的警报之间的关系来确定哪些警报可能是妨碍警报。例如,第三预测范围612包括在第二未来时间指示符616和第三未来时间指示符618之间两次满足高警报阈值516和五次满足低警报阈值514的葡萄糖测量结果预测414。在位置620处指示的第一葡萄糖测量结果预测414具有满足高阈值预警516的上限值510,如果高警报与第三预测范围312相关联,则这将导致CGM系统104生成高警报。

[0185] 第二葡萄糖测量结果预测414(例如,由括号624标注的葡萄糖测量结果预测414中的一个葡萄糖测量结果预测)包括在第三预测范围312期间满足低警报阈值514的下限值512。因此,如果低警报与第三预测范围312相关联,则第二葡萄糖测量结果预测414将导致CGM系统104生成低警报。在该示例中,在第三预测范围内的高警报和低警报两者的关联将导致输出在时间上紧密接近的矛盾预警,这可能导致人102在管理他们的葡萄糖水平时采取不适当的干预动作。尽管可能在预测范围608-612中的单个预测范围中基于不同的葡萄糖测量结果预测414生成真阳性高警报和真阳性低警报,但具有相反指示的两个警报(例如,高对低)之间的紧密时间接近导致CGM系统104确定这些警报中的一个或多个警报是否

是妨碍警报。

[0186] 例如,CGM系统104确定第三预测范围612内第一葡萄糖测量结果预测414与第二葡萄糖测量结果预测414之间的时间量。然后,CGM系统104将此确定的时间量与葡萄糖变化持续时间阈值进行比较,以便确定对应于第一葡萄糖测量结果预测和第二葡萄糖测量结果预测414的警报是否是妨碍警报。这种葡萄糖变化持续时间阈值可以是任何合适的持续时间(例如,30分钟、1小时、1.5小时、2小时、2.5小时、3小时等)。

[0187] 在一个示例中,葡萄糖变化持续时间阈值反映了满足用户群体110的用户的相应高警报阈值的葡萄糖测量结果118与满足相应低警报阈值的葡萄糖测量结果118之间的平均时间量。在另一示例中,葡萄糖变化持续时间阈值反映了人102的满足高警报阈值516的葡萄糖测量结果118与满足低警报阈值514的葡萄糖测量结果118之间的平均时间量。在一个示例中,葡萄糖变化持续时间阈值可根据用户群体110和/或用户102的平均值来缩放。在该示例中,如果满足高警报阈值516的观察到的葡萄糖测量结果118与满足低警报阈值514的观察到的葡萄糖测量结果118之间的平均时间量是5小时,则葡萄糖变化持续时间阈值可被定义为不超过5小时的值(例如,2.5小时、2小时、1.5小时等)。

[0188] 不管确定葡萄糖变化持续时间阈值的方式如何,CGM系统104将所确定的第一葡萄糖测量结果预测414和第二葡萄糖测量结果预测414之间的时间量与葡萄糖变化持续时间阈值进行比较。在一个示例中,如果所确定的时间量大于葡萄糖变化持续时间阈值,则CGM系统104确定对应于第一葡萄糖测量结果预测和第二葡萄糖测量结果预测414的警报不太可能是假阳性警报。这是因为所确定的第一葡萄糖测量结果预测和第二葡萄糖测量结果预测414之间的时间量与葡萄糖变化持续时间阈值的比较指示已观察到葡萄糖测量结果118在确定的时间量内满足高警报阈值516和低警报阈值514两者。具体地,在该示例中,CGM系统104确定从在第三预测范围612中发生的葡萄糖测量结果预测414生成的高警报和低警报不太可能是妨碍警报。

[0189] 在另一示例中,如果所确定的第一葡萄糖测量结果预测414与第二葡萄糖测量结果预测414之间的时间量小于葡萄糖变化持续时间阈值,则CGM系统104确定对应警报中的至少一个警报可能是假阳性警报,并且因此对人102造成妨碍。例如,CGM系统104可确定基于第一葡萄糖测量结果预测和第二葡萄糖测量结果预测414生成的高警报和低警报都可能是假阳性警报。在该示例中,CGM系统104确定可能的假阳性警报也可能是妨碍警报,并且CGM系统104避免在计算装置108的用户界面中显示这些警报。为了这样做,并且为了确保未来葡萄糖测量结果预测414不导致生成和/或输出妨碍警报,CGM系统104被配置成修改与警报相关联的预测范围,使得修改的预测范围不延伸到未来时间段606中原本会触发假阳性警报的点,如下文进一步详细描述。

[0190] 考虑其中CGM系统104利用第一葡萄糖测量结果预测414的满足高警报阈值516的值和第二葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的值作为确定对应的高警报和低警报中的一者或多者是否是妨碍警报的一部分的示例。例如,除了确定第一葡萄糖测量结果预测414满足高警报阈值516之外,CGM系统104确定第一葡萄糖测量结果预测414的满足高警报阈值516的值和高警报阈值516之间的差异。为了这样做,在一个示例中,CGM系统104确定第一葡萄糖测量结果预测414的满足高警报阈值516的值的平均值。在另一示例中,CGM系统104确定第一葡萄糖测量结果预测414的满足高警报阈值516的值的最大值。

[0191] 在类似示例中,CGM系统104确定第二葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的值和低警报阈值514之间的差异。例如,CGM系统104可确定第二葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的值的平均值。在一个示例中,CGM系统104确定第二葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的的最小值。

[0192] 考虑其中CGM系统104将第一葡萄糖测量结果预测414的满足高警报阈值516的值与极高葡萄糖阈值(例如,600mg/dl、650mg/dl、700mg/dl、800mg/dl、900mg/dl等)进行比较的示例。在一个示例中,如果CGM系统104确定第一葡萄糖测量结果预测414的满足高警报阈值516的值大于极高葡萄糖阈值,则CGM系统104可进一步确定对应的高警报可能是真阳性警报。在另一示例中,极高葡萄糖阈值可指示不准确的葡萄糖测量结果预测414,从而指示第一葡萄糖测量结果预测414高于人102的最高合理葡萄糖水平。在该示例中,CGM系统104确定第一葡萄糖测量结果预测414可能指示假阳性警报。在一个示例中,CGM系统104还确定此可能的假阳性警报是妨碍警报,并且CGM系统104避免在计算装置108的用户界面中显示高警报。

[0193] 在另一示例中,CGM系统104将第二葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的值与极低葡萄糖阈值(例如,55mg/dl、50mg/dl、45mg/dl、40mg/dl、35mg/dl等)进行比较。如果CGM系统104确定第二葡萄糖测量结果预测414的满足低警报阈值514的值小于极低葡萄糖阈值,则CGM系统104也可确定低警报可能是假阳性警报。在该示例中,CGM系统104附加地确定低警报是妨碍警报并且避免在显示装置108的用户界面中显示低警报。

[0194] 考虑其中CGM系统104基于在满足阈值的葡萄糖测量结果预测414之前和/或之后的葡萄糖测量结果预测414识别可能的滋扰警报并导致CGM系统104生成警报的示例。例如,CGM系统104将第一葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508的值与先前葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508进行比较。CGM系统104还确定第一葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508与先前葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508之间的时间量。CGM系统104使用此时间量以及预测葡萄糖值508之间的差异来计算葡萄糖变化速率,CGM系统104将该葡萄糖变化速率与葡萄糖变化速率阈值进行比较。

[0195] 例如,葡萄糖变化速率阈值对应于指示假阳性警报的葡萄糖水平的时间变化。葡萄糖变化速率阈值可以是任何合适的度量,诸如每分钟3.0mg/dl、每分钟3.5mg/dl、每分钟4.0mg/dl、每分钟4.5mg/dl、每分钟5.0mg/dl等。CGM系统104将所计算的葡萄糖变化速率与葡萄糖变化速率阈值进行比较。如果所计算的葡萄糖变化速率大于葡萄糖变化速率阈值,则CGM系统104确定由一个或多个经分析的葡萄糖测量结果预测414触发的对应警报可能是假阳性警报。基于此确定,CGM系统104还确定警报可能是妨碍警报,并且CGM系统104避免在计算装置108的用户界面中显示此警报。在其中CGM系统104确定所计算的变化速率小于变化速率阈值的替代示例中,CGM系统104不一定推断出对应警报是妨碍警报的可能性的任何变化。

[0196] 继续前一示例,CGM系统104附加地将第一葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508与后续葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508进行比较。例如,CGM系统104还确定第一葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508与后续葡萄糖测量结果预测414的预测葡萄糖值508之间的时间量。基于此确定的时间量以及预测葡萄糖值508之间的差异来计算葡萄糖变化速率,并且CGM系统104将所计算的葡萄糖变化速率与葡萄糖变化速率阈值进行

比较。

[0197] 响应于确定所计算的葡萄糖变化速率大于葡萄糖变化速率阈值,CGM系统104确定对应的警报可能是假阳性警报。CGM系统104还可确定这种可能的假阳性警报对应于妨碍警报,该妨碍警报导致CGM系统104避免在计算装置108的用户中显示该警报。在一些具体实施中,CGM系统104被配置成修改与警报相关联的预测范围以在未来时间段606中所计算的连续葡萄糖测量结果预测414之间的葡萄糖变化速率超过葡萄糖变化速率阈值的点之前终止。

[0198] 以这种方式,CGM系统104被配置成基于连续葡萄糖测量结果预测414来识别可能的妨碍警报并修改与各个警报相关联的预测范围。例如,第三预测范围612包括由括号624指示的五个连续葡萄糖测量结果预测414,该五个连续葡萄糖测量结果预测具有满足低警报阈值514的下限值512。在该示例中,CGM系统104可确定对于五个连续葡萄糖测量结果预测414,仅应在计算装置108的用户界面中显示单个低警报。例如,CGM系统104可将导致CGM系统生成类似警报的连续葡萄糖测量结果预测414识别为在时间上接近连续输出的类似警报中的至少一个警报将被人102解释为妨碍警报的指示。在一个示例中,CGM系统确定两个连续类似警报中的第二警报是妨碍警报。在另一示例中,CGM系统确定两个连续类似警报中的第一警报是妨碍警报。

[0199] 图7描绘了由预测系统310生成的葡萄糖测量结果预测414和传达到计算装置108的对应警报通知的示例性表示700。如图所示,表示700包括时间线702,该时间线开始于上午8:00并结束于晚上9:00。时间线702上的里程标代表在时间线的持续时间期间针对人102的警报和葡萄糖测量结果预测。在所示示例中,里程标704代表在上午9:45满足紧急低阈值的针对人102的葡萄糖测量结果预测414。在一个示例中,与紧急低阈值相关联的紧急低警报与默认预测范围(未示出)相关联。例如,CGM系统104响应于确定满足紧急低阈值的葡萄糖测量结果预测414在默认预测范围期间发生而预测上午9:45紧急低事件。响应于这种确定,CGM系统104导致在计算装置108的用户界面中输出紧急低警报。紧急低警报的输出可例如在上午9:00输出,如里程标706所指示。在这种示例性场景中,与紧急低警报相关联的默认预测范围导致CGM系统104在预测的紧急低事件之前45分钟生成并输出紧急低警报。

[0200] CGM系统104被配置成在计算装置108的用户界面中显示由里程标706指示的上午9:00紧急低警报之后监测人102的葡萄糖测量结果118,以便确定是否应继续将默认预测范围用于紧急低警报。例如,如果在此监测期间,CGM系统104没有识别出对由里程标706指示的警报的确认(例如,在没有人102干预的情况下解除警报以避免根据所监测的针对人102的葡萄糖测量结果118推断出的低葡萄糖事件),则CGM系统104可断定该通知对人102造成妨碍并且需要修改默认预测范围以用于紧急低警报的后续输出。CGM系统104被配置成确定人102是否以任何合适的方式响应于输出警报进行干预。例如,CGM系统104被配置成通过将所监测的葡萄糖测量结果118表示为多项式函数并求解多项式函数在零处的一阶导数以识别多项式函数的局部最小值和最大值来确定是否响应于警报采取了干预动作。使用这些所识别的多项式函数的局部最小值和最大值,CGM系统104可确定所监测的葡萄糖测量结果118是否包括指示人102的干预的拐点,或者所监测的葡萄糖测量结果118是否不包括指示人102没有干预的拐点。

[0201] 继续前一示例,CGM系统104基于输出上午9:00紧急低警报之后所监测的葡萄糖测

量结果118来确定上午9:00紧急低警报是妨碍警报。在该示例中,CGM系统104确定所监测的葡萄糖测量结果118指示人102没有干预,这是由于接收到因与默认预测范围的关联而输出的上午9:00紧急低警报。在这种示例性场景中,根据由人102指定的CGM系统104设置,在没有干预的情况下解除警报、暂停警报等可能导致输出紧急低警报的第二实例。假设其中人102指定在警报的连续输出之间有15分钟暂停延迟的示例性配置,时间线702包括里程标708,该里程标代表在上午9:15输出紧急低警报的另一实例,向人102提供由里程标704指示的预期紧急低葡萄糖事件的30分钟提前警告。

[0202] 继续此示例性场景,CGM系统104在上午9:15输出紧急低警报输出的第二实例之后继续监测人102的葡萄糖测量结果118,以便确定警报的第二实例是否足以提示人102采取干预动作以避免由里程标704指示的紧急低事件。此监测由CGM系统104执行,以确定是否应修改紧急低警报的默认预测范围,以避免输出对人102造成妨碍的未来紧急低警报。例如,在输出如由里程标708所指示的紧急低警报的第二实例之后监测人102的葡萄糖测量结果118的过程中,CGM系统104可确定人102响应于输出上午9:15紧急低警报而采取干预动作。响应于这种确定,CGM系统104被配置成修改紧急低警报的预测范围,以避免在随后预测的紧急低葡萄糖水平事件之前45分钟输出紧急低警报。

