

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610109980.4

[51] Int. Cl.
A61B 5/11 (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)
G08C 17/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 100484470C

[22] 申请日 2006.8.25
[21] 申请号 200610109980.4
[30] 优先权
[32] 2005. 9.16 [33] US [31] 11/228,121
[73] 专利权人 万威科研有限公司
地址 中国香港
[72] 发明人 陈炜文 梁文雄
[56] 参考文献
US6513381B2 2003.2.4
US5976083A 1999.11.2
CN1507833A 2004.6.30
审查员 高鸿姝

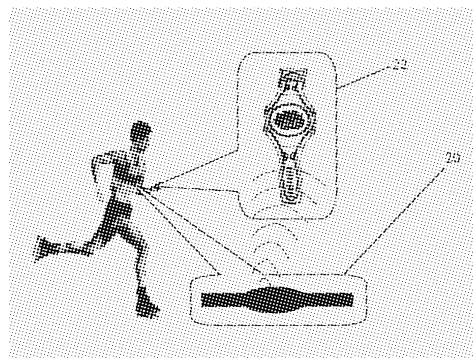
[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司
代理人 陈源 张天舒

权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 8 页

[54] 发明名称
测量步态运动学信息的系统和方法

[57] 摘要

一种用于测量受试者运动期间的步态运动学信息的系统，包括：适于固定在受试者身体躯干上的固定部件；与固定部件连接的加速度传感器，其用于感测受试者身体躯干的垂直加速度；以及与加速度传感器耦合的微处理器，其适用于从加速度传感器接收垂直加速度数据，计算导出受试者通过的速度和距离，并传达该速度和距离信息。在优选实施例中，还提供了心率监测装置。



1. 一种用于测量受试者运动期间的步态运动学信息的系统，包括：
 - a) 适于固定在受试者身体躯干上的固定部件；
 - b) 与所述固定部件连接的加速度传感器，其用于感测所述受试者身体躯干的垂直加速度；
 - c) 与所述加速度传感器耦合的微处理器，配置所述微处理器以从所述加速度传感器接收所述垂直加速度数据，通过所述垂直加速度以及补偿系数和校准常数计算并导出所述受试者通过的速度和距离，并传达所述速度和距离信息。
2. 根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于所述受试者通过的距离通过累加的加速度变化率乘以幅度偏移补偿系数和时间偏移补偿系数，并且除以基于校准参数的所述校准常数来计算，其中所述校准参数是由所述受试者通过一段预定距离进行的校准事件而获得的；所述受试者通过的速度用所述受试者通过的距离除以测量的时间周期来计算，所述测量的时间周期为用于测量所述加速度变化率的固定时间间隔。
3. 根据权利要求 1 所述的系统，还包括：与所述微处理器耦合的无线发射单元，其用于发送所述步态运动学信息；和包括接收单元的接收装置，其用于接收所述步态运动学信息。
4. 根据权利要求 3 所述的系统，其中所述接收装置适于连接到所述受试者的手腕，并且所述接收装置包括无线接收器和用于显示所述步态运动学信息的显示单元。
5. 根据权利要求 3 所述的系统，其中所述接收装置适于戴在所述受试者

的耳朵上，并且所述接收装置包括无线接收器和用于将所述步态运动学信息可听见地发送到所述受试者的耳塞。

6. 根据权利要求 1 所述的系统，还包括固定在所述固定部件并与所述微处理器耦合的心率监测装置。

7. 根据权利要求 6 所述的系统，其中所述心率监测装置包括测量所述受试者的心电图信号的一组电极，所述心率监测装置还能将所述心电图信号转换成数字脉冲并能将所述数字脉冲作为心率值传送到所述受试者。

8. 根据权利要求 6 所述的系统，还包括：与所述微处理器耦合的无线发射单元，其用于发送所述步态运动学信息；和包括接收单元的接收装置，其用于接收所述步态运动学信息。

9. 根据权利要求 8 所述的系统，其中所述接收装置适于连接到所述受试者的手腕，并且所述接收装置包括无线接收器和用于显示所述步态运动学信息的显示单元。

10. 根据权利要求 8 所述的系统，其中所述接收装置适于戴在所述受试者的耳朵上，并且所述接收装置包括无线接收器和用于将所述步态运动学信息可听见地发送到所述受试者的耳塞。

