



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104969035 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 07

(21) 申请号 201480004411. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 01. 06

G01C 22/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/750, 490 2013. 01. 09 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 07. 09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/010326 2014. 01. 06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/109982 EN 2014. 07. 17

(71) 申请人 瓦伦赛尔公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72) 发明人 E. D. 拉姆斯伯格

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 徐予红 张懿

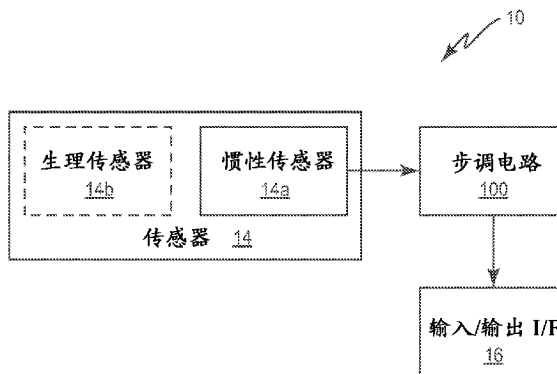
权利要求书5页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

基于惯性谐波的步调检测

(57) 摘要

本文公开的方法和装置从安装到或靠近用户身体的惯性传感器的输出确定用户步调。一般,公开的步调测量系统基于从惯性传感器输出的惯性信号获取的频率测量来确定步调。更特定地,步调测量系统从由惯性传感器生成的惯性信号确定用户步调,其中该惯性信号包括一个或多个频率分量。步调测量系统确定惯性信号的峰值频率,其中该峰值频率对应于具有最大幅度的惯性信号的频率分量。在对一个或多个频率阈值比较应用峰值频率后,步调测量系统基于峰值频率和频率阈值比较来确定用户步调。



1. 一种从由惯性传感器生成并且包括一个或多个频率分量的惯性信号确定用户步调的方法,所述方法包括:

确定所述惯性信号的峰值频率,所述峰值频率对应于具有最大幅度的频率分量;
将所述峰值频率应用到一个或多个频率阈值比较;以及
基于所述峰值频率和所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括基于所述惯性信号的频率变换来确定谱信号,其中确定所述峰值频率包括确定所述谱信号的峰值的频率。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中确定所述用户步调包括在所述峰值频率超出频率阈值时基于所述峰值频率和之前的用户步调来计算所述用户步调。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中基于所述峰值频率和所述之前的用户步调来计算所述用户步调包括:

基于所述峰值频率来确定两个或以上测试用户步调;以及
将所述用户步调设置成最接近所述之前的用户步调的测试用户步调。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中确定所述用户步调包括在所述峰值频率小于频率阈值时将所述用户步调设置成等于所述峰值频率除以谐波因子。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中所述谐波因子包括 $1/2$ 。

7. 如权利要求 5 所述的方法,其中所述谐波因子包括 2。

8. 如权利要求 5 所述的方法,其中所述谐波因子包括 $3/2$ 。

9. 如权利要求 5 所述的方法,其中所述谐波因子包括 1。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括:

确定所述惯性信号的功率;以及
将所述功率与功率阈值比较;

其中确定所述用户步调进一步包括基于所述功率与所述功率阈值之间的比较来确定所述用户步调。

11. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括确定所述峰值频率是否从第一低频率值爬升,其中确定所述用户步调进一步包括基于所述峰值频率是否从所述第一低频率值爬升来确定所述用户步调。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括:

确定所述惯性信号的功率;
将所述功率与功率阈值比较;以及
将所述峰值频率与频率阈值比较;

其中确定所述用户步调包括在所述功率小于所述功率阈值并且所述峰值频率超过所述频率阈值时基于所述峰值频率和之前的用户步调来确定所述用户步调。

13. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括:

确定所述惯性信号的功率;以及
将所述功率与功率阈值比较;以及
将所述峰值频率与频率阈值比较;
基于用户输入确定疾跑是否是可能的;

如果疾跑是可能的,在所述功率超出所述功率阈值或所述峰值频率小于所述频率阈值

时在疾跑条件下基于所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调；以及

如果疾跑是不可能的，在所述功率超出所述功率阈值或所述峰值频率小于所述频率阈值时在非疾跑条件下基于一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其中在疾跑条件下确定所述用户步调包括：

将所述峰值频率与频率阈值比较；

如果所述峰值频率超出所述频率阈值，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率；以及

否则，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的两倍。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其中在非疾跑条件下确定所述用户步调包括：

确定所述峰值频率是否从第一低频率值爬升；

如果所述峰值频率从所述第一低频率值爬升，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率；以及

否则，在非疾跑条件下基于一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中在非疾跑条件下基于所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调包括：

将所述峰值频率与低频率阈值、高频率阈值和中频率阈值比较，所述中频率阈值具有在所述低与高频率阈值之间的值；

如果所述峰值频率小于所述低频率阈值，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的两倍；

如果所述峰值频率超出所述低和高频率阈值，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的一半；

如果所述峰值频率超出所述低和中频率阈值但小于所述高频率阈值，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的三分之二；以及

否则，将所述用户步调设置成等于所述峰值频率。

17. 如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括基于之前的用户步调来确定至少一个频率阈值。

18. 如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括基于所述惯性信号的惯性功率来确定至少一个频率阈值。

19. 如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括基于经验值来确定至少一个频率阈值。

20. 如权利要求 1 所述的方法，其进一步包括基于用户输入来确定用户活动参数，其中确定所述用户步调包括基于所述用户活动参数和所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述用户活动参数指示所述用户在踩踏有轮装置，并且其中确定所述用户步调包括基于所述一个或多个频率阈值比较来确定有轮用户步调。

22. 如权利要求 20 所述的方法，其中所述用户活动参数指示所述用户在徒步移动，并且其中确定所述用户步调包括基于所述一个或多个频率阈值比较来确定徒步用户步调。

23. 如权利要求 20 所述的方法，其进一步包括基于关于所述用户活动参数的用户输入来确定至少一个频率阈值。

24. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述用户活动参数指示疾跑是否是可能的。

25. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述惯性传感器包括加速计、微机电系统(MEMS)设备、光学传感器、陀螺仪、光机传感器、阻塞信道传感器、电容传感器和压电传感器中的至少一个。

26. 如权利要求 1 所述的方法,其进一步包括使用确定的用户步调作为噪声参考以使来自生理信号的运动伪影减弱。

27. 一种步调测量系统,其配置成确定用户步调,所述步调测量系统包括:

惯性传感器,其配置成输出惯性信号,所述惯性信号包括一个或多个频率分量;以及步调电路,其操作地连接到所述惯性传感器,所述步调电路包括:

峰值频率电路,其配置成确定所述惯性信号的峰值频率,所述峰值频率对应于具有最大幅度的频率分量;

比较电路,其配置成对一个或多个频率阈值比较应用所述峰值频率;以及

步调处理器,其配置成基于所述峰值频率和所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调。

28. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述峰值频率电路包括谱电路,其配置成:

基于所述惯性信号的频率变换来确定谱信号;以及

通过确定所述谱信号的峰值的频率来确定所述峰值频率。

29. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括存储器,其操作成存储之前的用户步调,其中所述步调处理器通过在所述峰值频率超出频率阈值时基于所述峰值频率和所述之前的用户步调来计算所述用户步调而确定所述用户步调。