[0203] 另选地,响应于确定人102响应于输出上午9:15紧急低警报而没有采取干预动作,CGM系统104推断出上午9:15紧急低警报是针对人102的妨碍警报,并且随后在上午9:30输出紧急低警报的第三实例,如时间线702上的里程标710所指示。CGM系统104在上午9:30输出紧急低警报之后继续监测人102的葡萄糖测量结果118,以确定人102是否采取干预来避免低葡萄糖事件。

[0204] 作为示例,人102的干预包括服用葡萄糖片剂,这导致人102的葡萄糖测量结果118的值增加到与由时间线702上的里程标706-710表示的紧急低警报相对应的紧急低阈值以上。CGM系统104通过监测人102的葡萄糖测量结果118来识别这种示例性干预,并响应于所识别的干预来确定紧急低警报的理想预测范围。例如,CGM系统104确定人102倾向于不接收基于默认预测范围生成的紧急低警报,因为人102未能响应于上午9:00和上午9:15紧急低警报的输出进行干预,并且仅响应于上午9:30紧急低警报,即在预测的紧急低警报事件发生前15分钟进行干预。在该示例中,CGM系统104被配置成修改人102的紧急低警报的预测范围,使得在预测到紧急低事件发生之前,以15分钟的提前警告时间输出后续紧急低警报。另选地,CGM系统104被配置成通过响应于确定响应于警报的输出而采取了干预动作,但不是在人102的葡萄糖测量结果118实际上满足警报的对应阈值之前,监测人102的葡萄糖测量结果118并扩展警报的预测范围来修改警报的预测范围。在这种示例性场景中,扩展警报的预测范围是适当的,因为CGM系统104识别出警报的提前警告时间不足以允许人102在满足警报阈值葡萄糖值之前采取干预动作。

[0205] 另选地或附加地,CGM系统104可将警报的预测范围修改为零(例如,响应于确定特定类型的警报中的全部是针对人102的妨碍警报,因为人决不响应于特定类型的警报而采取干预动作,直到他们的葡萄糖测量结果118满足警报的对应阈值)。因此,CGM系统104被配置成通过在输出警报之后监测人102的葡萄糖测量结果118来修改警报的预测范围,以减轻警报对人102造成的妨碍。使用这种修改,CGM系统104将随后导致针对随后预测的紧急低葡萄糖事件仅输出一个警报,诸如在预测为在晚上8:00发生的预期紧急低葡萄糖事件(如由

时间线702上的里程标714所指示)之前15分钟,在晚上7:45的紧急低葡萄糖警报,如由里程标712所指示。在一个示例中,CGM系统104使用机器学习模型来处理描述人102的历史葡萄糖测量结果118的数据,该机器学习模型经训练以生成修改的预测范围,该修改的预测范围增加或减少在计算装置108的用户界面中显示的警报的频率。

[0206] 通过使用修改的预测范围而不是警报的默认预测范围来输出警报,CGM系统104能够定制警报以便在对人102最有帮助的时间输出(例如,在人102意识到预期葡萄糖水平事件并采取干预动作以防止出现有问题的葡萄糖水平,同时避免针对预期的葡萄糖水平事件的妨碍警报的理想时间)。除了基于所监测的葡萄糖测量结果118修改警报的预测范围之外,CGM系统104被进一步配置成基于从人102所接收的显式用户输入来修改警报的预测范围。此类显式用户反馈的示例在下文关于图8至图11进行描述。

[0207] 图8描绘了根据一个或多个具体实施的用于基于葡萄糖测量结果预测来通知用户的用户界面的示例性表示800。表示800包括紧急低警报802和紧急高警报804。如图所示,计算装置108的用户界面将紧急低警报802显示为指示“您可能在30分钟内降至70mg/ml以下。”用户界面包括第一用户界面元素806和第二用户界面元素808。人102与第一用户界面元素806交互以解除紧急低警报802。另选地,人102与第二用户界面元素808交互以确认关于紧急低警报802的动作。

[0208] 响应于与第一用户界面元素806的交互,CGM系统104停止显示紧急低警报802。这还向CGM系统104指示紧急低警报802是妨碍警报,并且应修改导致在预测的紧急低事件之前30分钟输出紧急低警报802的预测范围。另选地,响应于与第二用户界面元素808的交互,CGM系统104暂停紧急低警报802并监测人102的葡萄糖测量结果118以确认人102采取的干预动作是否反映在葡萄糖测量结果118中。对第二用户界面元素808的选择和/或对干预动作反映在人102的葡萄糖测量结果118中的确认指示紧急低警报802不是妨碍警报,并且不应修改导致在预测的紧急低事件之前30分钟输出紧急低警报802的预测范围。

[0209] 以类似的方式,CGM系统104可使用与计算装置108的用户界面的交互来确定是否修改紧急高警报804的不同预测范围。在所示表示800中,紧急高警报804指示“您可能在15分钟内达到250mg/dl以上”并且包括第一用户界面元素806和第二用户界面元素808。响应于与针对紧急高警报804呈现的第一用户界面元素806的交互,CGM系统104停止显示紧急高警报804并确定紧急高警报804是妨碍警报。响应于确定紧急高警报804是妨碍警报,CGM系统104被配置成修改导致在预测的紧急高事件之前15分钟输出紧急高警报的预测范围。另选地,响应于与第二用户界面元素808针对紧急高警报804的交互,CGM系统104确定紧急高警报804不是妨碍警报,监测人102的葡萄糖测量结果118以确认采取了干预动作以避免紧急高事件,并保持紧急高警报804的预测范围。

[0210] 图9描绘了用于提示关于葡萄糖测量结果预测警报的用户反馈的用户界面的示例性表示900。例如,根据一个或多个具体实施,此用户反馈可由CGM系统104使用来修改警报预测范围。表示900包括预测范围修改通知902、紧急低妨碍警报识别通知904和紧急低警报干预通知906。计算装置108的用户界面将预测范围修改通知902显示为指示“您的当前ULS预测范围为:30分钟”。用户界面还包括用于指定不同预测范围的提示908。在该示例中,提示908可接收以分钟为单位输入的指定预测范围,这使得能够手动指定针对人102的紧急低警报的预测范围。

[0211] 计算装置108的用户界面显示紧急低妨碍警报识别通知904,该通知通过指示“您在下午4:00接收到紧急低警报”来提示人102关于先前输出的通知的反馈。用户界面包括第一用户界面元素910和第二用户界面元素912。响应于与第一用户界面元素910的交互,CGM系统104确定在下午4:00输出的紧急低警报不是妨碍警报,并保持与紧急低警报相关联的预测范围。另选地,响应于检测到与第二用户界面元素912的交互,CGM系统104确定在下午4:00输出的紧急低警报是妨碍警报,并继续修改与紧急低警报相关联的预测范围。

[0212] 如图所示,用户界面显示紧急低警报干预通知906,以通过传达“在下午4:00紧急低警报之后您做了什么?”来请求关于对先前输出警报采取的响应动作的特定信息。此用户界面包括用户界面元素914-920。响应于与第一用户界面元素914的交互,CGM系统104确定干预是“食物”。响应于与第二用户界面元件916的交互,CGM系统104确定干预是“葡萄糖凝胶/片剂”。如果CGM系统104识别与第三用户界面元素918的交互,则CGM系统104确定干预是“高血糖素”。对用户界面元素914-918的输入可由CGM系统104使用来识别人102的葡萄糖测量结果118中的模式,该模式可用于推断随后是否响应于警报通知的输出而在无显式用户反馈的益处的前提下采取类似干预,以用于确定是否应维护或修改与警报相关联的预测范围。另选地,如果CGM系统104识别出与第四用户界面元素920的交互,则CGM系统104确定干预是“无关紧要”,并使用此信息对在输出下午4:00紧急低警报之后所监测的针对人102的葡萄糖测量结果118进行分类,和/或确定紧急低报警是妨碍警报并修改其预测范围。

[0213] 图10描绘了根据一个或多个具体实施的用于提示关于葡萄糖测量结果预测通知的用户反馈的用户界面的示例性表示1000,该用户反馈可由CGM系统104使用来修改警报预测范围。表示1000包括预测范围修改通知1002、紧急高妨碍警报识别通知1004和紧急高妨碍警报干预通知1006。计算装置108的用户界面将预测范围修改通知1002显示为指示“您的当前UHS预测范围为:20分钟”。用户界面还包括用于指定不同预测范围的提示1008。在该示例中,提示1008可接收以分钟为单位输入的指定预测范围,这使得能够手动指定针对人102的紧急高警报的预测范围。

[0214] 计算装置108的用户界面显示紧急高妨碍警报识别通知1004,该通知通过指示“您在上午11:00接收到紧急高警报”来提示人102关于先前输出的通知的反馈。用户界面包括第一用户界面元素1010和第二用户界面元素1012。响应于与第一用户界面元素1010的交互,CGM系统104确定在上午11:00输出的紧急高警报不是妨碍警报,并保持与紧急高警报相关联的预测范围。另选地,响应于检测到与第二用户界面元素1012的交互,CGM系统104确定在上午11:00输出的紧急高警报是妨碍警报,并修改与紧急高警报相关联的预测范围。

[0215] 如图所示,用户界面显示紧急高警报干预通知1006,以通过指示“在上午11:00紧急高警报之后您做了什么?”来请求关于对先前输出警报采取的响应动作的特定信息。此用户界面包括用户界面元素1014-1018。响应于与第一用户界面元素1014的交互,CGM系统104确定干预被“立即处理”。响应于与第二用户界面元素1016的交互,CGM系统104确定干预是“等待/观察水平”。对用户界面元素1014和1016的第一输入或第二输入可由CGM系统104使用来识别人102的葡萄糖测量结果118中的模式,该模式可用于推断随后是否响应于警报通知的输出而在无显式用户反馈的益处的前提下采取类似干预,以用于确定是否应维护或修改与警报相关联的预测范围。另选地,如果CGM系统104识别出与第三用户界面元素1018的交互,则CGM系统104确定干预是“无关紧要”,并使用此信息对在输出上午11:00紧急高警报

之后所监测的人102的葡萄糖测量结果118进行分类,和/或确定紧急高报警是妨碍警报并修改其预测范围。

[0216] 图11描绘了根据一个或多个具体实施的用于提示关于葡萄糖测量结果预测警报通知的用户输入的用户界面的示例性表示1100。表示1100包括警报设置提示1102,该警报设置提示在计算装置108的用户界面中显示为“您的当前设置为默认设置。您想修改设置以增加或减少警报频率吗?”如图所示,用户界面包括用户界面元素1104-1108。响应于与第一用户界面元素1104的交互,CGM系统104确定相对于基于默认设置所接收的警报的数量,更多警报是优选的。在一个示例中,CGM系统104修改一种或多种类型的警报的默认预测范围以生成更多警报。

[0217] 响应于与第二用户界面元素1106的交互,CGM系统104确定相对于基于默认设置所接收的警报的数量,更少警报是优选的。为了考虑到这种显式用户反馈,CGM系统104修改一种或多种类型的警报的默认预测范围以生成更少的警报。响应于与第三用户界面元素1108的交互,CGM系统104确定基于默认设置所接收的警报的数量是优选的。在该示例中,CGM系统104不修改警报的默认预测范围。

[0218] 所示示例包括单个用户反馈通知;然而,也可设想附加类型的用户反馈通知。这些附加类型的用户反馈通知可包括请求关于以下项的反馈的通信:人102的年龄、自人102接受诊断以来的时间量、诊断的指示、人102是否难以防止低血糖、人102是否难以将葡萄糖水平维持在限定范围内、人102希望避免的情况和场景、人102的特定风险承受能力、人102检查葡萄糖水平的频率、提前警告时间的充分性、提前警告次数的准确性、其组合等。来自这些附加类型的用户反馈通知的反馈可与附加数据404一起被包括在内,以便改善由预测系统310生成的葡萄糖测量结果预测414的准确性。在一个示例中,来自这些附加类型的用户反馈通知的反馈可用于识别在计算装置108的用户界面中显示的哪些警报是妨碍警报以及在用户界面中显示的哪些警报不是妨碍警报。在另一示例中,来自这些附加类型的用户反馈通知的反馈被传达到CGM系统104的制造商、人102的卫生保健提供方等。

[0219] 图12更详细地描绘了预测系统310的示例性具体实施1200,其中机器学习模型经训练以在被提供有葡萄糖测量结果118和/或附加数据404作为输入时,基于与通知314相关联的预测范围来生成预测312(例如,葡萄糖测量结果预测414)和通知314(例如,关于葡萄糖测量结果预测414的警报)。如图3所示,预测系统310作为数据分析平台122的一部分被包括在内,尽管在其他场景中,预测系统310可附加地或另选地部分地或完全地包括在其他装置(诸如计算装置108)中。

[0220] 在所示示例1200中,预测系统310包括模型管理器1202,所述模型管理器管理由预测管理器408实现的一个或多个机器学习模型,诸如机器学习模型412。如上所述,机器学习模型412可被配置为递归神经网络、卷积神经网络等。另选地,在不脱离所描述技术的精神或范围的情况下,机器学习模型412可被配置为其他机器学习模型或包括其他类型的机器学习模型。这些不同的机器学习模型可分别使用至少部分地归因于不同架构的不同算法来构建或训练(或以其他方式学习的模型)。因此,模型管理器1202的功能适用于各种不同的机器学习模型类型和配置。然而,出于解释的目的,模型管理器1202的功能将大体上关于训练神经网络来描述。

[0221] 一般来讲,模型管理器1202被配置成管理由预测管理器408实现的一个或多个机

器学习模型,包括机器学习模型412。此模型管理包括例如构建机器学习模型412、训练机器学习模型412、更新此模型等。在一个或多个具体实施中,更新机器学习模型412可包括转移学习以个性化机器学习模型412,以使该机器学习模型从如使用用户群体110的训练数据训练的状态个性化到使用附加训练数据或(更新数据)训练的更新的状态,该附加训练数据或(更新数据)描述人102的一个或多个方面和/或描述被确定为与此人类似的用户群体110的子集的一个或多个方面。