11. 根据权利要求 8 所述的系统，其中将所述步态运动学信息以数据包形式从所述发射单元发送到所述接收装置的所述接收单元。

12. 根据权利要求 11 所述的系统，其中所述数据包还包括 ID 和纠错位，以防止无线发射期间的数据发送错误。

13. 根据权利要求 3 所述的系统，其中所述无线发射单元为射频发射器、红外发射器和声纳发射器中的一种。

14. 根据权利要求 8 所述的系统，其中所述无线发射单元为射频发射器、红外发射器和声纳发射器中的一种。

15. 一种计算速度和距离信息的方法，包括下面步骤：

- a) 获得运动期间受试者身体躯干的垂直加速度数据；并且
- b) 基于所述垂直加速度数据、补偿系数和从所述受试者通过一段预定距离进行的校准事件而获得的校准参数来计算所述受试者通过的速度和距离。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述计算步骤包括：

- a) 使所述垂直加速度数据经过低通滤波以产生滤波的加速度数据；
- b) 通过计算来自当前时间采样与来自前一时间采样的所述滤波的加速度数据之间的差来计算加速度的变化；
- c) 累加一段时间的所述加速度变化以达到累加的加速度变化率；
- d) 通过用所述累加的加速度变化率乘以幅度偏移补偿系数和时间偏移补偿系数，并且除以一个基于校准参数的校准常数来计算所述受试人通过的所述距离，其中所述校准参数是由所述受试者通过一段预定距离进行的校准事件而获得的；并且
- e) 通过用步骤（d）中计算的所述距离除以测量的时间周期来计算所述受试人通过的所述速度，所述测量的时间周期为用于测量所述加速度变化率的固定时间间隔。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，其中可通过计算固定时间间隔 T_c 内的活动时间 T_{ac} ， T_c 减去 T_{ac} ，并用所得结果除以 T_c ，来导出所述时间偏移补偿系数。

18. 根据权利要求 16 所述的方法，其中通过以下步骤来导出所述校准参数：

- a) 测量所述受试者通过固定距离所花费的时间以获得校准时间周期；
- b) 累加校准时间周期内的加速度变化以达到加速度的校准变化；并且
- c) 用所述加速度的校准变化除以所述校准时间周期以获得所述校准参数。

19. 根据权利要求 16 所述的方法，其中所述幅度偏移补偿系数通过用所述累加的加速度变化率除以固定时间间隔 T_c ，再用结果除以加速度校准值，将所得结果加 1，并将所得总和除以 2 得到。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中通过以下步骤来导出所述加速度校准值：

- a) 测量所述受试者通过固定距离所花费的时间以获得校准时间周期；
- b) 累加校准时间周期内的加速度变化以达到加速度的校准变化；并且
- c) 用所述加速度的校准变化除以所述校准时间周期来导出所述加速度校准值。

测量步态运动学信息的系统和方法

技术领域

本发明涉及运动监测系统和方法，尤其涉及用于测量步态运动性信息的系统。

背景技术

对于运动者来说，了解他/她在运动时的心率和速度信息是有价值的。当前的心率和速度监测器不是基于加速度传感器就是基于 GPS 技术。基于加速度传感器的心率和速度监测器由用于测量心率的胸带、嵌有加速计以测量速度的足垫以及用以显示分别从胸带和足垫接收到的心率和速度信息的腕表。由于腕表将接收来自胸带（心率信息）和足垫（速度和距离信息）两种信号，因此该方法具有 RF 干扰问题的缺点。当两个或多个心率和速度监测器使用者聚到一起时问题将变得更坏，并且可能导致不准确读数。

发明内容

根据上述背景，本发明的目的是提供一种替代的步态运动学测量装置。

根据本发明的目的，一实施例是用于在提供了受试者的运动期间测量步态运动学信息的系统，该系统包括：适于固定到受试者身体躯干上的固定部件（例如但不限于胸带）；连接到固定部件的加速度传感器，其用于感测受试者身体躯干的垂直加速度；以及与加速度传感器相耦合的微处理器。该微处理器适合于接收来自加速度传感器的垂直加速度数据，计算并导出受试者通过的速度和距离，并传达该速度和距离信息。