30. 如权利要求 29 所述的步调测量系统,其中所述步调处理器进一步配置成基于所述峰值频率来确定两个或以上测试用户步调,并且其中所述步调处理器通过将所述循环用户步调设置成等于最接近所述之前的用户步调的测试用户步调来确定所述用户步调。

31. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述步调处理器通过在所述峰值频率小于所述频率阈值时将所述用户步调设置成等于所述峰值频率除以谐波因子来确定所述用户步调。

32. 如权利要求 31 所述的步调测量系统,其中所述谐波因子包括 $1/2$ 。

33. 如权利要求 31 所述的步调测量系统,其中所述谐波因子包括 2。

34. 如权利要求 31 所述的步调测量系统,其中所述谐波因子包括 $3/2$ 。

35. 如权利要求 31 所述的步调测量系统,其中所述谐波因子包括 1。

36. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括:

功率电路,其配置成确定所述惯性信号的功率;以及

功率比较器,其配置成基于所述功率来确定与功率阈值的功率比较;

其中所述步调处理器进一步配置成基于所述功率比较来确定所述用户步调。

37. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括斜坡电路,其配置成确定所述峰值频率是否从第一低频率值爬升,其中所述步调处理器进一步配置成基于所述峰值频率是否从所述第一低频率值爬升来确定所述用户步调。

38. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括:功率电路,其

配置成确定所述惯性信号的功率；

功率比较器,其配置成将所述功率与功率阈值比较;以及

存储器,其操作成存储之前的用户步调;

其中所述比较电路通过将所述峰值频率与频率阈值比较来向一个或多个频率阈值比较应用所述峰值频率;以及

其中所述步调处理器配置成在所述功率小于所述功率阈值并且所述峰值频率超出所述频率阈值时基于所述峰值频率和所述之前的用户步调来确定所述用户步调。

39. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括:

功率电路,其配置成确定所述惯性信号的功率;

功率比较器,其配置成将所述功率与功率阈值比较;以及

疾跑电路,其配置成基于用户输入来确定疾跑是否是可能的;

其中如果疾跑是可能的,步调处理器在所述功率超出所述功率阈值或所述峰值频率小于所述频率阈值时在疾跑条件下通过基于所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调而确定所述用户步调;以及

其中如果疾跑是不可能的,步调处理器在所述功率超出所述功率阈值或所述峰值频率小于所述频率阈值时在非疾跑条件下通过基于所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调而确定所述用户步调。

40. 如权利要求 39 所述的步调测量系统,其中所述比较电路配置成将所述峰值频率与频率阈值比较,并且其中所述步调处理器通过以下来确定所述用户步调:

如果所述峰值频率超出所述频率阈值,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率;以及

否则,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的两倍。

41. 如权利要求 39 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括斜坡电路,其配置成确定所述峰值频率是否从第一低频率值爬升,其中所述步调处理器通过以下来确定所述用户步调:

如果所述峰值频率从所述第一低频率值爬升,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率;以及

否则,在非疾跑条件下基于所述一个或多个频率阈值比较来确定所述用户步调。

42. 如权利要求 41 所述的步调测量系统,其中所述比较电路配置成将所述峰值频率与低频率阈值、高频率阈值和中频率阈值比较,所述中频率阈值具有在所述低与高频率阈值之间的值,并且其中所述步调处理器在非疾跑条件下基于所述一个或多个频率阈值通过以下来确定所述用户步调:

如果所述峰值频率小于所述低频率阈值,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的两倍;

如果所述峰值频率超出所述低和高频率阈值,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的一半;

如果所述峰值频率超出所述低和中频率阈值但小于所述高频率阈值,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率的三分之二;以及

否则,将所述用户步调设置成等于所述峰值频率。

43. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其进一步包括:
阈值电路,其配置成基于之前的用户步调来确定至少一个频率阈值;以及
存储器,其配置成存储所述至少一个频率阈值中的每个。
44. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其进一步包括阈值电路,所述阈值电路配置成基于所述惯性信号的惯性功率来确定至少一个频率阈值。
45. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其进一步包括:
阈值电路,其配置成基于经验值来确定至少一个频率阈值;以及
存储器,其配置成存储所述至少一个频率阈值中的每个。
46. 如权利要求 27 所述的步调测量系统,其进一步包括用户输入电路,所述用户输入电路配置成基于用户输入来确定用户活动参数,其中所述步调处理器进一步配置成基于所述用户活动参数来确定所述用户步调。
47. 如权利要求 46 所述的步调测量系统,其中所述用户活动参数指示所述用户在踩踏有轮装置,并且其中所述步调处理器通过基于所述一个或多个频率阈值比较来确定有轮用户步调而确定所述用户步调。
48. 如权利要求 46 所述的步调测量系统,其中所述用户活动参数指示所述用户在徒步移动,并且其中所述步调处理器通过基于所述一个或多个频率阈值比较来确定徒步用户步调而确定所述用户步调。
49. 如权利要求 46 所述的步调测量系统,其中所述步调电路进一步包括阈值处理器,其配置成基于关于所述用户活动参数的用户输入来确定至少一个频率阈值。
50. 如权利要求 46 所述的步调测量系统,其中所述用户活动参数指示疾跑是否是可能的。

基于惯性谐波的步调检测

背景技术

[0001] 个人健康监测仪对用户提供的通过使用户能够在锻炼、运动训练、休息、日常活动、理疗等期间监测心率或其他生理信息来监测他们的全面健康和体质的能力。这样的设备因为它们变得更小且更加轻便而变得日益普遍。

[0002] 除提供例如心率和呼吸率等身体性能信息外,个人健康监测仪还可提供关于当前活动(例如,持续时间、距离、步调等)的性能信息。然而,如与许多参数一样,这样的信息的准确确定可被噪声所累及。

[0003] 用户的步调使用户能够监测它们相对于他们个人目标的当前性能,并且因此代表特别有用的活动性能信息块。如本文使用的,步调代表每分钟重复的数量。例如,当用户徒步移动时,步调代表每分钟脚重复或脚步的数量。当用户靠车辆(on wheels)移动时,步调代表每分钟循环重复(例如,曲柄或踏板转)的数量。

[0004] 常规设备可例如使用码表来监测循环步调。安装到自行车的曲柄臂和框架的传感器系统对每分钟车轮旋转次数计数来确定骑车步调。尽管这样的设备是有用的且相当准确的,它们是笨重的并且无法容易与多个自行车一起使用。此外,这样的设备无法提供例如跑步者所花的每分钟步数的准确估计。从而,仍需要有能够在很多种情景中测量用户步调的更加轻便的设备。

发明内容

[0005] 本文公开的方法和装置从安装到或靠近用户身体(例如,设置在用户所佩戴的耳机中)的惯性传感器的输出确定用户步调。一般,步调测量系统基于从惯性传感器输出的惯性信号获取的频率测量来确定步调。

[0006] 示范性方法从由惯性传感器生成的惯性信号确定用户步调,其中该惯性信号包括一个或多个频率分量。方法确定惯性信号的峰值频率,其中该峰值频率对应于具有最大幅度的惯性信号的频率分量。在对一个或多个频率阈值比较应用峰值频率后,基于峰值频率和一个或多个频率阈值比较来确定用户步调。