[0222] 具体地,模型管理器1202被配置成至少部分地使用在CGM平台112的存储装置120中保持的大量数据来执行模型管理。如图所示,此数据包括葡萄糖测量结果118、时间戳402以及用户群体110的附加数据404。换句话说,模型管理器1202构建机器学习模型412、训练机器学习模型412(或以其他方式学习底层模型)、并使用葡萄糖测量结果118、时间戳402和用户群体110的附加数据404来更新此模型。

[0223] 与常规系统不同,CGM平台112存储(例如,在存储装置120中)或以其他方式访问使用CGM系统104针对用户群体110的数十万用户(例如,500,000个或更多)获得的葡萄糖测量结果118。此外,这些测量结果118由CGM系统104的传感器以连续速率指示,例如,基本上实时地指示。因此,模型管理器1202可获得的用于模型构建和训练的葡萄糖测量结果118的数量以百万计,甚至数十亿计。利用这种稳健量的数据,模型管理器1202被配置成构建和训练机器学习模型412,以基于人102的观察到的葡萄糖测量结果中的模式来准确地预测在即将到来的时间间隔期间的预测的葡萄糖测量结果414是否将满足此人的一个或多个葡萄糖测量结果阈值。

[0224] 由于CGM平台112的葡萄糖测量结果118缺少稳健性,常规系统根本无法构建或训练模型来适当地表示模式如何指示未来葡萄糖水平。如果不这样做,可能会导致生成不准确的预测,这可能会导致从用户烦恼(例如,提供指示预测的低血糖事件将发生,但实际上未发生的通知)到生死情况(例如,夜间发生低血糖事件导致的不安全状况,但没有预测到任何不安全状况)的结果。考虑到生成不准确的预测和与这些预测相关联的不及时通知的重要性,重要的是使用一定量的葡萄糖测量结果118构建机器学习模型412,该葡萄糖测量结果对罕见的或统计上异常的事件具有稳健性。

[0225] 在一个或多个具体实施中,模型管理器1202通过生成训练数据来构建机器学习模型412。最初,生成训练数据包括从用户群体110的葡萄糖测量结果118和对应时间戳402形成训练葡萄糖测量结果。模型管理器1202可利用测序管理器406的功能来形成那些训练葡萄糖测量结果,例如,以与上文关于形成时间序列葡萄糖测量结果410详细描述的方式类似的方式。模型管理器1202可被进一步实现为生成针对特定时间间隔的训练葡萄糖测量结果。

[0226] 在一个或多个具体实施中,模型管理器1202生成训练数据以包括警报响应配置文件1204,该警报响应配置文件描述对应于由预测系统310输出的预测的历史通知(例如,预测的葡萄糖水平警报通知)、通知所对应的预测事件发生之前的时间(例如,通知的预测范围)以及对通知的用户响应(例如,通知的确认、通知的解除或“暂停”而不采取动作、响应于通知而采取的特定动作诸如胰岛素施用或膳食或零食的消耗、通知的未确认等)。警报响应配置文件1204代表描述对通知(诸如图8至图11中所描绘的警报通知)的一个或多个用户响应的数据,并且可由预测系统310的一个或多个机器学习模型412使用来更准确地确定对即

将到来的警报通知的预期响应和特定类型的警报的预测范围,以确定何时应将对应通知传达到用户。

[0227] 例如,训练数据的实例可包括葡萄糖测量结果的标记部分,其中标记识别对应于葡萄糖测量结果的警报通知触发事件的类型(例如,满足针对特定用户指定的阈值警报葡萄糖水平),与时间戳402同步以表示关于葡萄糖测量结果的事件何时开始和事件何时结束、用户对通知的响应以及用户响应相对于葡萄糖测量结果的时间。因此,此类训练数据的标签用作在训练期间与机器学习模型412的输出进行比较的基础实况。以这种方式,对图8至图11中所描绘的一个或多个用户界面提示的反馈可进一步用作基础实况训练数据以细化与某种类型的警报相关联的警报响应配置文件1204并修改对应警报的预测范围。例如,对图8至图11中所示的用户界面提示中的一个或多个用户界面提示的反馈可用于细化针对可能特定于人102的各种类型的通知的警报响应配置文件1204(例如,基于由人102提供的显式反馈来确定)。

[0228] 在一个或多个具体实施中,模型管理器1202使用此类标记训练数据基于警报响应配置文件1204训练机器学习模型412以输出对应于葡萄糖测量结果预测414的通知314(例如,高警报、低警报、紧急低警报、紧急高警报等)。在这种情况下,机器学习模型412通过修改与特定警报或通知类型相关联的预测范围以避免输出妨碍警报,来学习基于葡萄糖测量结果118或附加数据404中的一者或多者的输入在理想时间输出针对特定人102的通知。

[0229] 以类似方式,机器学习模型基于葡萄糖测量结果410和/或附加数据404的输入来学习生成预测312(例如,葡萄糖测量结果预测414)以及何时输出对应的通知314,其中附加数据404附加地表示先前由机器学习模型412生成的输出预测。

[0230] 将训练数据的实例输入到机器学习模型412中、从机器学习模型412接收训练预测、将训练预测与对应于所生成的预测312和通知314的(观察到的)基础实况信息进行比较以及基于这些比较来调整机器学习模型412的内部权重的这一过程可使用每次迭代的训练数据的实例来重复数百次、数千次或甚至数百万次迭代。

[0231] 模型管理器1202可执行此类迭代,直到机器学习模型412能够生成一致且与预期输出基本上匹配的预测。机器学习模型一致地生成与预期输出基本上匹配的预测的能力可称为“收敛”。考虑到这一点,可以说模型管理器1202训练机器学习模型412直到其“收敛”于解(例如,由于训练迭代,已适当地调整模型的内部权重,使得模型一致地生成与对应的基础实况数据基本上匹配的预测)。

[0232] 同样如上所述,机器学习模型412的管理可包括使用转移学习来个性化机器学习模型412。在此类场景中,模型管理器1202可最初在全局级别训练机器学习模型412,如上文使用从用户群体110的数据生成的训练数据的实例详细描述。在转移学习场景中,然后,模型管理器1202可针对特定用户创建此全局训练模型的实例,使得针对人102生成全局训练模型的副本,并且以每个用户为基础针对其他用户生成全局训练模型的其他副本。

[0233] 然后,可使用特定于人102的数据来更新(或进一步训练)此全局训练模型。例如,模型管理器1202可使用葡萄糖测量结果118、人102的葡萄糖测量结果预测414以及从人102所接收的相对于基于葡萄糖测量结果预测414输出的警报的显式用户反馈来创建训练数据的实例,并且以如本文所述类似的方式进一步训练模型的全局训练版本(例如,通过向机器学习模型412提供人102的训练数据的训练输入部分、接收训练预测312、将这些预测与相应

的基础实况训练数据进行比较以及调整机器学习模型412的内部权重)。基于此进一步训练,在个人级别上训练机器学习模型412,创建经个人训练的机器学习模型412,该机器学习模型被配置成根据用户特定的预测范围来生成并输出通知。

[0234] 在一个或多个具体实施中,这种个性化可比以每个用户为基础粒度更小。例如,全局训练模型可在用户段级别上(即,用户群体110的一组类似用户,少于用户群体110整体)被个性化。以这种方式,模型管理器1202可以每段为基础创建全局训练机器学习模型412的副本并在段级别上训练全局版本,从而创建段特定的机器学习模型412。例如,机器学习模型412可以与上文关于人102所述类似的方式来利用应用于片段的转移学习。

[0235] 在一个或多个具体实施中,模型管理器1202可在服务器级别上(例如,在CGM平台112的服务器处)个性化机器学习模型412。然后,机器学习模型412可在服务器级别上被维护和/或被传达到计算装置108,即,用于与计算装置108处的CGM平台112的应用程序集成。以这种方式,可使用比计算装置108中包括的计算资源更大的计算资源来训练机器学习模型412(例如,经由在数据分析平台122处实现预测系统310使用基于云的计算资源)。另选地或附加地,模型管理器1202的至少一部分可在计算装置108处实现,使得机器学习模型412的全局训练版本被传达到计算装置108,并且转移学习(即,上文所述的使模型个性化的进一步训练)在计算装置108处执行。尽管可在一个或多个场景中利用转移学习,但可不利用这种个性化,并且可使用机器学习模型412的全局训练版本来实现所描述的技术。

[0236] 在一些示例中,预测系统310包括预测系统310使用来生成葡萄糖测量结果预测414的机器学习模型412的版本的指示(例如,全局版本、段版本、用户版本、版本是否包括转移学习等)。例如,预测系统310将机器学习模型412的版本的指示包括在与葡萄糖测量结果预测414相关联的元数据中。CGM系统104利用机器学习模型412的所指示版本,作为生成警报、识别妨碍警报和/或修改与特定警报相关联的预测范围的一部分。在一个示例中,如果葡萄糖测量结果预测414与机器学习模型412的全局版本而不是机器学习模型412的段版本相关联,则CGM系统104更可能在用户界面中显示基于满足警报阈值的葡萄糖测量结果预测414生成的警报。在另一示例中,如果基于与包括转移学习的机器学习模型412的版本相关联的葡萄糖测量结果预测414而不是不包括转移学习的机器学习模型412的版本生成警报,则CGM系统104更有可能在计算装置108的用户界面中显示警报。CGM系统104还可使用机器学习模型412的所指示版本,诸如通过在用户界面中显示指示机器学习模型412的当前版本是向人102建议机器学习模型412的不同版本的全局版本的通知,以增加预测的葡萄糖值508的准确性并减少假阳性警报来请求用户反馈。

[0237] 在描述了用于使用至少一个机器学习模型生成事件预测和葡萄糖测量结果预测的技术的示例性细节之后,现在考虑一些示例性程序来说明该技术的附加方面。

[0238] 示例性程序

[0239] 本节描述了使用一个或多个机器学习模型进行葡萄糖测量结果预测和个性化通知设置的示例性程序。程序的各方面可在硬件、固件、或软件、或其组合中实现。程序被示为指定由一个或多个装置执行的操作的一组块并且不一定限于所示的用于由各个块执行操作的次序。在至少一些具体实施中,程序由预测系统执行,诸如利用测序管理器406、预测管理器408和模型管理器1202的预测系统310。

[0240] 图13描绘了其中修改警报通知的预测范围并根据修改的预测范围输出警报通知

的后续实例的示例性具体实施中的程序1300。

[0241] 从用户佩戴的连续葡萄糖监测系统 (CGM) 系统接收描述葡萄糖测量结果的信息 (框1302)。以举例的方式, 预测管理器408接收葡萄糖测量结果118, 其中葡萄糖测量结果是从人102佩戴的CGM系统104获得的。具体地, CGM系统104包括传感器202, 该传感器被皮下插入到人102的皮肤中并用于测量人102的间质液中的葡萄糖。

[0242] 基于该数据生成用户在未来时间段期间的葡萄糖测量结果预测 (框1304)。以举例的方式, 机器学习模型412处理葡萄糖测量结果118以生成葡萄糖测量结果预测414。在一些具体实施中, 机器学习模型附加地通过基于在训练期间学习到的相对于针对其生成葡萄糖测量结果预测414的人102或用户群体110的模式, 使用附加数据404处理葡萄糖测量结果118来生成葡萄糖测量结果预测。如上所述, 用户群体110包括佩戴CGM系统 (诸如CGM系统104) 的用户。

[0243] 然后确定至少一个葡萄糖测量结果预测是否在警报的预测范围内满足警报的阈值 (框1306)。例如, 预测系统310比较由一个或多个葡萄糖测量结果预测414指定的一个或多个值, 以确定在警报的预测范围期间, 该一个或多个值是否满足 (例如, 满足、超过、低于等) 与警报相关联的阈值。预测系统310通过探知特定类型的警报 (例如, 低葡萄糖事件警报、高葡萄糖事件警报等) 的预测范围 (例如, 预测范围608、610或612) 以及该警报的阈值 (例如, 低预警阈值514、高预警阈值516等), 并且确定一个或多个葡萄糖测量结果预测414的值是否在预测范围期间发生并且满足阈值来执行此确定。

[0244] 响应于确定该至少一个葡萄糖测量结果预测在该警报的预测范围内不满足警报的阈值, 操作从框1306返回到框1304并且在未来时间段期间继续预测用户的葡萄糖值。

[0245] 响应于确定至少一个葡萄糖测量结果预测在警报的预测范围内满足警报的阈值, 导致输出警报 (框1306)。以举例的方式, 数据分析平台122基于葡萄糖测量结果预测414生成通知314。例如, 通知314可提醒用户 (或卫生保健提供方或远程医疗服务) 即将到来的不利健康状况, 诸如用户可能针对他们预测的葡萄糖水平施用不正确剂量的胰岛素而没有缓解行为 (例如, 进食、锻炼等)。附加地或另选地, 通知314可诸如通过推荐用户 (或卫生保健提供方或远程医疗服务) 执行动作 (例如, 将应用下载到计算装置108、立即就医、给予胰岛素、散步、消耗特定食物或饮料)、继续行为 (例如, 继续以某种方式进食或以某种方式锻炼)、改变行为 (例如, 改变进食习惯或锻炼习惯) 等, 为决定如何治疗糖尿病提供支持。警报还可包括请求与警报有关的反馈的一个或多个提示, 诸如上文关于图8至图11所述的示例性反馈提示。

[0246] 然后修改警报的预测范围 (框1310)。例如, 预测系统310在输出通知314和与通知314有关的附加数据404之后监测葡萄糖测量结果118。所监测的葡萄糖测量结果118可由预测系统310使用来探知人102对通知314的响应 (例如, 人102是否采取缓解动作来干预并防止有问题的葡萄糖事件发生、是否没有采取干预动作等)。与通知314有关的附加数据404代表除所监测的葡萄糖测量结果118之外的任何合适类型的数据, 该数据描述了人102对警报通知314的输出的响应。例如, 附加数据404可表示在关于图8至图11示出和描述的用户界面中的一个用户界面中提供的显式用户反馈。