在一种实现中，根据本发明的系统还包括耦合到微处理器的无线发射单元，其用于发送步态运动学信息。还提供包括接收单元的接

收装置，其用于接收步态运动学信息。在最优选实施例中，接收装置提供有无线接收器和用于显示步态运动学信息的显示单元。在一更优选实施例中，接收装置适于戴在受试者手腕上，诸如改进的腕表，或者戴在受试者的耳朵上，诸如耳塞。

在另一优选实施例中，根据本发明的系统还包括同样固定在胸带上并耦合到微处理器的心率监测装置。心率监测系统可以为传统系统，包括测量受试者心电图（ECG）信号的一组电极，并且能够将 ECG 信号转换成数字脉冲并将该数字脉冲作为心率值传达给受试者。

在第二实施例的优选实现中，也提供了耦合到微处理器的无线发射单元来用于发送步态运动学信息，同时提供了包括接收单元的接收装置来用于接收步态运动学信息。该接收装置还可以是例如前一实施例中所述的腕部装置或耳部装置。

在两个实施例中，该无线发射装置可以但并限于是：射频发射器，红外发射器；声纳发射器；射频发射器或红外发射器。

在本发明的第三实施例中，提供了根据数字垂直加速度数据来计算速度和距离信息的方法，该方法包括下面步骤：获得运动时受试者身体躯干的垂直加速度数据；以及基于垂直加速度数据和从受试者进行的校准事件获得的一段预定距离的校准参数来计算由该受试者通过的速度和距离。

在具体实现示例中，可使用以下步骤来计算由受试者通过的速度和距离：

1. 使数字垂直加速度数据经过低通滤波以产生滤波的加速度数据；
2. 通过计算来自当前时间采样与来自前一时间采样的滤波的加速度数据之间的差来计算加速度的变化；
3. 累加一段时间的加速度变化以达到累加的加速度变化率；
4. 通过用幅度偏移补偿系数和时间偏移补偿系数乘以累加的加速度变化率，并且除以一个基于校准参数的校准常数来计算受试人通过的距离，其中所述校准参数是从受试者进行的校准事件获得的一段预定距离的校准参数；并且

5. 通过用步骤（4）中计算的距离除以测量的时间周期来计算受试人通过的速度。

可通过计算固定时间间隔 T_c 内的活动时间 T_{ac} 、 T_c 减去 T_{ac} 并用所得结果除以 T_c ，来导出时间偏移补偿系数。

可通过以下步骤来导出校准参数：

1. 测量受试者通过固定距离所花费的时间以获得校准时间周期；
2. 累加校准时间周期内的加速度变化以达到加速度的校准变化；以及
3. 用加速度的校准变化除以校准时间周期以获得校准系数。

根据如下所述的等式（4）可导出幅度偏移补偿系数，即，用累加的加速度变化率除以固定时间间隔 T_c ，再用结果除以加速度校准值，将所得结果加 1，并将所得总和除以 2。

用加速度的校准变化除以校准时间周期还可进一步导出加速度校准值。

上述本发明的实施例之一提供了一种解决方案，即，将心率测量设备和加速度传感器组合到可穿在身体躯干上的一个单元中。该单元还把诸如心率、受试者通过的速度和距离之类的步态运动学信息发送到接收装置，达到以视觉或听觉形式通知受试者有关运动学信息的目的。这是优于其中具有心率和速度传感器的传统步态运动学测量装置的一个明显优势，即因为设置在胸带上的同一单元能测量两个参数，因此只需将单一发送信号发送到诸如腕表或耳塞的接收装置。在使用安装在鞋上的速度测量系统的传统系统中，由胸上心率监测器和鞋上的速度监测器产生的信号可能彼此干扰。

本发明的另一优势在于不用把装置安装在使用者的鞋上。因此如果胸带上也安装速度监测器，则使用者不必把另一装置安装在鞋上。而且，一旦执行了胸带上的校准，无需任何方式的再校准。相反，当使用新鞋时，传统的鞋上监测器通常需要再校准。