[0007] 在一个实施例中,步调测量系统确定用户步调。步调测量系统包括惯性传感器和步调电路。惯性传感器配置成输出惯性信号,其包括一个或多个频率分量。步调电路操作地连接到惯性传感器,并且包括峰值频率电路、比较电路和步调处理器电路。峰值频率电路配置成确定惯性信号的峰值频率,其中峰值频率对应于具有最大幅度的惯性信号的频率分量。比较电路配置成对一个或多个频率阈值比较应用峰值频率。步调处理器电路配置成基于峰值频率和一个或多个频率阈值比较来确定用户步调。

附图说明

[0008] 图 1 示出设置在耳机中的示范性步调测量系统。

[0009] 图 2 示出示范性步调测量系统的框图。

[0010] 图 3 示出用于从由惯性传感器提供的数据确定步调的示范性过程。

[0011] 图 4 示出示范性步调电路的框图。

[0012] 图 5 示出根据一个示范性实施例用于从由惯性传感器提供的数据确定用户步调的更详细过程。

[0013] 图 6A 和 6B 示出与公开的技术方案关联的仿真结果。

具体实施方式

[0014] 本文公开的步调测量技术基于由靠近用户身体设置的惯性传感器所提供的信号来提供用户步调的准确测量。图 1 示出示范性步调测量系统 10 的部分, 其中一个或多个传感器 14 设置在耳机 12 中, 并且步调电路 100 例如经由有线或无线连接而操作地连接到传感器 14。步调电路 100 可例如经由夹子而固定到用户。耳机 12 可包括无线或有线耳机, 其通信到耦合于远程设备, 例如音乐播放器、智能电话、个人数字助理等。尽管不需要, 将意识到步调电路 100 可设置在远程设备中。尽管图 1 将传感器 14 示出为耳机 12 的部分, 将意识到传感器 14 可设置在固定到用户身体的任何设备中, 例如固定到耳朵、手指、脚趾、肢体、脚踝、手腕、鼻子等的设备。在一些实施例中, 设备可包括设计成使系统 10 附连到用户身体上的任何期望位点的贴片, 例如绷带。尽管图 1 示出将步调电路 100 示出为与耳机 12 分离, 将意识到步调电路 100 可设置在耳机 12 中。

[0015] 步调测量系统 10 测量用户的步调, 并且向用户和 / 或其他处理功能或元件输出步调。如本文使用的, “步调” 指每分钟重复或完整循环的数量。示范性用户步调包括但不限于步速 (例如, 每分钟脚步或脚重复的数量)、循环速率 (例如, 每分钟踏板循环或循环转的数量)、重复速率 (例如, 关于起重) 等。将意识到步速步调可代表用户在步行、跑步、有氧运动、爬楼梯等时的步调。此外, 将意识到步调测量系统可与具有促进或实现动物移动的一个或多个肢体或利用机器 (例如, 步行机器人) 的任何移动动物一起使用。示范性动物包括但不限于两足动物 (例如, 人、鸟等) 和四足动物 (例如, 狗、马等)。

[0016] 图 2 示出根据一个示范性实施例的示范性步调测量系统 10 的框图。系统 10 包括耦合于一个或多个传感器 14 和输入 / 输出接口 16 的步调电路 100, 其中该传感器 14 包括至少一个惯性传感器 14a, 和可选的生理传感器 14b。将意识到惯性传感器 14a 可包含生理传感器或生理传感器能力。惯性传感器 14a 配置成感测系统 10 外部的能量 (例如, 运动), 并且输出代表感测能量的惯性信号 S_i 。惯性传感器 14a 可包括单轴传感器或多轴传感器。示范性惯性传感器 14a 包括但不限于加速计、微机电系统 (MEMS) 设备、陀螺仪、光学传感器、光机传感器、阻塞信道传感器、电容传感器和压电传感器。在惯性传感器 14a 包括多轴传感器时, 来自每个轴的频率和功率信息可组合或用别的方式评估来确定期望信息, 例如峰值频率和惯性功率。例如, 可对每个轴确定谱幅度, 其中谱幅度中最大的一个 (平方和、平方中最大的、绝对值总和、绝对值中最大的、平方和根、均方根和 / 或光谱幅度的选抽) 最终用于确定惯性功率并且识别峰值频率。步调电路 100 如本文公开的那样处理惯性信号 S_i 来确定用户步调 C。输入 / 输出接口 16 将来自用户的输入提供给步调电路, 并且输出确定的步调 C。将意识到输入 / 输出接口 16 可包括显示器、键盘或其他数据输入设备, 和 / 或用于将步调传送到远程设备的收发器。备选地或另外, 输入 / 输出接口 16 可向显示器、数据库、处理器和 / 或处理功能提供步调。图 3 示出示范性方法 200, 其可由步调测量系统 10 实现来确定用户步调 C。在步调电路 100 从惯性传感器 14a 接收惯性信号 S_i (框 210) 后, 步调电路

100 基于 S_i 来确定峰值频率 f_p (框 220)。峰值频率 f_p 代表具有最大幅度的惯性信号 S_i 的频率分量。步调电路 100 随后将峰值频率 f_p 应用于一个或多个频率阈值比较(框 230)。基于该频率阈值比较,步调电路 100 确定用户步调 C (框 240)。

[0017] 图 4 示出示范性步调电路 100 的框图,该示范性步调电路 100 配置成从由惯性传感器 14a 输出的惯性信号确定用户步调。步调电路 100 包括峰值频率电路 110、频率比较电路 120 和步调处理器电路 130。峰值频率电路 110 确定输入惯性信号的峰值频率。频率比较电路 120 将峰值频率应用于一个或多个频率阈值比较。步调处理器电路 130 基于峰值频率和一个或多个频率阈值比较来确定用户步调。

[0018] 峰值频率电路 110 识别具有最大信号幅度的惯性信号的频率分量。在一个示范性实施例中,峰值频率电路 110 可通过进行惯性信号的频率变换来确定谱信号而实现该目标。峰值频率电路 110 然后将具有最大幅度的谱信号的频率分量识别为峰值频率。将意识到其他手段(例如,锁相环、脉冲拾取或时域实现)可用于确定峰值频率。

[0019] 频率比较电路 120 将峰值频率应用于一个或多个频率阈值比较。频率峰值通常直接对应于用户步调。然而,在一些实例中,用户步调是峰值频率的某一谐波因子。实证研究表明峰值频率通常是用户步调的两倍、一半或二分之三。如在图 5 中示出的,在疾跑可能时,典型的步行谐波是 $2f_p$ 、 $3/2f_p$ 或 $1/2f_p$, 并且典型的跑步谐波是 $1/2f_p$ 。例如,在用户步行时通常出现在 $2f_p$ 和 $3/2f_p$ 处的谐波,但在用户跑步时通常不出现。从而,步调实际上可以分别是 $1/2f_p$ 或 $2/3f_p$ 。当用户跑步时,通常出现在 $1/2f_p$ 处的谐波。从而,该情景下的步调可实际上是 $2f_p$ 、 $2/3f_p$ 或 $1/2f_p$ 。从而,步调电路 100 必须确定哪个谐波因子(如有的话)能适用于确定当前用户步调。

[0020] 如本文公开的由频率比较电路 120 应用的频率阈值比较使用一个或多个阈值比较来解决该问题,其中这些阈值基于之前的用户步调、惯性信号的惯性功率、用户活动参数、用户信息和 / 或经验值来确定。将意识到可根据用户是否在疾跑、步行、跑步、从低频率值爬升、骑车等来应用不同的谐波因子和 / 或阈值。例如,由于摆臂、摆头等引起的谐波因子不同地影响用户步调,这取决于用户如何移动,例如用户是在跑步还是步行。从而,步调电路 100 可可选地包括功率电路 140、功率比较电路 150、用户输入电路 160、存储器 170 和 / 或阈值处理器电路 180,其确定和 / 或提供确定用户步调所必需的各种谐波因子和阈值。