[0247] 基于葡萄糖测量结果118和/或附加数据404, 模型管理器1202具体地通过修改警报的预测范围来更新警报的警报响应配置文件1204。在一些具体实施中, 修改警报的预测

范围包括减少预测范围中包括的时间量,以减轻原本与未修改的预测范围相关联的妨碍警报的数量。另选地,修改警报的预测范围包括增加预测范围中包括的时间量,以便在预测的有问题的葡萄糖水平事件的发生之前向人102提供附加的提前警告时间,以采取干预动作来避免有问题的葡萄糖水平事件。

[0248] 模型管理器1202被配置成将指定警报的修改的预测范围的警报响应配置文件1204传达到机器学习模型412,该机器学习模型使用修改的预测范围来导致基于修改的预测范围输出警报的至少一个后续实例(框1312)。例如,机器学习模型412可导致根据针对通知314的警报类型的修改的预测范围来输出通知314的至少一个后续实例。然后操作从框1312返回到框1304,并且继续预测用户在未来时间段期间的葡萄糖值。

[0249] 图14描绘了其中修改CGM系统的至少一个预测范围设置并根据CGM系统的修改的至少一个预测范围设置输出警报的后续实例的示例性具体实施中的程序1400。

[0250] 确定至少一个CGM系统葡萄糖测量结果预测满足警报的阈值(框1402)。例如,预测管理器408从人102佩戴的CGM系统104接收葡萄糖测量结果118。机器学习模型412处理葡萄糖测量结果118以生成未来时间段的葡萄糖测量结果预测414。葡萄糖测量结果预测414的子集被识别为落入特定警报(例如,高葡萄糖警报、低葡萄糖警报等)的预测范围持续时间内,并与该警报的阈值(例如,低警报阈值514、高警报阈值516等)进行比较。

[0251] 导致响应于确定至少一个葡萄糖测量结果预测满足警报的阈值而输出警报(框1404)。例如,响应于确定葡萄糖测量结果预测414子集中的一个或多个葡萄糖测量结果预测满足警报的阈值(例如,低警报阈值514、高警报阈值516等),预测系统314导致在人102的计算装置108的用户界面处输出通知314。在计算装置108的用户界面处输出的这种警报的示例包括警报802和804以及通知902、904、906、1002和1004。

[0252] 然后确定是否接收到描述相对于警报的用户输入的反馈数据(框1406)。例如,预测系统310监测附加数据404的接收并确定附加数据404是否包括描述相对于输出警报的用户输入的信息。

[0253] 响应于确定接收到描述相对于警报的用户输入的反馈数据,基于反馈数据修改CGM系统的至少一个设置(框1408)。例如,响应于接收到描述相对于所示表示800中的用户界面元素806和/或808的用户输入的反馈数据,可基于如关于图8所描述的考虑来修改与对应警报(例如,警报802或804)相关联的预测范围。另选地或附加地,响应于接收到描述相对于用户界面元素908-920的用户输入的反馈数据,可基于如关于图9所描述的考虑来修改与对应通知(例如,通知902、904和/或906)相关联的预测范围。另选地或附加地,响应于接收到描述相对于用户界面元素1008-1018的用户输入的反馈数据,可基于如关于图10所描述的考虑来修改与对应通知(例如,通知1002、1004和/或1006)相关联的预测范围。

[0254] 响应于确定没有接收到描述相对于警报的用户输入的反馈数据,或者任选地在执行框1408之后,如图14中的虚线箭头所示,接收除描述对警报的响应的用户输入之外的数据(框1410)。除描述对警报的响应的用户输入之外的数据可例如包括葡萄糖测量结果118和/或附加数据404。例如,描述除用户输入之外的对警报的响应的此类附加数据404可包括(以举例而非限制的方式)应用程序使用数据、移动装置或智能手表的加速度计数据(例如,指示人已查看装置的用户界面并且因此可能已看到与预测的事件相关的警报或信息)、描述所施用的胰岛素的数据(例如,时间和胰岛素剂量)、描述所消耗食物的数据(例如,食物

消耗的时间、食物类型和/或消耗的碳水化合物的量)、来自各种传感器的活动数据(例如,步数数据、进行的健身或指示用户活动或锻炼的其他数据)、葡萄糖水平对应激的反应、它们的组合等。

[0255] 基于除用户输入之外的数据,自动修改CGM系统的至少一个预测范围设置,而无需用户干预(框1412)。例如,响应于接收到指示人102查看了指示葡萄糖测量结果预测414由于满足警报的阈值葡萄糖水平而被预期有问题的警报但未采取相对于警报的任何动作的数据,该警报被假定为妨碍警报,并且修改与该警报相关联的针对CGM系统104的预测范围设置以减轻警报的后续妨碍实例的输出。作为另一示例,附加数据404可指示人102通过吃零食来响应紧急低警报,但在人102的葡萄糖水平超过紧急低阈值水平之前零食没有增加人102的葡萄糖水平。基于此数据,可修改CGM系统104的紧急低警报的预测范围设置,以增加紧急低警报的提前警告时间,使得向人102提供附加时间来消耗零食或采取类似的干预动作,以防止他们的葡萄糖测量值118满足紧急低阈值水平。以这种方式,CGM系统104的预测范围设置可基于描述相对于警报的显式用户输入的反馈数据以及除相对于警报的显式用户输入之外的附加数据来修改,以按照对人102个性化的方式来微调警报预测范围。

[0256] 在修改CGM系统104的至少一个预测范围设置的过程中,模型管理器1202具体地通过修改警报的预测范围来更新警报的警报响应配置文件1204。在一些具体实施中,修改警报的预测范围包括减少预测范围中包括的时间量,以减轻原本与未修改的预测范围相关联的妨碍警报的数量。另选地,修改警报的预测范围包括增加预测范围中包括的时间量,以便在预测的有问题的葡萄糖水平事件的发生之前向人102提供附加的提前警告时间,以采取干预动作来避免有问题的葡萄糖水平事件。

[0257] 模型管理器1202被配置成将指定警报的修改的预测范围的警报响应配置文件1204传达到机器学习模型412,该机器学习模型使用CGM系统的修改的至少一个预测范围设置来导致输出警报的至少一个后续实例(框1414)。

[0258] 在描述了根据一个或多个具体实施的示例性程序后,现在考虑可用于实现本文所述的各种技术的示例性系统和装置。

[0259] 示例性系统和装置

[0260] 图15示出了总体上以1500表示的示例性系统,该示例性系统包括示例性计算装置1502,该示例性计算装置代表可实现本文所述的各种技术的一个或多个计算系统和/或装置。这通过将CGM平台112包含在内来示出。计算装置1502可以是例如服务提供方的服务器、与客户端相关联的装置(例如,客户端装置)、片上系统和/或任何其他合适的计算装置或计算系统。

[0261] 如图所示,示例性计算装置1502包括处理系统1504、一个或多个计算机可读介质1506以及彼此通信地联接的一个或多个I/O接口1508。尽管未示出,但计算装置1502还可包括将各种部件彼此联接的系统总线或其他数据和命令转移系统。系统总线可包括不同总线结构中的任一总线结构或它们的组合,诸如存储器总线或存储器控制器、外围总线、通用串行总线和/或利用多种总线架构中的任一总线架构的处理器或本地总线。还可以设想多种其他示例,诸如控制线和数据线。

[0262] 处理系统1504代表使用硬件执行一个或多个操作的功能。因此,处理系统1504示为包括可被配置为处理器、功能块等的硬件元件1510。这可包括在硬件中实现为专用集成

电路或使用一个或多个半导体形成的其他逻辑装置。硬件元件1510不受形成它们的材料或其中采用的处理机制的限制。例如,处理器可包括半导体和/或晶体管(例如,电子集成电路(IC))。在这种上下文中,处理器可执行指令可以是电子可执行指令。

[0263] 计算机可读介质1506示为包括存储器/存储设备1512。存储器/存储设备1512表示与一个或多个计算机可读介质相关联的存储器/存储容量。存储器/存储部件1512可包括易失性介质(诸如随机存取存储器(RAM))和/或非易失性介质(诸如只读存储器(ROM)、闪存存储器、光盘、磁盘等)。存储器/存储部件1512可包括固定介质(例如,RAM、ROM、固定硬盘驱动器、其组合等)以及可移动介质(例如,闪存存储器、可移动硬盘驱动器、光盘、其组合等)。计算机可读介质1506可以多种其他方式配置,如下文进一步详细描述。

[0264] 输入/输出接口1508代表使用户能够向计算装置1502输入命令和/或信息,并且能够使用各种输入/输出装置向用户和/或其他部件或装置呈现信息的功能。输入装置的示例包括键盘、光标控制装置(例如,鼠标)、麦克风、扫描仪、触摸功能(例如,电容传感器或被配置成检测物理触摸的其他传感器)、相机(例如,被配置成采用可见波长或不可见波长(诸如红外频率)来将移动识别为不涉及触摸的手势的装置)等。输出装置的示例包括显示装置(例如,监测器或投影仪)、扬声器、打印机、网卡、触觉响应装置等。因此,计算装置1502可以如下文进一步描述的各种方式来配置以支持用户交互。

[0265] 本文可在软件、硬件元件或程序模块的一般上下文中描述各种技术。一般来讲,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、元件、部件、数据结构等。本文使用的术语“模块”、“功能”和“部件”通常表示软件、固件、硬件或其组合。本文所述的技术的特征是平台无关的,这意味着这些技术可在具有多种处理器的多种商业计算平台上实现。

[0266] 所描述的模块和技术的具体实施可存储在某种形式的计算机可读介质上或跨某种形式的计算机可读介质传输。计算机可读介质可包括可由计算装置1502访问的多种介质。以举例而非限制的方式,计算机可读介质可包括“计算机可读存储介质”和“计算机可读信号介质”。

[0267] “计算机可读存储介质”可指能够持久地和/或非暂态地存储信息的介质和/或装置,而不仅仅是信号传输、载波或信号本身。因此,计算机可读存储介质是指非信号承载介质。计算机可读存储介质包括诸如易失性和非易失性、可移动和不可移动介质和/或存储装置的硬件,该硬件以适合于存储诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块、逻辑元件/电路或其他数据的信息的方法或技术实现。计算机可读存储介质的示例可包括但不限于RAM、ROM、EEPROM、闪存存储器或其他存储技术、CD-ROM、数字多功能盘(DVD)或其他光学存储设备、硬盘、盒式磁带、磁带、磁盘存储设备或其他磁存储装置、或其他存储装置、有形介质、或适于存储所需信息并可由计算机访问的制品。

[0268] “计算机可读信号介质”可指被配置成诸如经由网络向计算装置1502的硬件传输指令的信号承载介质。信号介质通常可在调制数据信号(诸如载波、数据信号或其他传送机制)中体现计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据。信号介质还包括任何信息递送介质。术语“调制数据信号”是指其特性中的一个或多个特性以编码信号中信息的方式设置或改变的信号。以举例而非限制的方式,通信介质包括诸如有线网络或直接有线连接的有线介质,以及诸如声介质、RF介质、红外介质和其他无线介质的无线介质。

[0269] 如先前所描述,硬件元件1510和计算机可读介质1506代表以硬件形式实现的模块、可编程装置逻辑和/或固定装置逻辑,其可在一些实施方案中用于实现本文所述技术的至少一些方面,以执行一个或多个指令。硬件可包括集成电路或片上系统、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、复杂可编程逻辑器件(CPLD)以及硅或其他硬件中的其他具体实施的部件。在此上下文中,硬件可作为执行由硬件体现的指令和/或逻辑定义的程序任务的处理装置,以及用于存储用于执行的指令的硬件(例如,本文所述的计算机可读存储介质)来操作。

[0270] 也可采用前述的组合来实现本文所述的各种技术。因此,软件、硬件或可执行模块可被实现为在某种形式的计算机可读存储介质上体现和/或由一个或多个硬件元件1510体现的一个或多个指令和/或逻辑。计算装置1502可被配置成实现对应于软件和/或硬件模块的特定指令和/或功能。因此,例如,通过使用计算机可读存储介质和/或处理系统1504的硬件元件1510,可至少部分地以硬件实现可由计算装置1502作为软件执行的模块的具体实施。指令和/或功能可由一个或多个制品(例如,一个或多个计算装置1502和/或处理系统1504)执行/操作,以实现本文所述的技术、模块和示例。

[0271] 本文所述的技术可由计算装置1502的各种配置支持,并且不限于本文所述的技术的具体示例。此功能还可全部或部分地通过使用分布式系统来实现,诸如经由平台1516在“云”1514上实现,如下所述。

[0272] 云1514包括和/或代表用于资源1518的平台1516。平台1516抽象云1514的硬件(例如,服务器)和软件资源的底层功能。资源1518可包括当在远离计算装置1502的服务器上执行计算机处理时可以利用的应用程序和/或数据。资源1518还可包括通过互联网和/或通过诸如蜂窝或Wi-Fi网络的订户网络提供的服务。

[0273] 平台1516可抽象化资源和功能以将计算装置1502与其他计算装置连接。平台1516还可用于抽象化资源的缩放以提供对应的缩放级别,以满足对经由平台1516实现的资源1518的需求。因此,在互连的装置实施方案中,本文所述的功能的具体实施可分布在整个系统1500中。例如,该功能可部分地在计算装置1502上实现以及经由抽象化云1514的功能的平台1516来实现。

[0274] 结论

[0275] 尽管已经以结构特征和/或方法动作专用的语言描述了系统和技术,但应当理解,所附权利要求中定义的系统和技术不一定限于所描述的特定特征或动作。相反,特定特征或动作被公开为实现要求保护的主题的示例性形式。