附图说明

图 1 是本发明的实施例 A 的示意图。

图 2 是本发明的实施例 B 的示意图。

图 3 是根据本发明一实施例的系统框图。

图 4A 是根据本发明另一实施例的算法的主流程图。

图 4B 是本发明同一实施例的速度/距离算法的流程图。

图 5A 是根据本发明同一实施例获得的跑步时的加速度波形图。

图 5B 是从图 5A 获得的低通滤波后的加速度波形图。

图 5C 是根据等式 (1) 从图 5B 计算出的加速度信号变化率图。

图 6A 是在 2 秒间隔中数据包发送的示图。

图 6B 是数据帧中数据位格式的示图。

具体实施方式

除非另有说明，如这里和权利要求中使用的“耦合”或“连接”是指通过一个或多个电气装置直接或间接地电耦合或电连接。

如图 1 和 2 所示，在本发明优选实施例中的系统包括一个胸带和诸如腕表或耳塞的接收装置。加速度传感器放置于胸带 20 中，因此心跳、速度以及距离读数都在胸带处计算，并且读数要么以包编码的格式发送到腕表 22（如图 1 所示的实施例 A），要么作为声音信息发送到耳塞 24（如图 2 所示的实施例 B）。

在如图 3 所示的胸带中的系统的优选实施例中，心电图装置（ECG）26 适合于检测 ECG 信号，该 ECG 信号随后被放大器 28 放大并被施密特触发器模块 30 转换成数字脉冲，并且随后被发送到微处理器中央处理单元（MCU）32。与此分开地，加速度传感器 34 收集垂直加速度信息，该垂直加速度信息在被发送到 MCU 32 之间通过模数转换器（ADC）36。ADC 对输入的加速度波形以 50Hz 采样率采样。MCU 将数据传送到用于腕表的无线发射器 38 或用于耳塞的无线发射器 39，随后所述无线发射器分别把该数据发送到用于腕表的无线接收器 43 或用于耳塞的无线接收器 41。在一实施例中，该数据被处理为声音信息，并且该音频信号被直接发送到耳塞 24 并输出到可戴在使用者耳朵上的扬声器 42。在另一实施例中，该数据以数据包的形式被

发送到安装在腕表 22 中用于腕表的无线接收器 43。该腕表 22 提供有第二 MCU 44，该第二 MCU 44 将把步态运动学信息显示在显示装置 48 上。本发明装置可进一步包括 Lap/会话 (Lap/session) 存储器 50 和可 PC 下载的下模块 46。每一存储器可包括如总时间、平均和最大速度、总距离以及平均和最大心率的信息。

首先来说明如图 4A 所示的整个方法，只要为优选实施例的胸带安装上电池，它就在步骤 001 中准备检查状态从而确定胸带是否在胸上。一旦该装置感测到胸带被穿戴在受试人的胸上，则该系统在步骤 002 开始检测心率，并且在步骤 003 检测加速度信号，随后在步骤 004 基于稍后所述的某一算法来计算受试者的心率值和距离或速度。以 2 秒间隔，该胸带在步骤 005 中通过无线发射装置将心率值和速度/距离信息发送到显示装置 48 或直接发送到耳塞 24。

现在来说明通过胸带装置 20 的 MCU 32 来计算速度/距离信息的整个算法，首先在图 4B 的步骤 006 中对加速度波形进行低通滤波以去除高频噪声。低通滤波器的带宽可以在 0-16Hz 范围内。在接下的步骤 007 中，通过把当前加速度与为重力加速度 g 的一部分的阈值作比较，该系统确定使用者是否在运动中。一旦检测到使用者的运动，基于低通滤波之后获得的加速度波形，在步骤 008 根据式 (1) 计算差值 A_{di} ，其中

$$A_{di} = A_i - A_{i-1} \quad (1)$$

1. A_{di} 为加速度信号变化率序列。
2. A_i 和 A_{i-1} 分别为时间 i 和时间 $i-1$ 的加速度。

一旦获得加速度信号变化率 A_{di} ，则在步骤 009 该系统开始记录每一周期加速度波形中的时间参数 T_c 和 T_{ac} ，其中 T_c 为用于测量 A_{di} 的固定时间间隔，而 T_{ac} 为当受试者运动时的活动时间，并且为 A_{di} 的绝对值高于门限的 T_c 内那些时间间隔的累加。

随后基于记录时间 T_c 和 A_{di} 在步骤 010 中计算 T_c 时间间隔中的加速度变化率 S_{T_c} 。

$$S_{T_c} = \sum_{i=0}^{T_c} A_{di} \quad (2)$$

A_{di} 为加速度信号变化率序列。

T_c 为计算周期;