[0021] 功率电路 140 配置成确定惯性信号的惯性功率 P_i 。为此,功率电路 140 可在时域中例如使用均方根计算惯性功率,或在频域中例如使用谱峰的幅度来计算。功率比较电路将 P_i 与惯性功率阈值 T_i 比较以便于确定用户是在跑步还是步行。用户输入电路 160 接收来自用户的输入。用户输入可用于确定一个或多个用户活动参数,例如用户是徒步还是靠车辆、疾跑是否可能,等。阈值处理器电路 180 配置成确定由频率比较电路 120 使用的阈值中的一个或多个,其包括用于确定跑步步调、步行步调、骑车步调等的任何频率阈值,和由功率比较电路 150 使用的功率阈值。存储器 170 存储任何预定阈值、一个或多个之前确定的步调 C_p 、由步调处理器电路 130 使用的各种谐波因子和用于成功操作步调电路 100 所必需的任何其他信息或软件。

[0022] 图 5 示出由步调电路 100 执行来确定用户步调 C 的示范性详细过程 300。如由图 5 示出的,步调电路 100 基于峰值频率和一个或多个频率阈值比较来确定用户步调。在示范性实施例中,步调电路 100 确定用户活动参数,并且基于频率阈值比较和用户活动参数来

确定用户步调。例如,用户活动参数可识别用户是在徒步还是靠车辆(框 302)。当靠车辆时,频率比较电路 120 将峰值频率 f_p 与骑车阈值 T_c 比较,其可以是固定的或基于惯性信号的惯性功率而可变地确定(框 310)。当 $f_p < T_c$ 时,步调处理器电路 130 将步调设置成等于峰值频率(框 312)。否则,步调处理器电路 130 产生两个或以上测试步调,并且将用户步调设置成等于最接近之前的用户步调的测试步调(框 314-322)。例如,步调处理器电路 130 可产生三个测试步调: $C_1=1/2f_p$, $C_2=2/3f_p$, 并且 $C_3=f_p$ (框 314), 并且将这三个测试步调与之前的用户步调 C_p 比较(框 316)。如果 C_1 比 C_2 或 C_3 更接近 C_p , 步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于 C_1 (框 318)。如果 C_2 比 C_1 或 C_3 更接近 C_p , 步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于 C_2 (框 320)。如果 C_3 比 C_2 或 C_1 更接近 C_p , 步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于 C_3 (框 322)。尽管图 5 的示例示出确定并且使用三个特定测试步调,将意识到可使用任意两个或以上测试步调。

[0023] 当用户徒步(框 302)时,步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率除以谐波因子,例如 $1/2$ 、 $1/3$ 、 $2/3$ 等。更特定地,步调处理器电路 130 基于分别由频率比较电路 120 和功率比较电路 150 进行的频率和功率比较来确定用户步调(框 330)。例如,在惯性功率 P_i 小于惯性功率阈值 T_i 并且 $f_p \geq T_{foot}$ 时,步调处理器电路 130 基于 f_p 和谐波因子中的两个或以上来确定两个或以上测试步调,并且基于测试步调和之前的用户步调来确定用户步调(框 360-368)。例如,步调处理器电路 130 可产生三个测试步调: $C_1=1/2f_p$, $C_2=2/3f_p$, 和 $C_3=f_p$ (框 360), 并且将这三个测试步调与之前的用户步调 C_p 比较(框 362)。如果 C_1 比 C_2 或 C_3 更接近 C_p , 步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于 C_1 (框 364)。如果 C_2 比 C_1 或 C_3 更接近 C_p , 步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于 C_2 (框 366)。如果 C_3 比 C_2 或 C_1 更接近 C_p , 步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于 C_3 (框 368)。尽管图 5 的示例示出确定并且使用三个特定测试步调,将意识到可使用任意两个或以上测试步调。

[0024] 然而,当 $P_i \geq T_i$ 并且 / 或 $f_p < T_{foot}$ 时,步调处理器电路 130 基于频率阈值比较和疾跑步活动参数来确定用户步调,其指示疾跑步条件是否是可能的(框 332-356)。更特定地,当 $P_i \geq T_i$ 并且 / 或 $f_p < T_{foot}$ 时,步调处理器电路 130 基于用户输入来确定疾跑步条件是否是可能的(框 332)。例如,用户可从选项菜单选择活动模式,例如步行、慢或低强度有氧运动、高强度有氧运动、跑步等。基于选择的模式,步调处理器电路 130 确定疾跑步条件是否是可能的。例如,当用户选择慢有氧运动时,步调处理器电路 130 确定疾跑步是不可能的。备选地,当用户选择跑步时,步调处理器电路 130 确定疾跑步是可能的。如果疾跑步条件是可能的,步调处理器电路 130 基于 f_p 与疾跑步条件下的低频率阈值 T_{low} 之间的比较来确定用户步调(框 334-338)。当 $f_p < T_{low}$ 时,步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率除以 $1/2$ 谐波因子,例如等于峰值频率的两倍(框 336)。否则,步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率(框 338)。

[0025] 如果疾跑步条件是不可能的,步调处理器电路 130 基于在非疾跑步条件下的多个频率阈值比较来确定用户步调(框 340-356)。更特定地,步调处理器电路 130 基于峰值频率是否从低频率值爬升来向多个阈值应用峰值频率(框 340), 并且基于该爬升信息和频率阈值条件来确定用户步调(框 342-356)。尽管不需要,在一些示范性实施例中,低频率值是零。在峰值频率从低频率值爬升时的非疾跑步条件期间,步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率(框 342)。

[0026] 然而,在峰值频率未从低频率值爬升时的非疾跑期间,步调处理器电路 130 基于由频率比较电路 120 在非疾跑条件下确定的相对于低频率阈值 T_{low} 、中频率阈值 T_{med} 和高频率阈值 T_{high} (其中 $T_{low} < T_{med} < T_{high}$) 的多个峰值频率阈值比较来确定用户步调(框 344-356)。更特定地,在这些条件下,当 $f_p < T_{low}$ 时(框 344),步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率除以 1/2 谐波因子,例如等于峰值频率的两倍(框 346)。当并且 $f_p \geq T_{low}$ 并且 $f_p > T_{high}$ 时(框 344 和 348),步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率除以 2 谐波因子,即等于峰值频率的一半(框 350)。当 $f_p \geq T_{low}$ 并且 $f_p \leq T_{high}$ 并且 $f_p > T_{med}$ 时(框 344、348 和 352),步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率除以 3/2 谐波因子,即等于峰值频率的三分之二(框 354)。否则,步调处理器电路 130 将用户步调设置成等于峰值频率(框 356)。