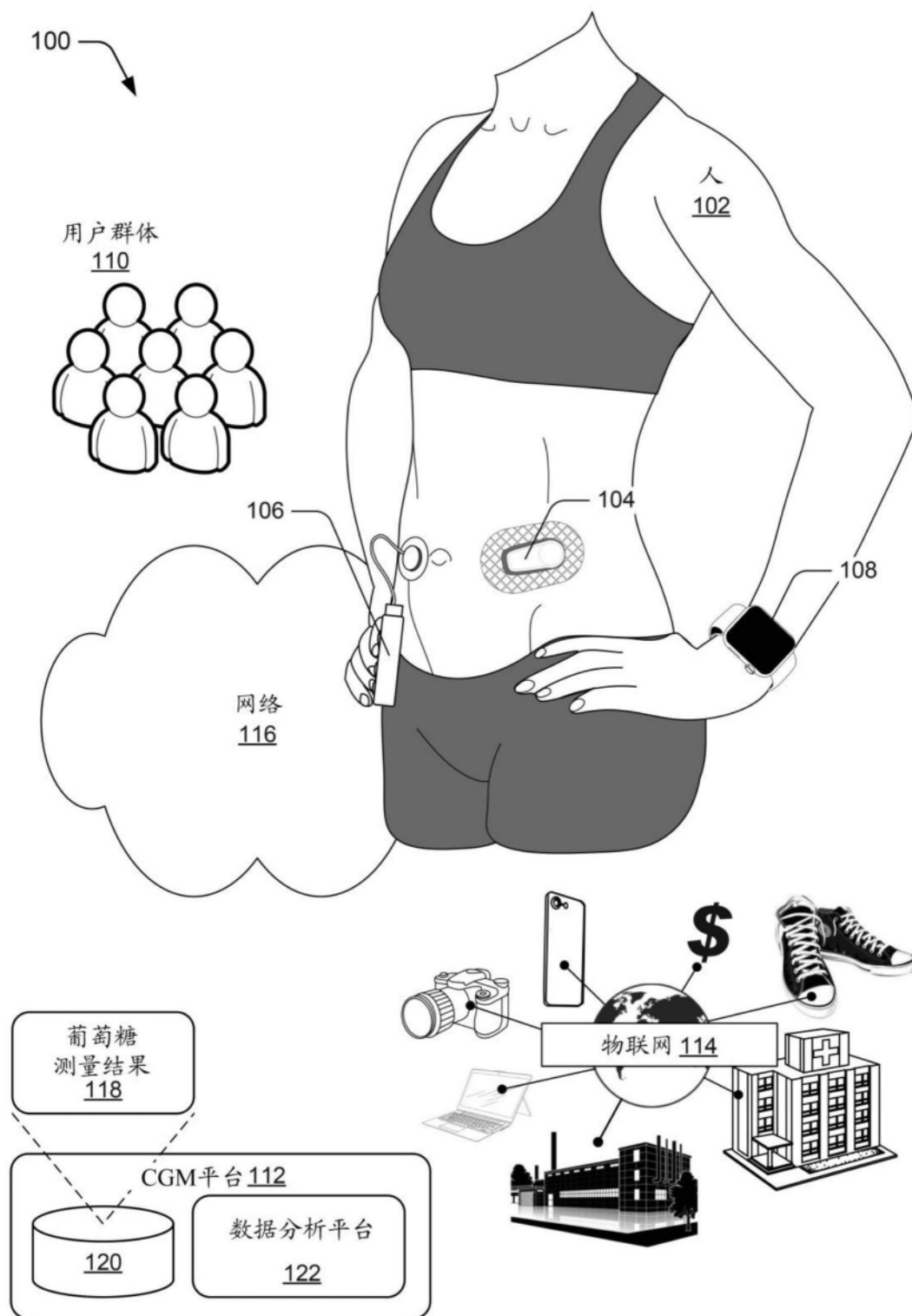


图1

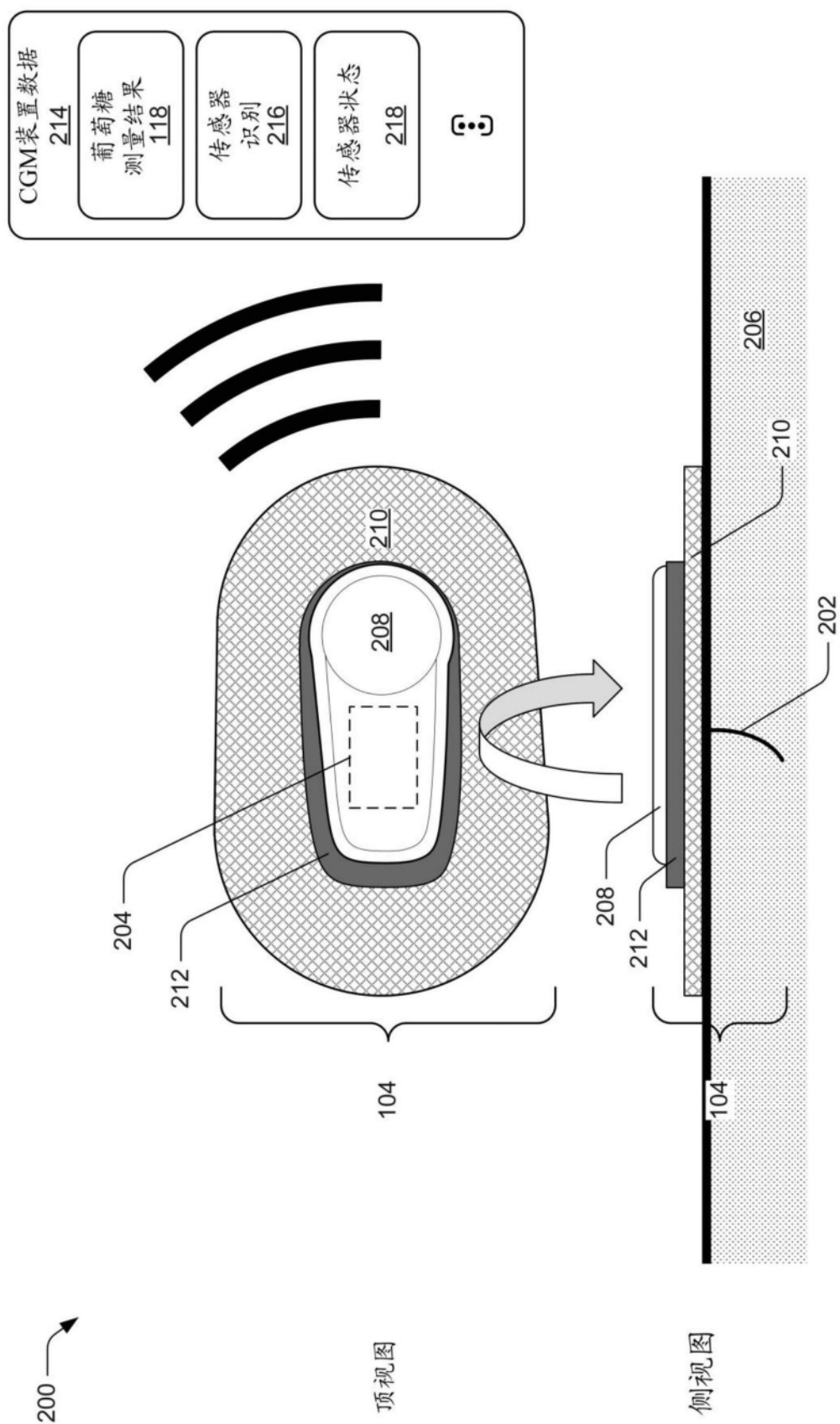


图2

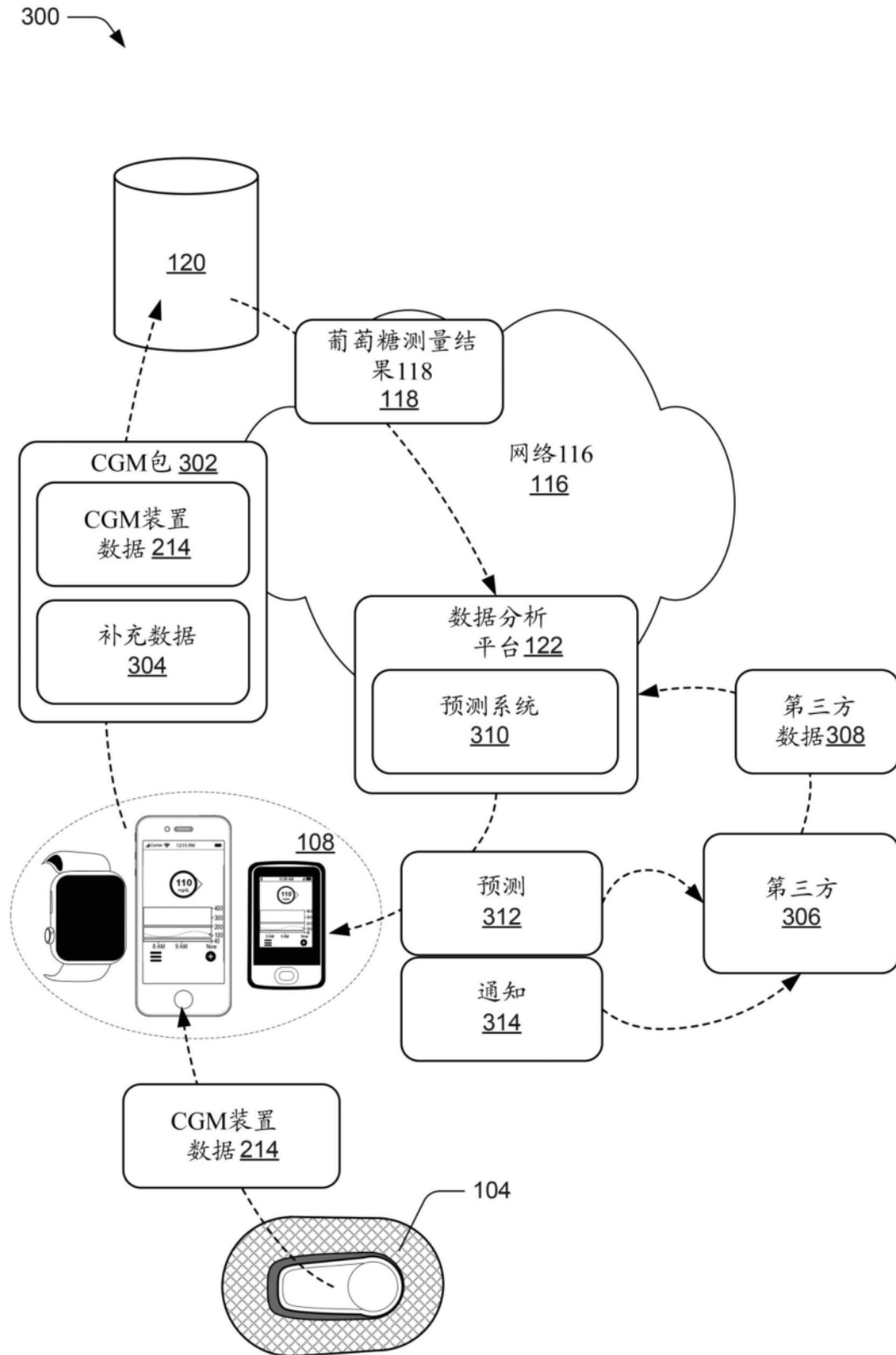


图3

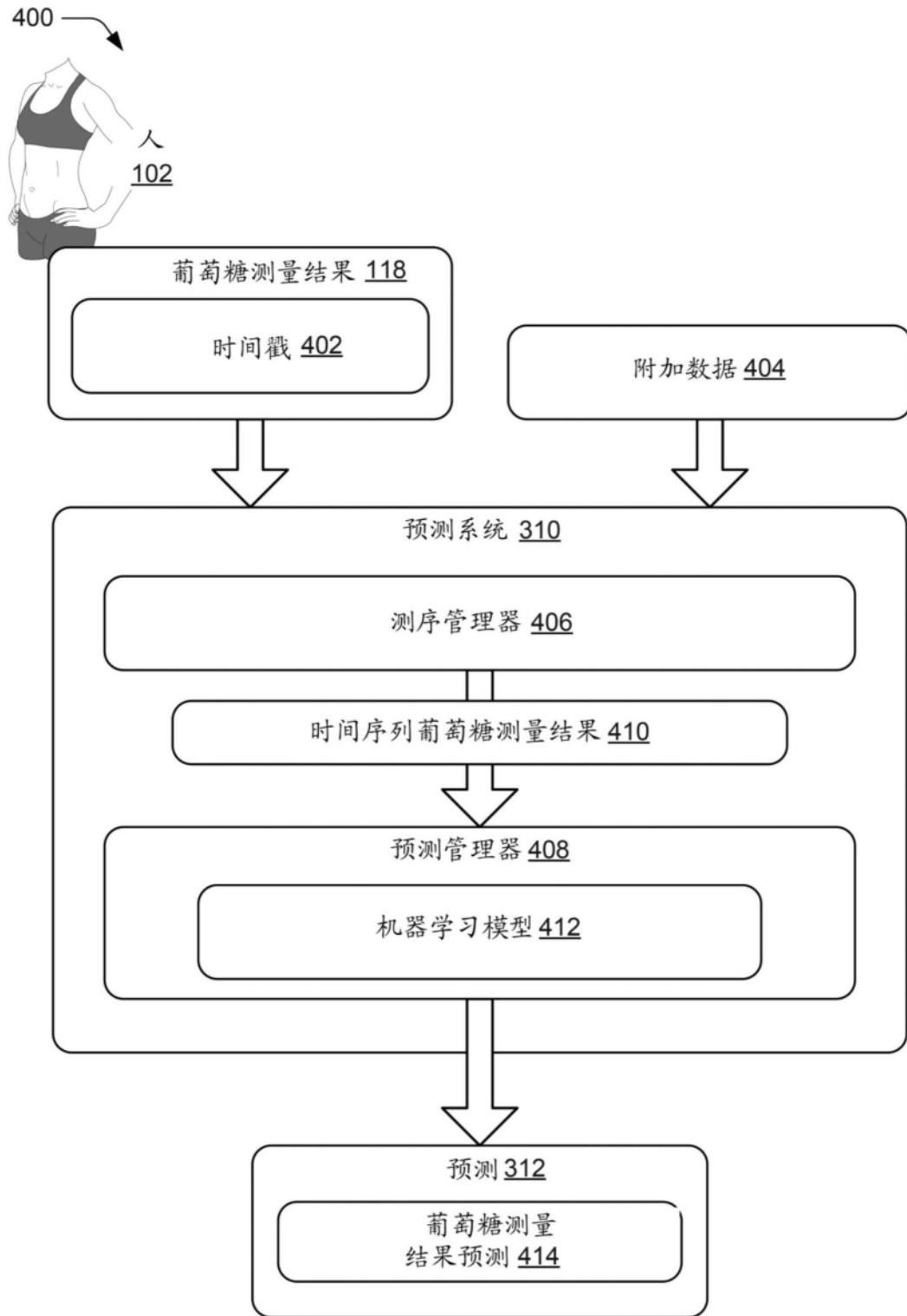