S_{T_c} 为 T_c 周期内加速度信号变化率序列的总和。

时间 T_c 内受试者通过的速度 V_{T_c} 和距离 D_{T_c} 正比于 S_{T_c} 。然而, 为了减小误差, 本发明计算施加于 S_{T_c} 的几个补偿系数以准确测量速度和距离。

首先, 在步骤 011 中大体上基于 T_c 和 T_{ac} 来计算时间偏移补偿系数 K_t 以消除加速度波形基线偏移的影响。

$$K_t = 1 - \frac{T_{ac}}{T_c} \quad (3)$$

其中

K_t 为时间偏移补偿系数。

T_c 为计算周期;

T_{ac} 为 T_c 内的活动时间。

另外, 基于下面公式在步骤 012 计算幅度补偿系数 K_a :

$$K_a = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{S_{T_c}}{A_{cal} * T_c} \right) \quad (4)$$

其中:

K_a 为幅度偏移补偿系数。

S_{T_c} 为 T_c 周期内加速度信号变化率序列的总和。

T_c 为计算周期;

A_{cal} 为稍后所述的校准参数。

最后, 在步骤 013 利用下面算式来计算实际速度 V_{T_c} 和距离 D_{T_c} :

$$D_{T_c} = \frac{K_a * (1 - K_t) * S_{T_c}}{K_{cal}} \quad (5)$$

$$V_{T_c} = \frac{K_a * (1 - K_t) * S_{T_c}}{K_{cal} * T_c} \quad (6)$$

其中:

D_{T_c} 为 T_c 周期内的实际距离

V_{T_c} 为 T_c 周期内的实际速度

S_{T_c} 为 T_c 周期内加速度信号变化率序列的总和;

K_t 为时间偏移补偿系数。

K_a 为幅度偏移补偿系数。

K_{cal} 为校准常数。

上面算式中的校准参数 K_{cal} , A_{cal} , 是在要求使用者穿上胸带并且跑动某一距离 D (如 400m) 的校准期间内计算的, 并且在该校准周期 T_{cal} 期间, 记录并分析整个加速度波形。基于该加速度波形, 计算下面的系数:

$$S_{cal} = \sum_{i=0}^{T_{cal}} (A_i - A_{i-1}) \quad (7)$$

其中:

S_{cal} 为 T_{cal} 内加速度信号变化率的总和;

A_i 为加速度波形;

T_{cal} 为受试者跑动距离 D 的总时间;

随后, 如下计算其它系数 K_{cal} 和 A_{cal} :

$$K_{cal} = \frac{S_{cal}}{D} \quad (8)$$

其中 D 为已知距离。

$$A_{cal} = \frac{S_{cal}}{T_{cal}} \quad (9)$$

现在给出特定示例以示出该算法如何计算运动的人的距离和速度。

当穿着本发明的胸带系统 20 的使用者运动时, 加速度传感器 34 产生加速度波形。模数转换器 36 随后以每秒 50Hz 的频率将该波形数字化处理, 并且随后将其馈送到 MCU 32。图 5A 示出了当受试者跑步时典型加速度波形。图 5B 示出了经过低通滤波后的同一波形。该低通滤波器的带宽为 0 到 16Hz。图 5C 示出了如由式 (1) 计算的加速度信号变化率 A_{di} 的绝对值。该图示出了从时间采样 4020 开始到时间采样 4040 结束的计算周期 T_c 。在这一段周期中, 通过累加那些加速度信号变化率 A_{di} 的绝对值高于门限的时间间隔, 该算法确定活动时间 T_{ac} 。在本实施例中, 将门限设为 0.06g, 如图 5C 所示的线 60, 其中 g 为重力加速度常数。在此具体情况下, T_{ac} 为两段不相交的间隔 (即线 62 到线 66 和线 68 到线 64) 的总和。

为解决 RF 干扰问题, 在本发明的一实施例中, 藉此来自胸带的心率、距离和速度信息被发送到腕表, 该信息作为数据包以例如每 2

秒钟的固定间隔被发送。而且为保证本发明能经受几个使用者在很近的距离内穿着相似装置的多使用者环境的干扰,该数据包还包括诸如使用者 ID 代码的附加信息、和数据包纠错位。图 6A 示出了在 2 秒钟间隔内的数据包发送,而图 6B 进一步示出了数据帧中的数据位格式。在图 6B 中,数据包不但包括心率值和受试者通过的速度和距离,而且还包括 ID 代码和奇偶校验位。当接收到损坏的包时,接收器对纠错位进行解码并通过使腕表显示器 48 中的一些图表闪烁来警告使用者有外部干扰。该显示器将保持当前显示直到再次接收到清晰信号为止。