[0027] 如本文论述的,步调电路 100 基于一个或多个频率阈值比较来确定用户步调。每个频率阈值以及惯性功率阈值可通过实证或基于一个或多个参数(例如,之前的用户步调、惯性功率、用户信息和 / 或用户活动参数)确定。例如,骑车阈值 T_c 和 / 或脚步阈值 T_{foot} 可基于观察而实证地确定,和 / 或基于用户输入信息、用户活动参数和 / 或惯性功率而确定。在一个示范性实施例中,例如,脚步阈值可根据以下来确定:

$$T_{foot} = 120 + 40 \frac{P_i}{T_i} \quad (1)$$

示范性骑车阈值 T_c 是每分钟 100 转,而示范性脚步阈值 T_{foot} 是每分钟 145 步。惯性阈值和 / 或低阈值可通过实证和 / 或基于用户信息(例如,用户体重、鞋底合规信息等)、惯性功率、之前的用户步调和 / 或用户活动参数而确定。在一个示范性实施例中, $T_{low} = 60$ (常数)。已经示出例如低频率阈值在确定为惯性功率的函数时更准确。例如,当 $P_i \leq T_i$ 时,低阈值在根据以下时基于惯性功率而确定:

$$T_{low} = 60 + 20 \frac{P_i}{T_i} \quad (2)$$

备选地,当 $P_i > T_i$ 时, T_{low} 可设置成等于 80。在另一个示范性实施例中,低阈值可基于之前的用户步调根据以下来确定:

$$T_{low} = 0.6 C_p \quad (3)$$

将意识到对于 T_{low} 的不同值可用于不同的情景。从而,上文公开的选项的组合可根据不同的情景而选择性地使用,例如 P_i 是否大于 T_i 。相似地,中间和高阈值可基于之前的用户步调和 / 或惯性功率而确定。例如,中间和高阈值可确定为之前的用户步调和疾跑因子的函数。对于中间阈值的疾跑因子可通过实证确定,例如基于 1.75 倍的之前用户步调。对于中间阈值的疾跑因子也可通过实证确定,例如基于 1.4 倍的之前用户步调。将意识到每个阈值可以是固定或可变的。还将意识到本文论述的频率阈值(例如, T_c 、 T_{foot} 、 T_{low} 、 T_{med} 、 T_{high})和惯性功率阈值(T_i)是示范性且非限制性的;其他阈值可根据系统配置、对于步调电路 100 可用的信息等来使用。

[0028] 本文公开的用户步调方法和装置准确确定对于广泛境况和环境的用户步调。此外,因为用户可佩戴实现该发明所必需的硬件,本文公开的本发明能适用于任何用户活动,其包括骑车、步行、跑步、运动训练、运动、有氧运动、举重或任何其他重复锻炼、跳跃等。

[0029] 图 6A 和 6B 示出对于本文公开的步调测量系统的一个示范性实现的仿真结果。在图 6A 和 6B 中示出的标绘图从由跑步机上的个体跑步和步行产生的相同数据集生成。图 6A 示出关于如根据图 5 使用由惯性传感器提供的谱峰频率计算的时间的用户步调。图 6B 示出由惯性传感器输出的关于时间的惯性功率。图 6B 还示出示范性惯性功率阈值 2000, 其用于确定用户是在跑步还是步行 / 静止。对于图 B 的 y 轴电路的电路是由系统乘数标度的“g's”, 其中 1g 是在海平面处的地球引力。如由图 6A 和 6B 示出的, 用户从 125-215 秒以及从 300-375 秒地跑步。从而, 在这些区域中, 本文公开的用户步调方法和装置避免将每分钟 145 步以上的峰值频率错认为 $2x$ 或 $3/2 x$ 谐波。40-70 秒区域示出 $3/2 x$ 和 $1/2 x$ 谐波, 80-120 秒区域示出 $2x$ 和 $1/2 x$ 谐波, 并且 125-215 秒区域示出 $1/2 x$ 谐波。这些谐波中的全部在除以如本文公开的对应谐波因子时产生正确的用户步调。

[0030] 在一些实施例中, 步调测量系统 10 还可包括额外的传感器。例如, 步调测量系统 10 可包括额外的生理传感器 14b, 例如血流(光电体积描记(PPG))、体温和 / 或心率传感器。

[0031] 在一些实施例中, 可包括噪声电路 18 (未示出) 以基于由步调电路 100 输出的确定用户步调来去除来自生理信号的步调相关运动伪噪声或用别的方式使其减弱。例如, 确定的步调频率可选择性地从传感器 14 中的一个或多个的输出的频谱去除使得用大大减弱的运动伪影来实现更高质量传感器输出。

[0032] 在一些实施例中, 传感器 14 可包括光机传感器, 其包括至少一个光学发射器和一个光学检测器, 使得惯性改变和步调可以通过光机传感器输出的谱特性来检测。在这样的实施例中, 本文描述的阈值可在应用于光机传感器来解释光机传感器与加速计之间的感测机构中的差异时更改, 由此产生步调的准确测量。在一些实施例中, 光机传感器还可配置成在皮肤处投射光并且检测从或通过皮肤散射的光来产生输出信号, 其包括光体积描记分量 and 惯性分量。在这样的实施例中, 由光机传感器产生的步调测量可以从光机传感器输出去除来提供第二输出, 其具有带有来自步调的大大减弱运动伪影的更纯净光体积描记信号。

[0033] 当然, 本发明可采用除本文特别阐述的那些以外的方式实施而不偏离本发明的基本特性。本实施例要在所有方面视为说明性而非限制性的, 并且在附上的权利要求的含义和等效范围内的所有改变规定为包含在其中。