图4

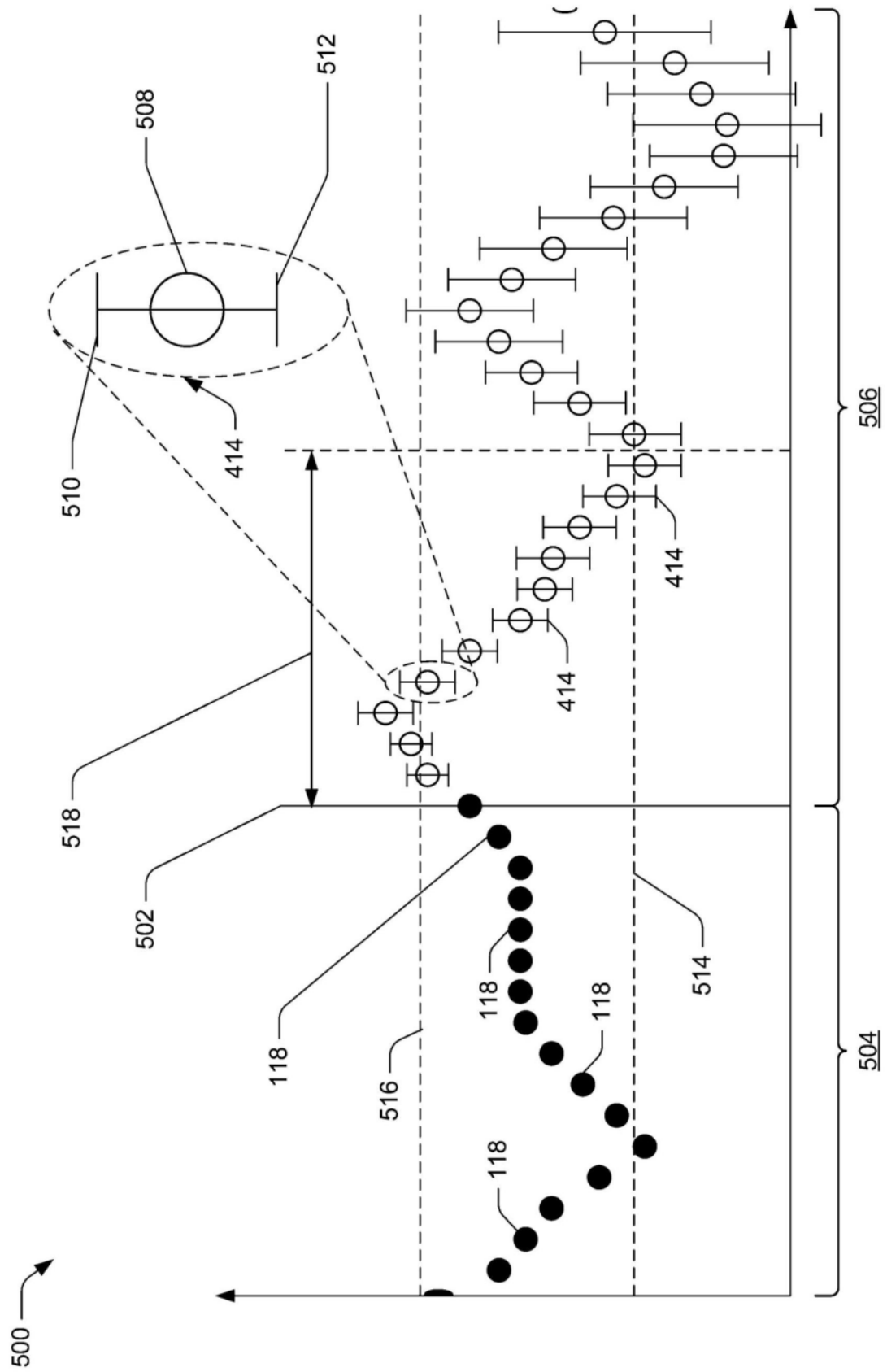


图5

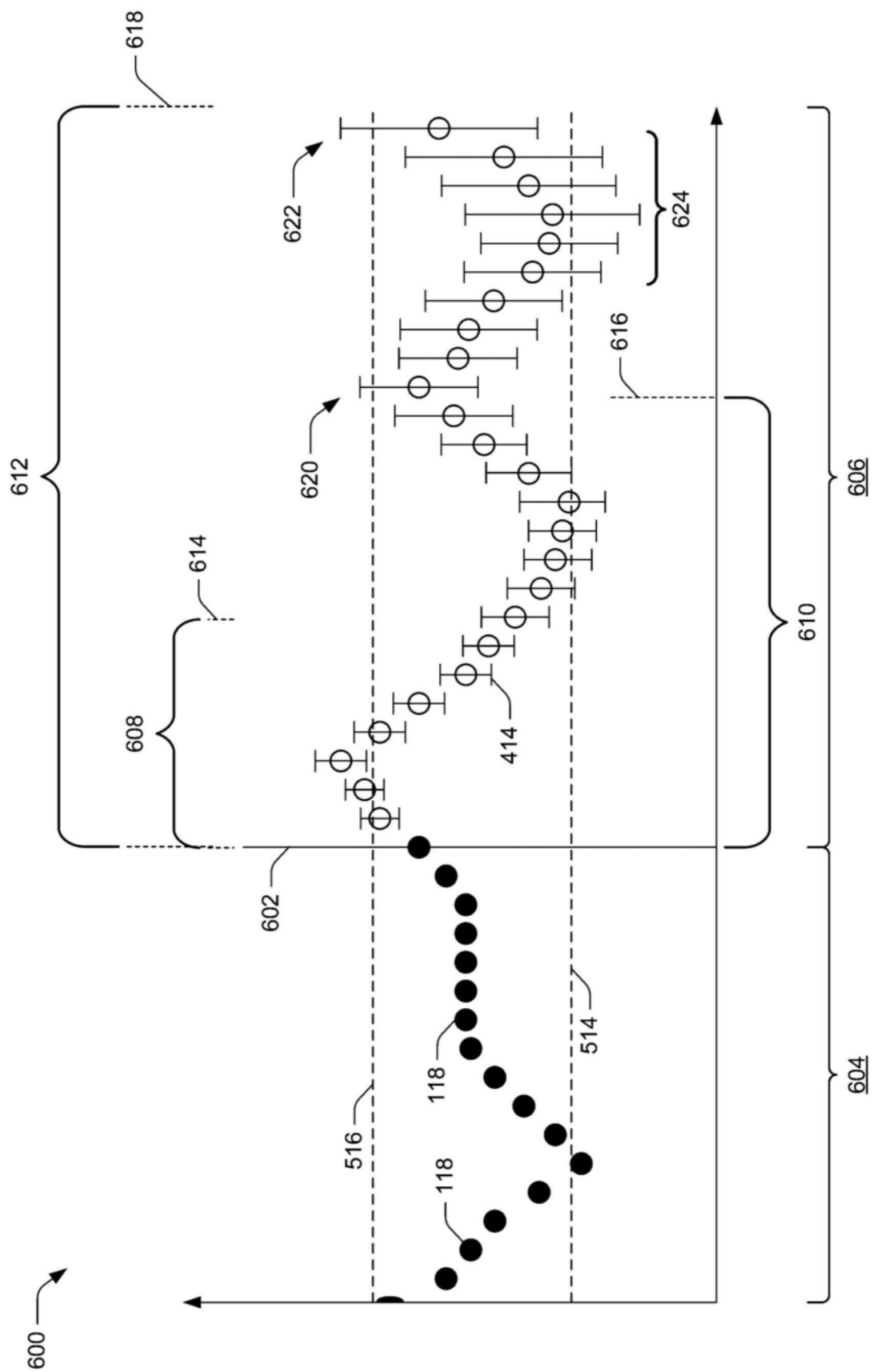


图6

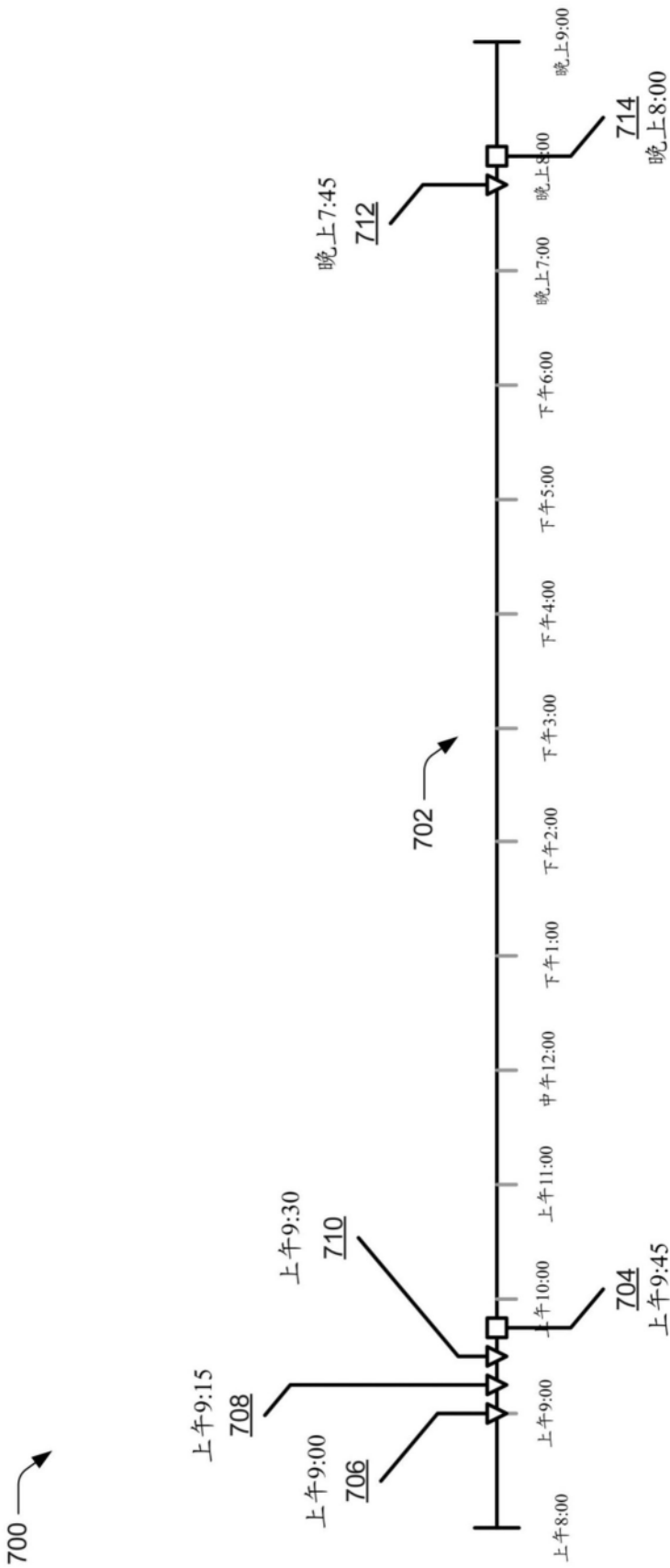


图7

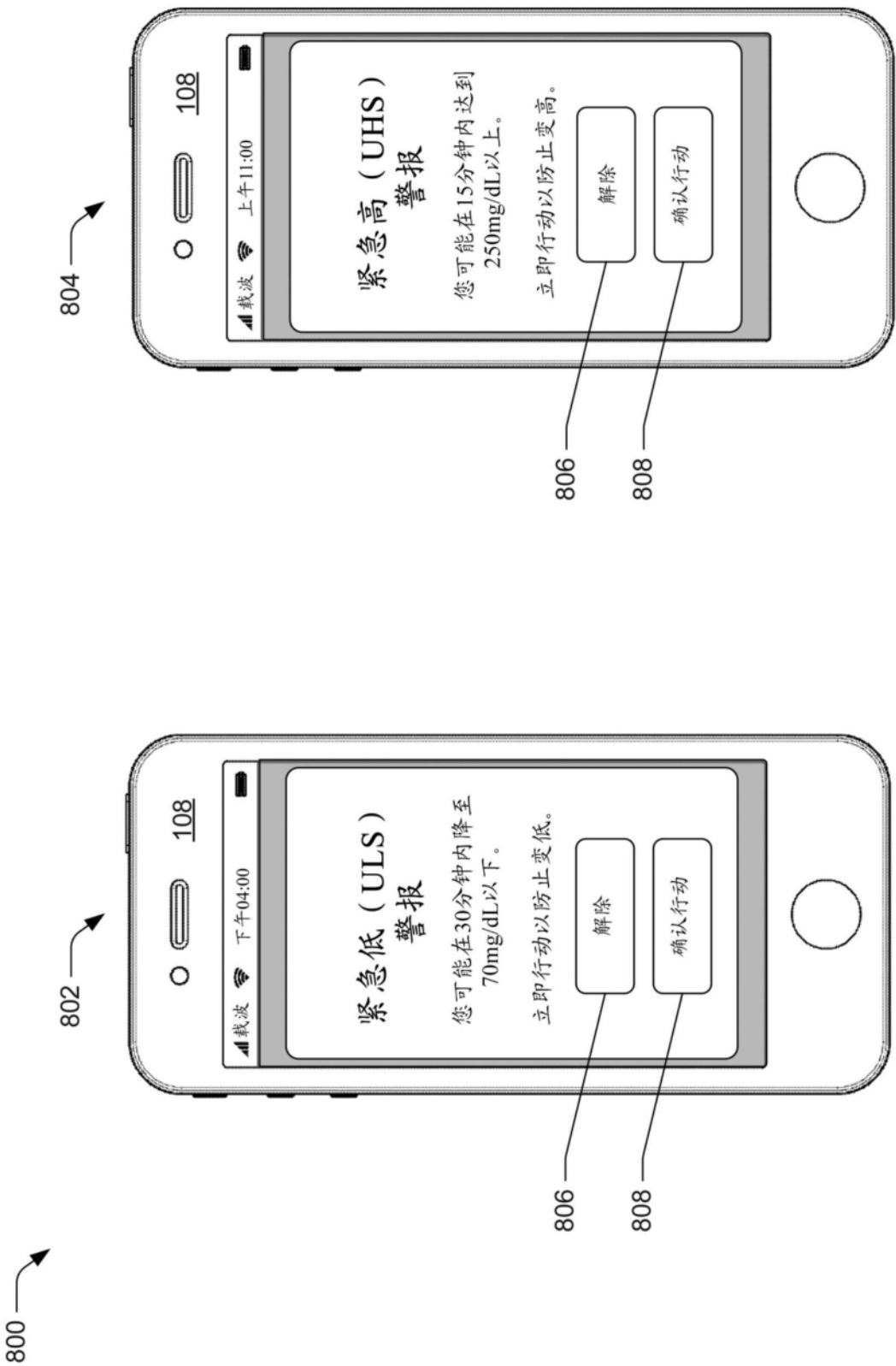