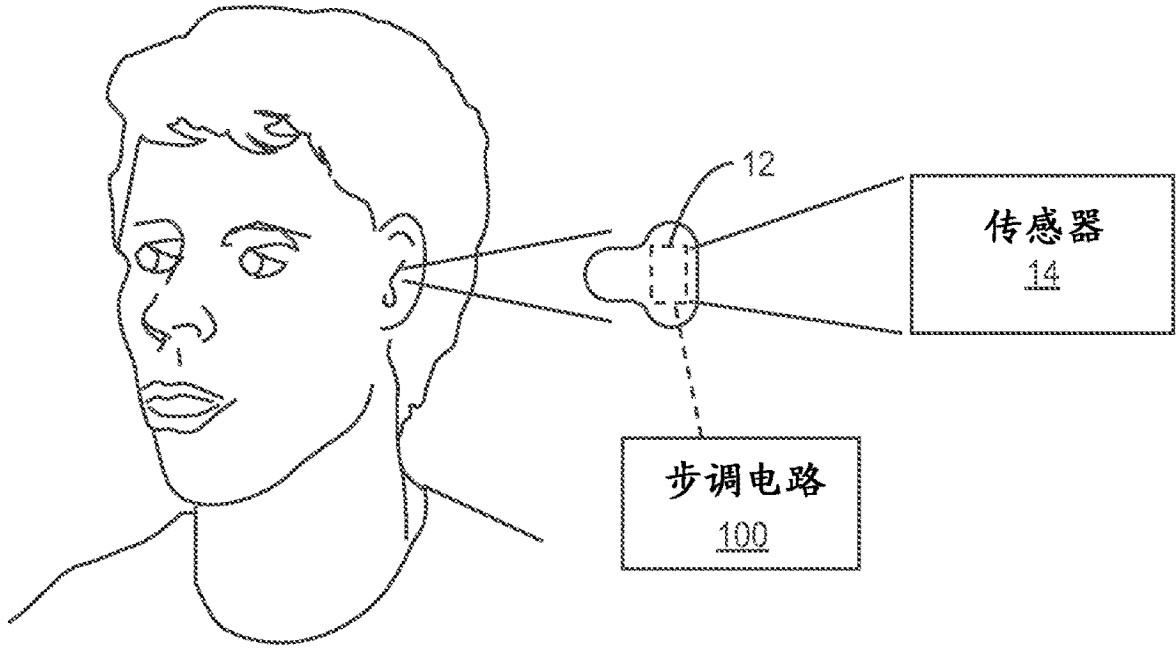


图 1

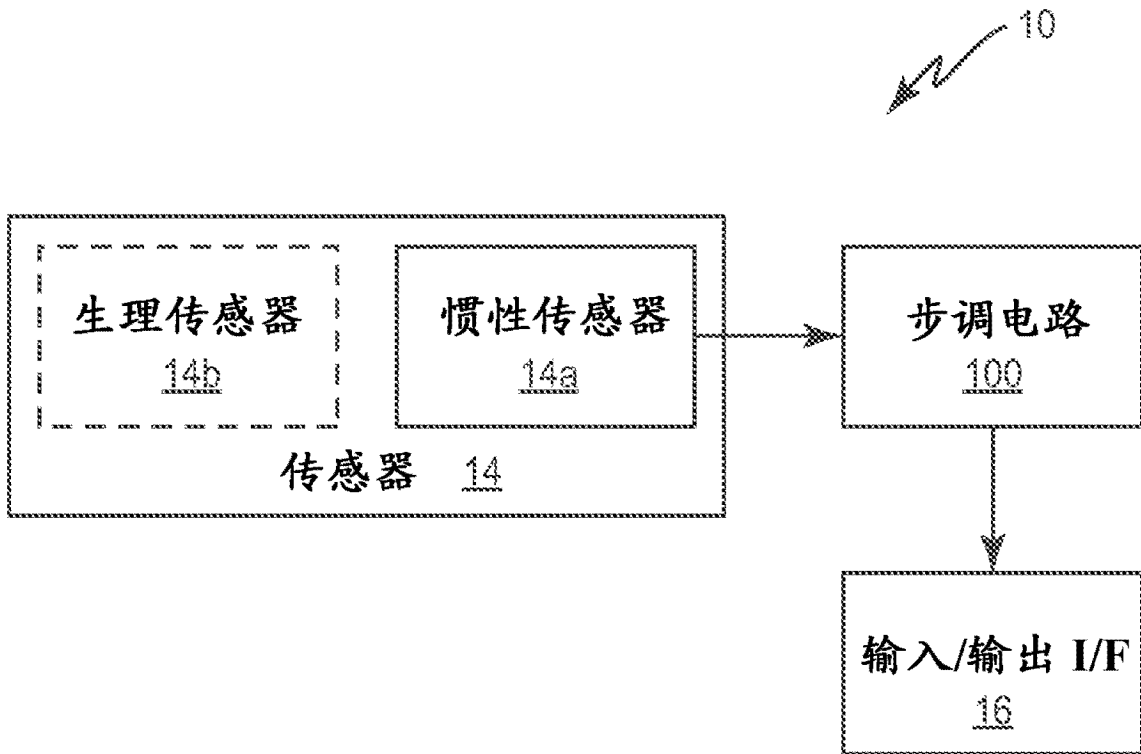


图 2