图8

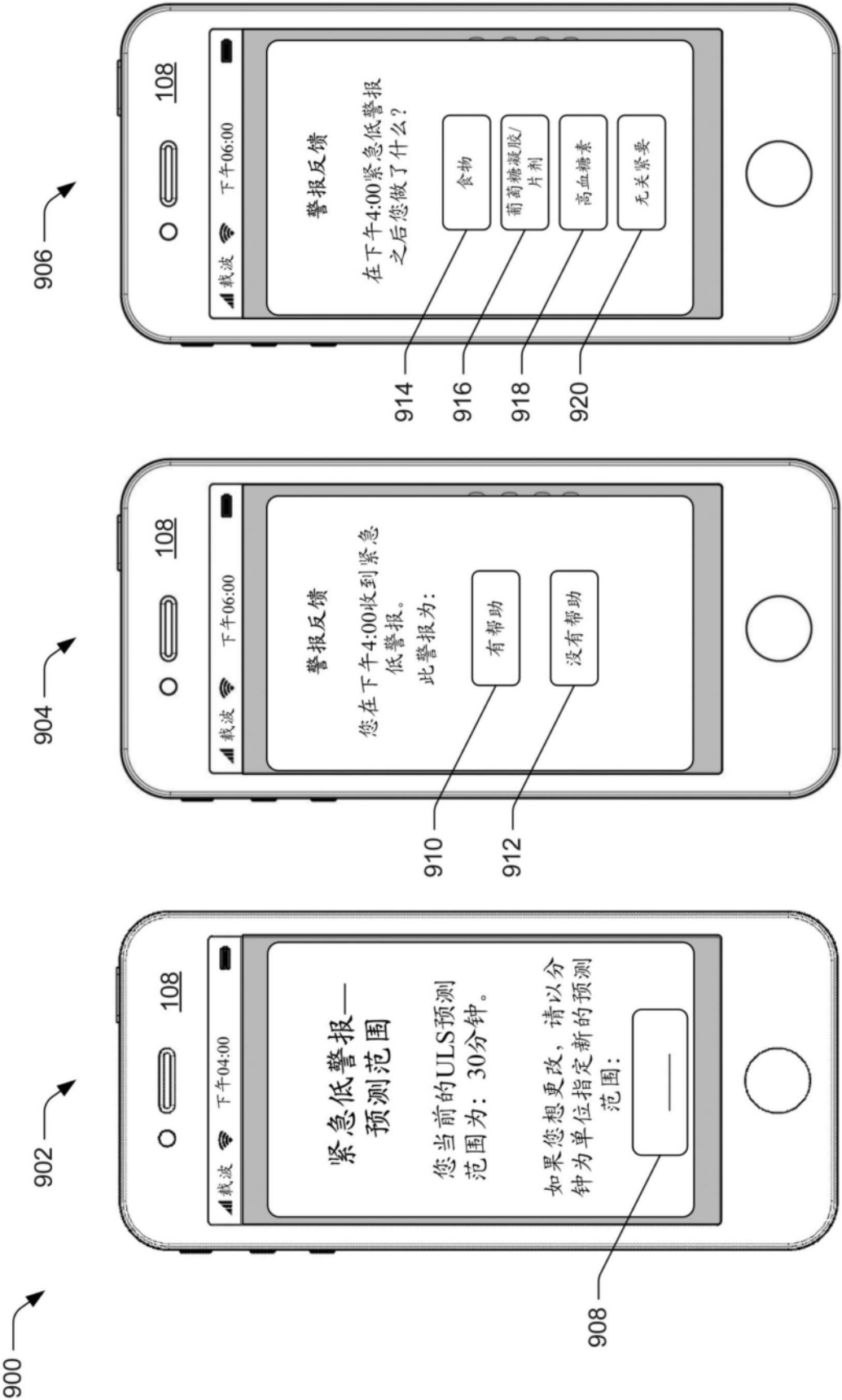


图9

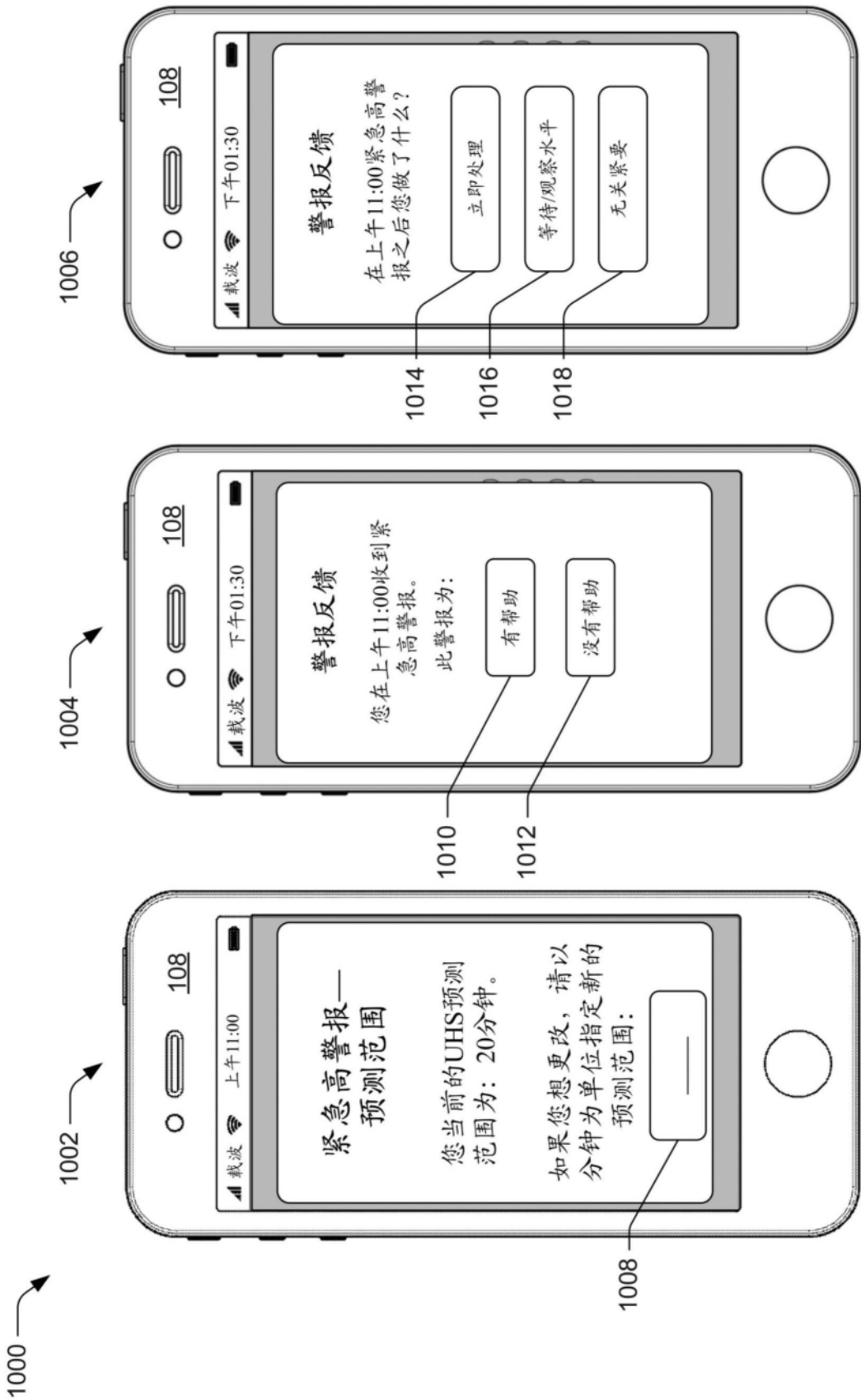


图10

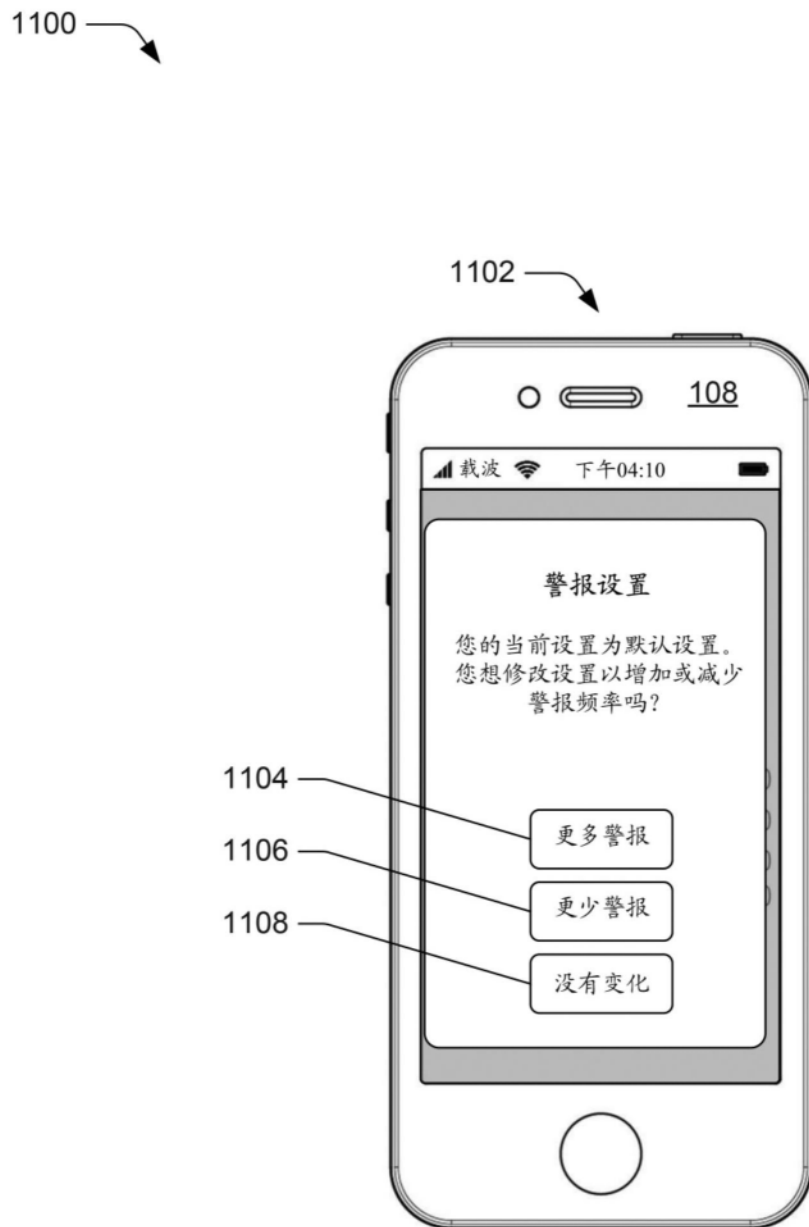


图11