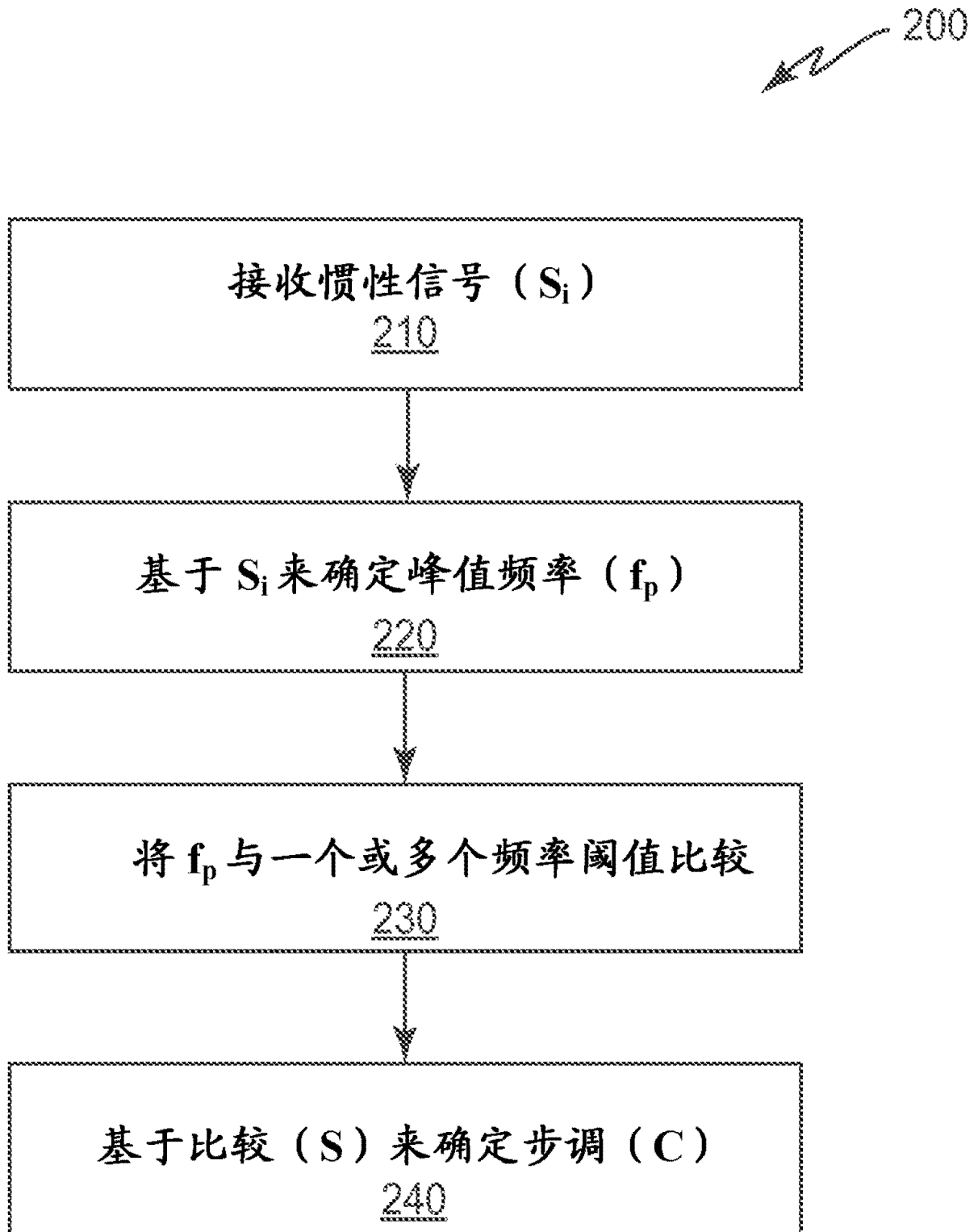


图 3

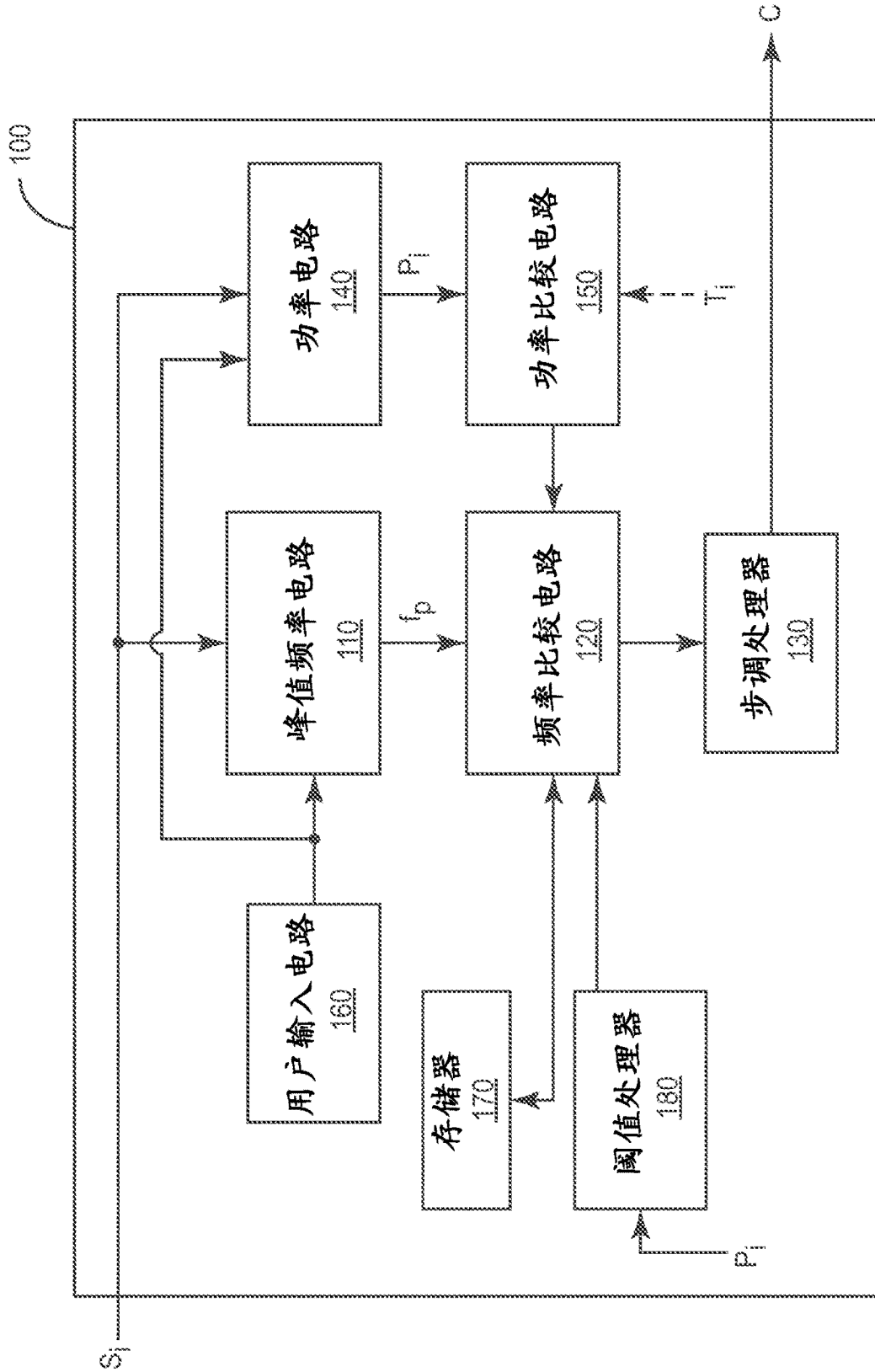


图 4

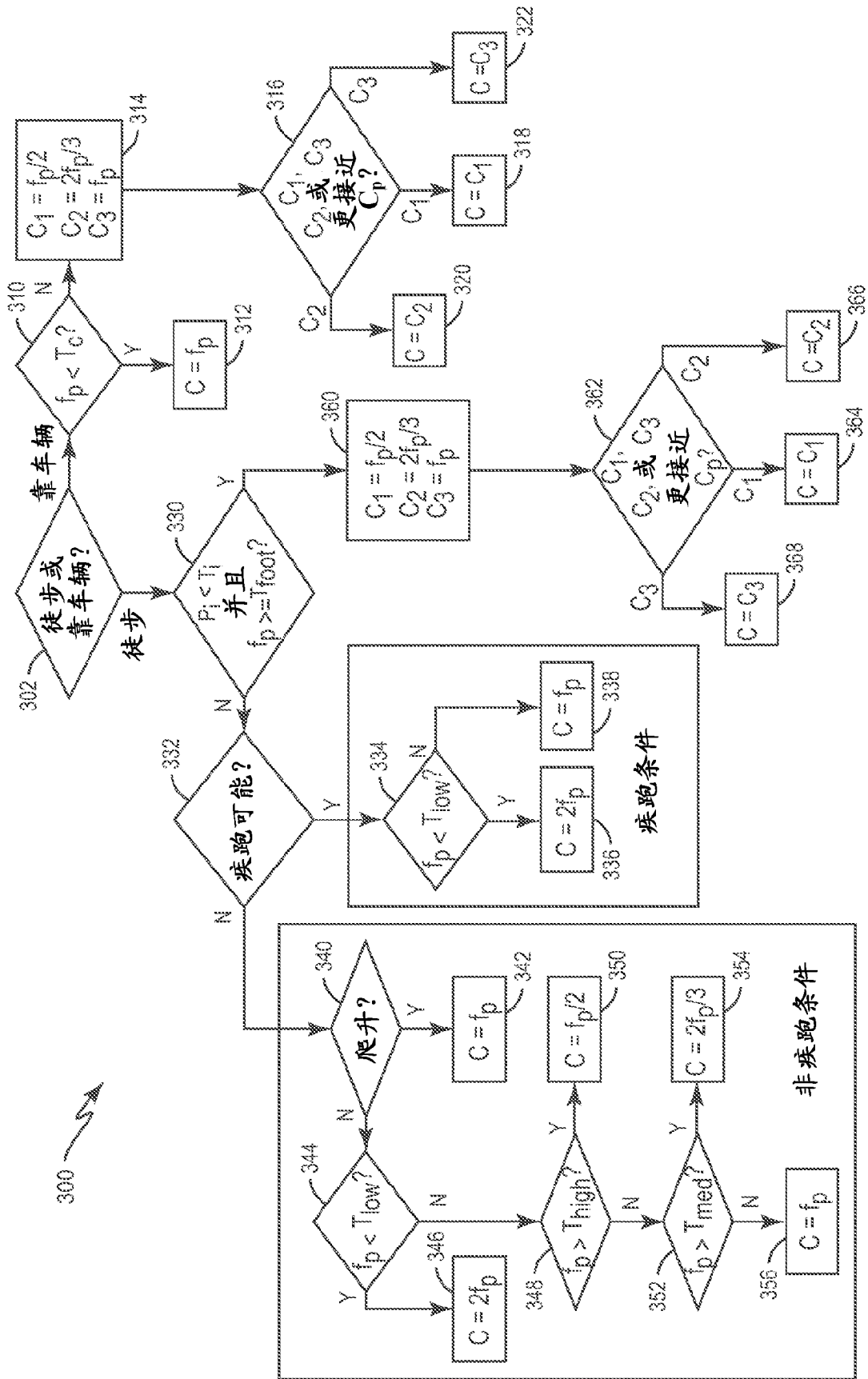


图 5

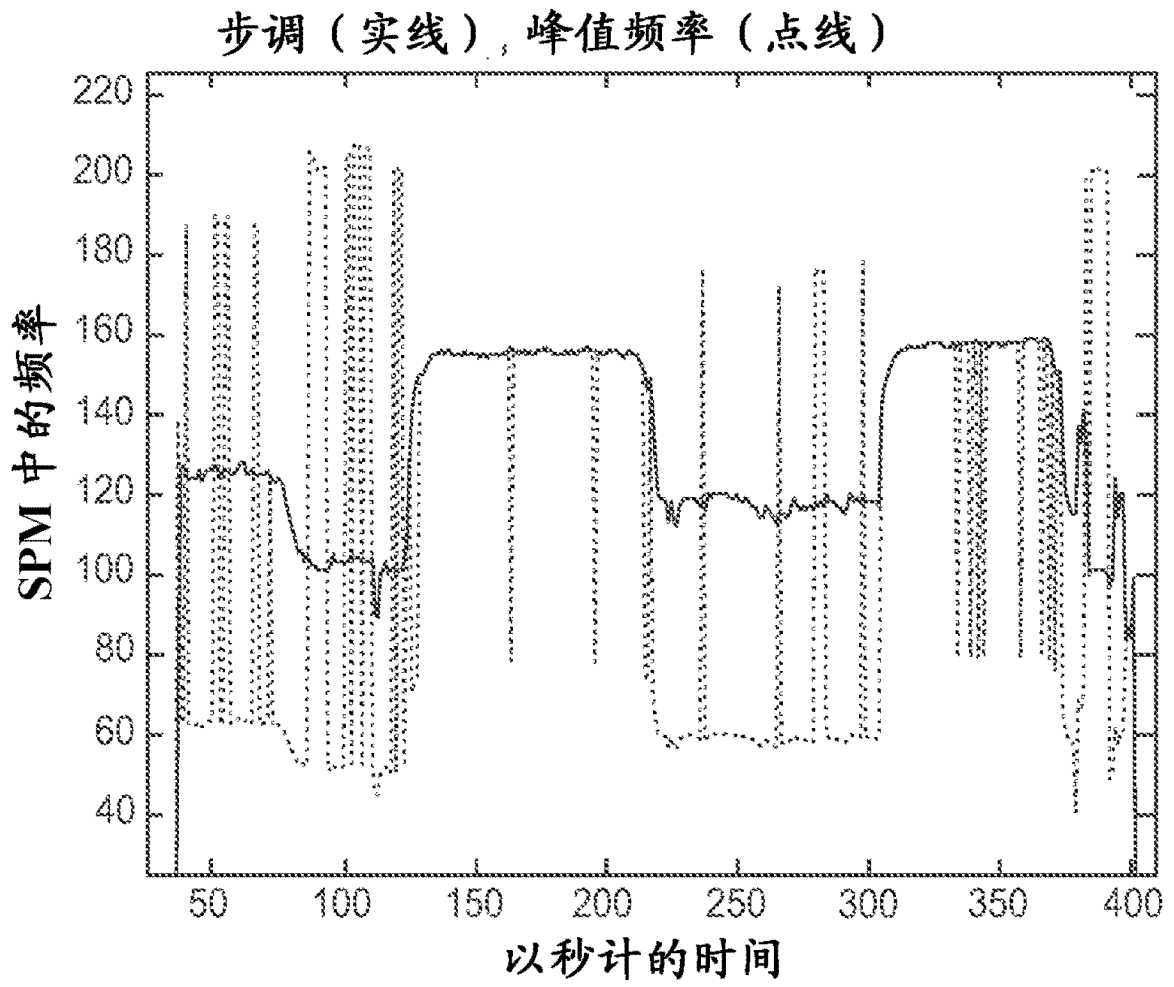


图 6A

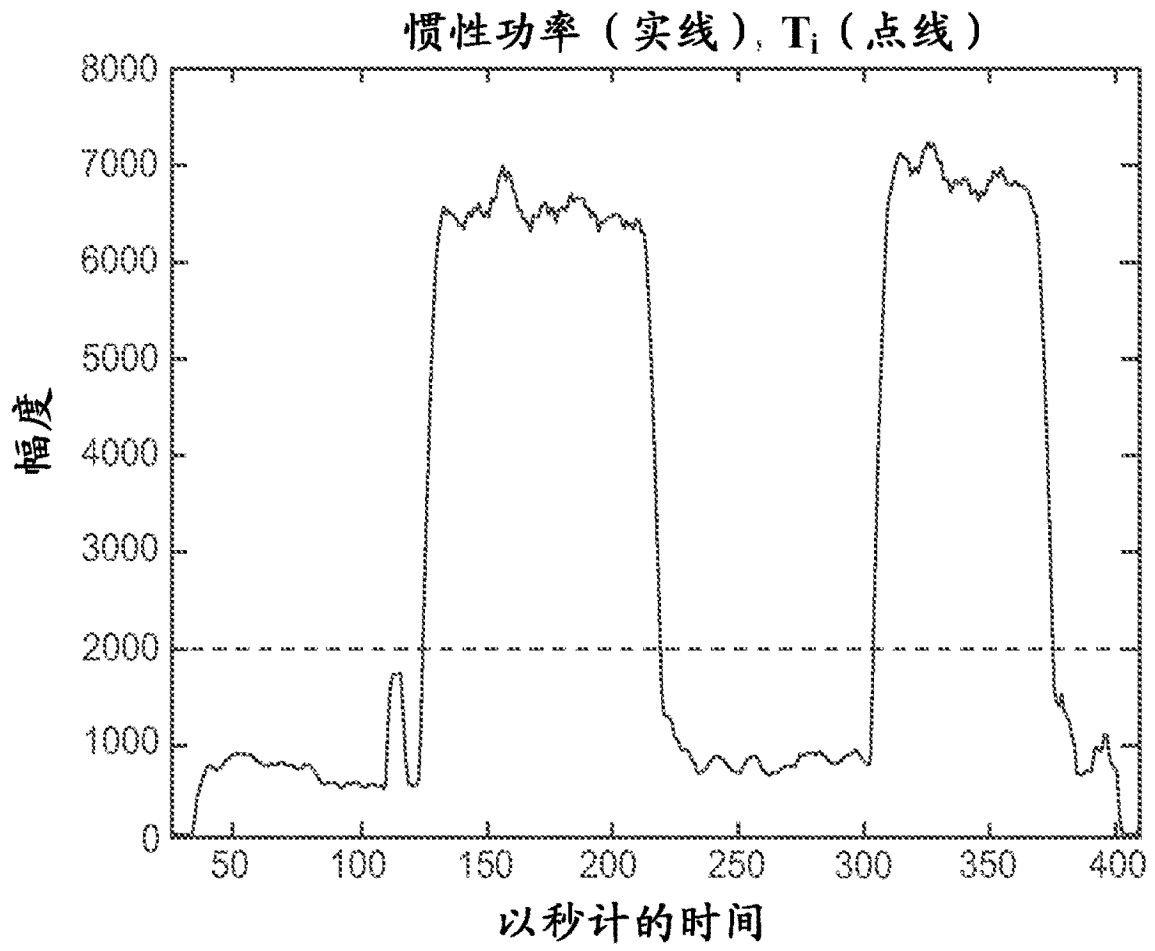


图 6B