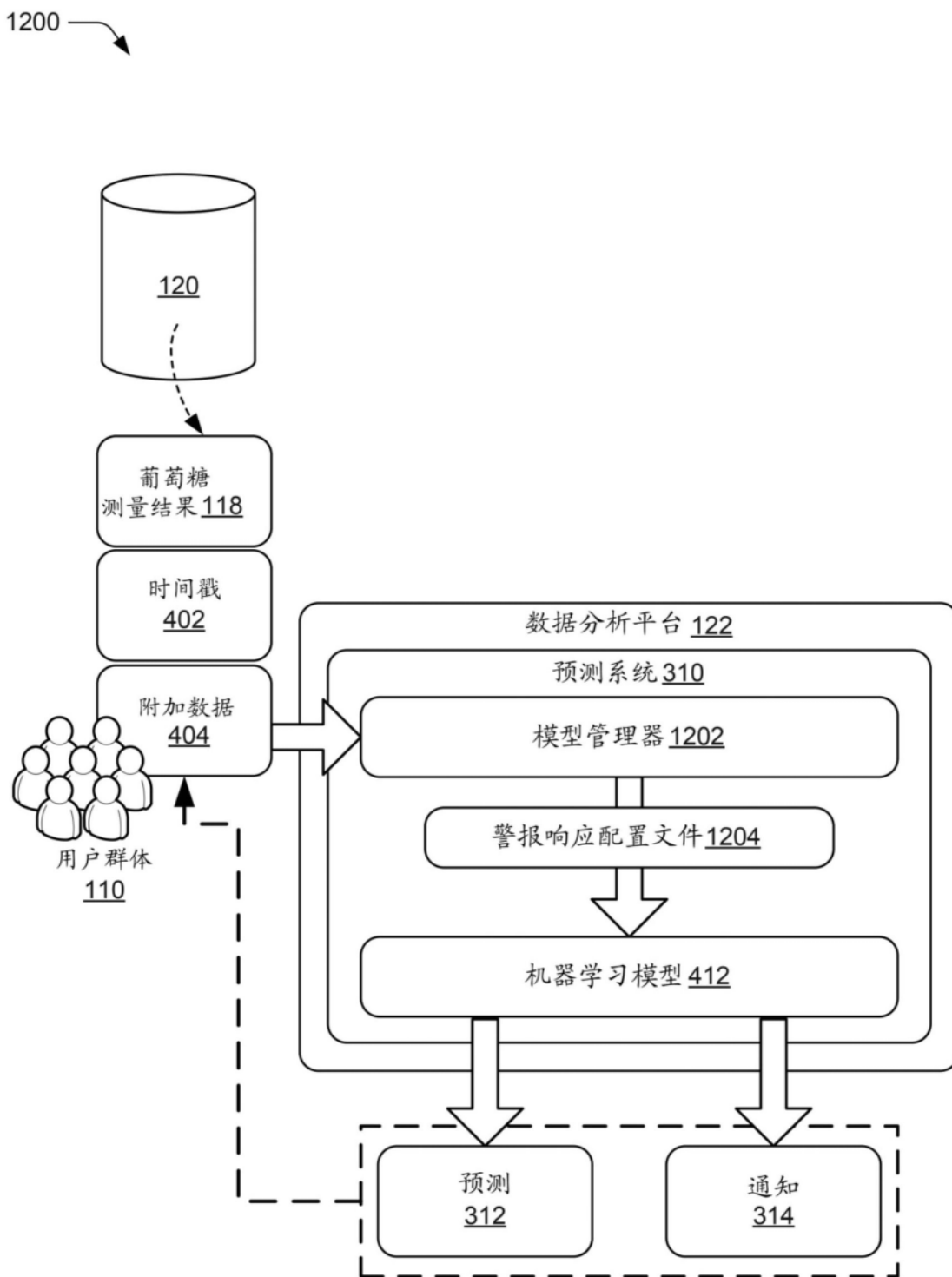


图12

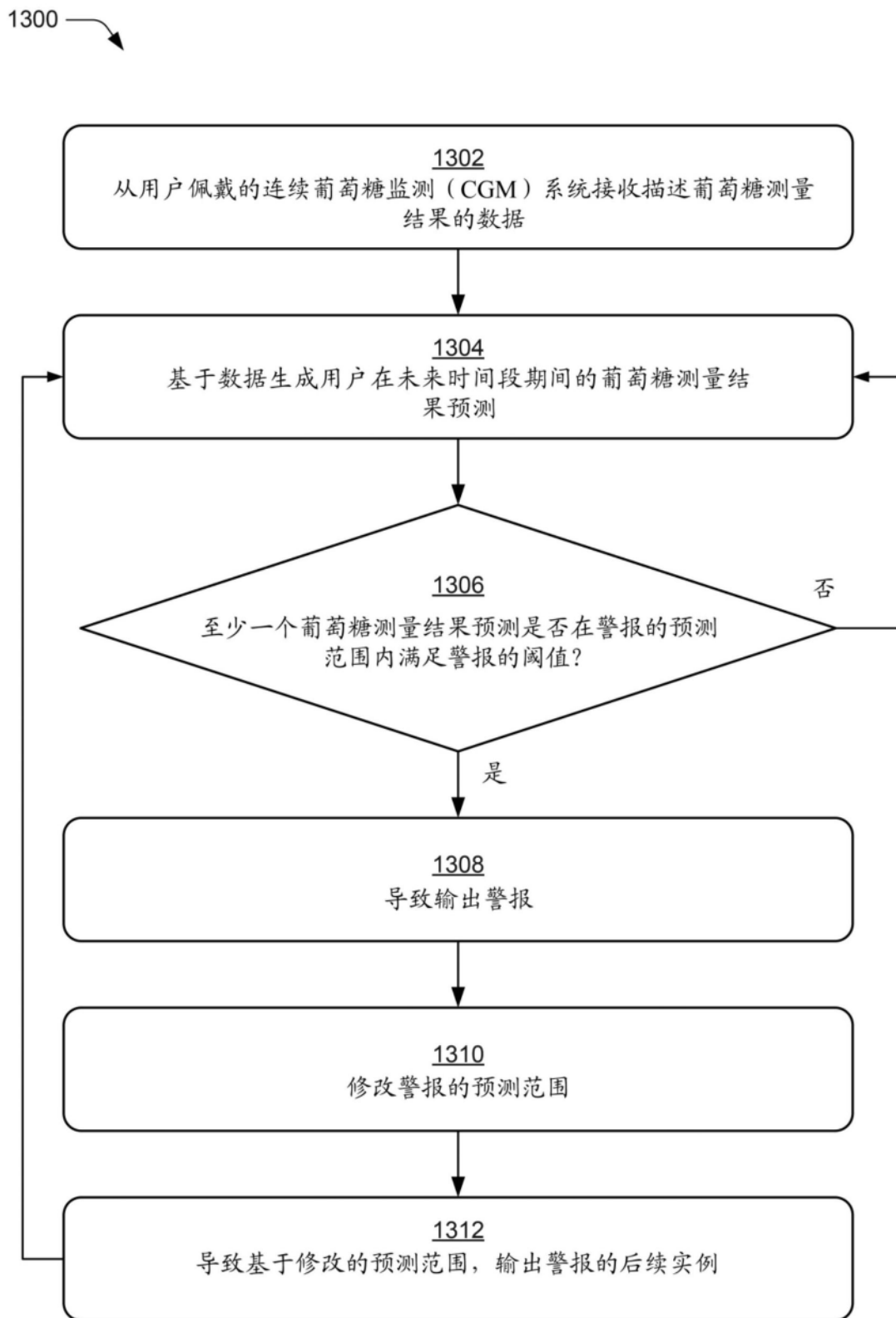


图13

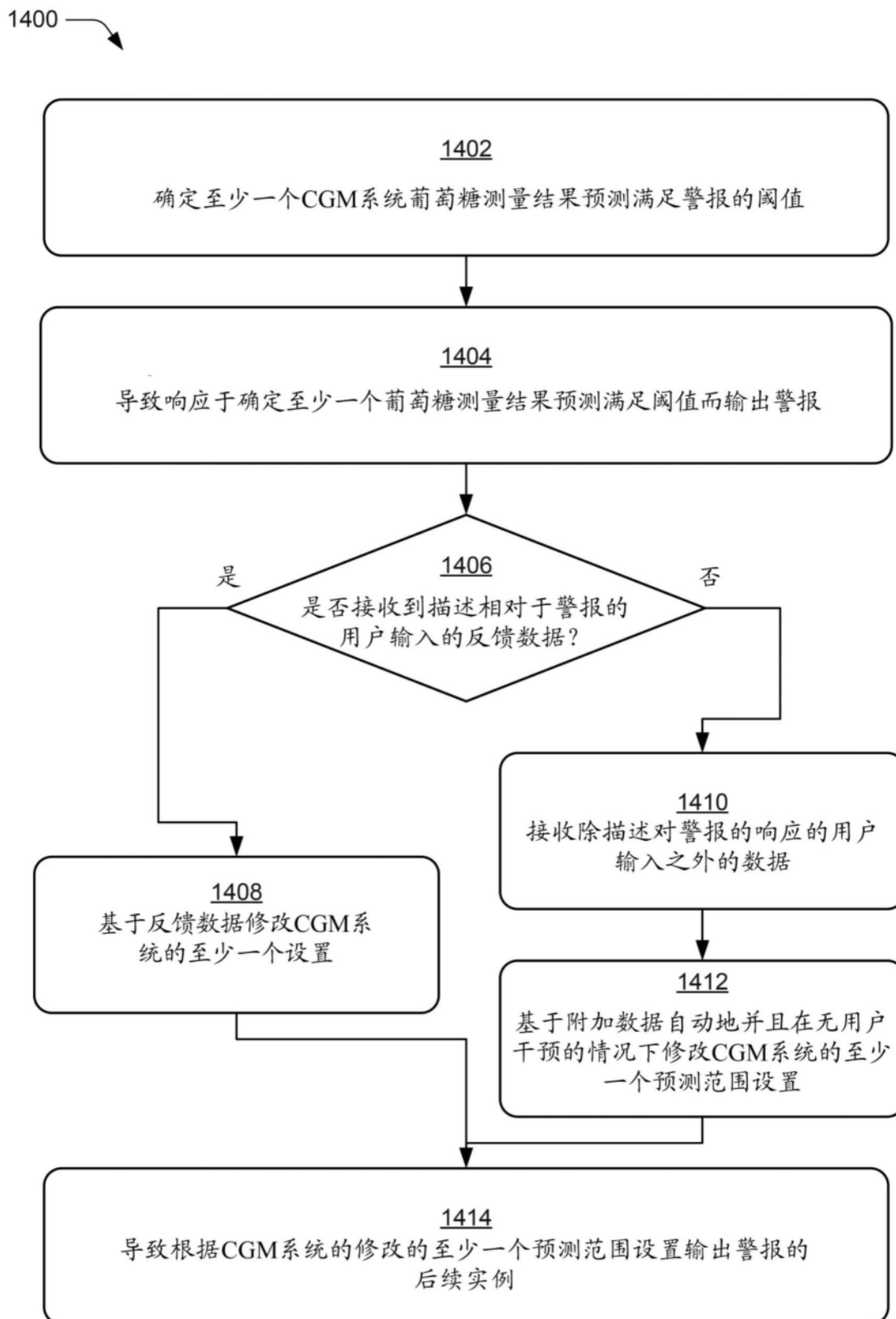


图14

1500

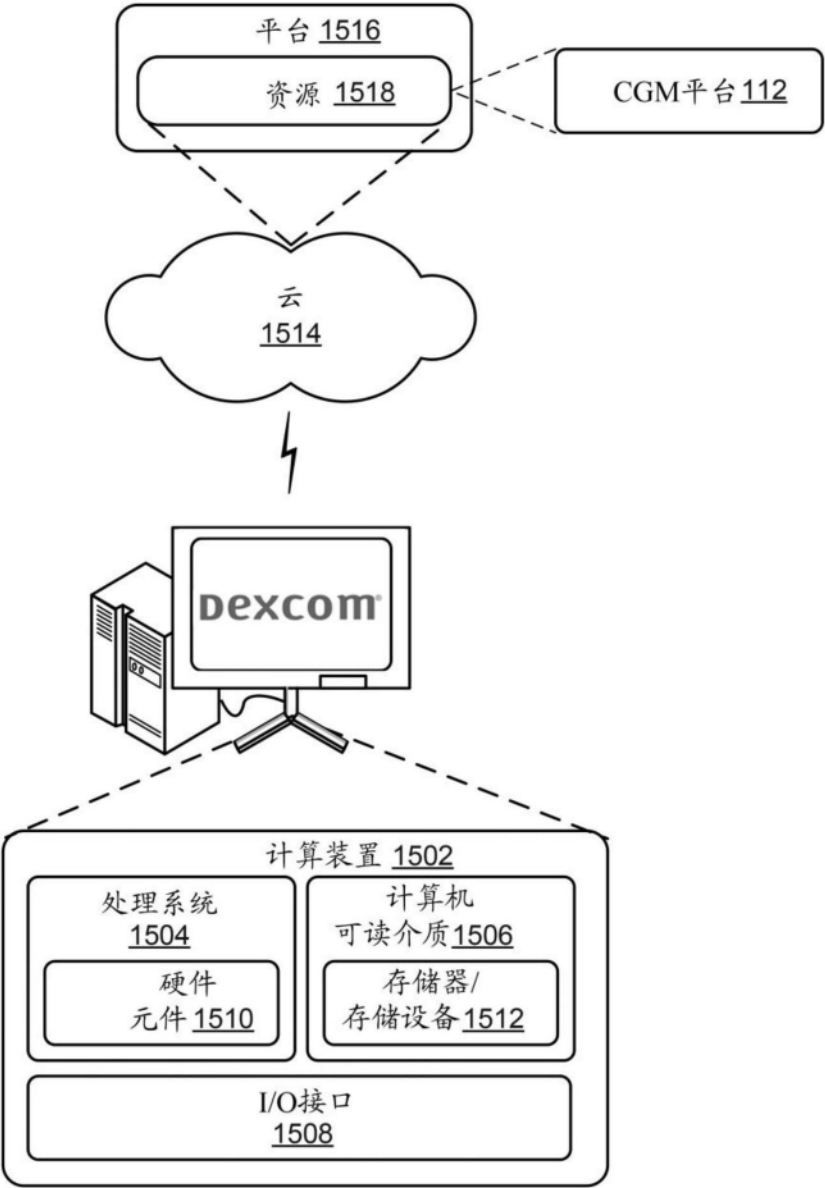


图15