因此结合特定示例充分说明了本发明的优选实施例。尽管本说明针对具体实施例和示例,但是显然对于本领域技术人员来说通过改变这些特定细节可以实践本发明。因此本发明并不限制于这里所述的实施例。

例如,根据使用者的需要,发射器和接收器可以有多种形式,同时还可以根据需要构成数据格式。

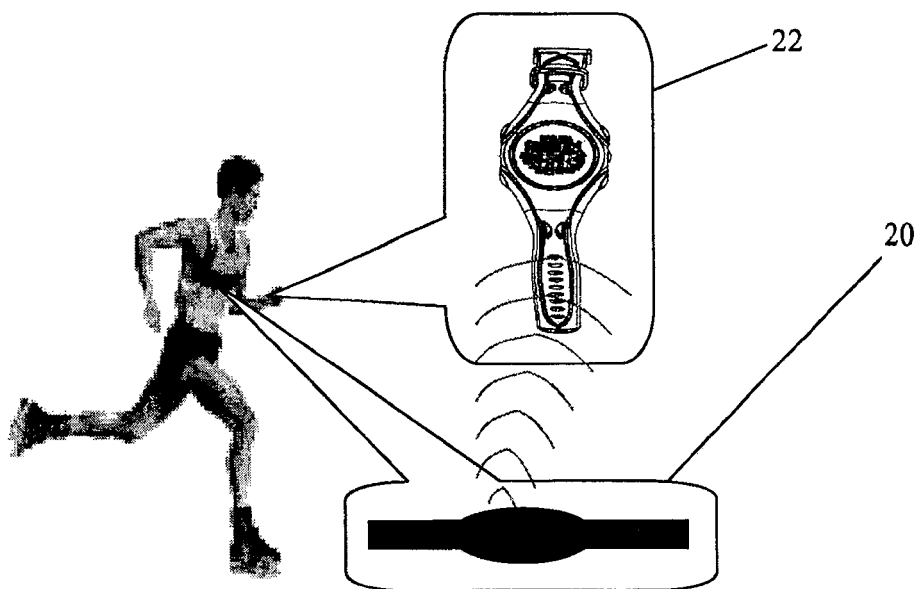


图 1

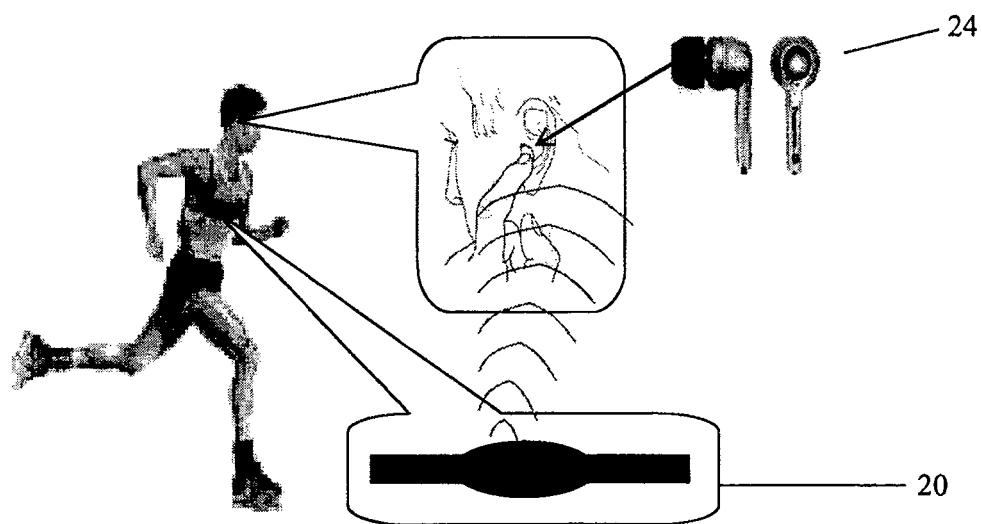


图 2

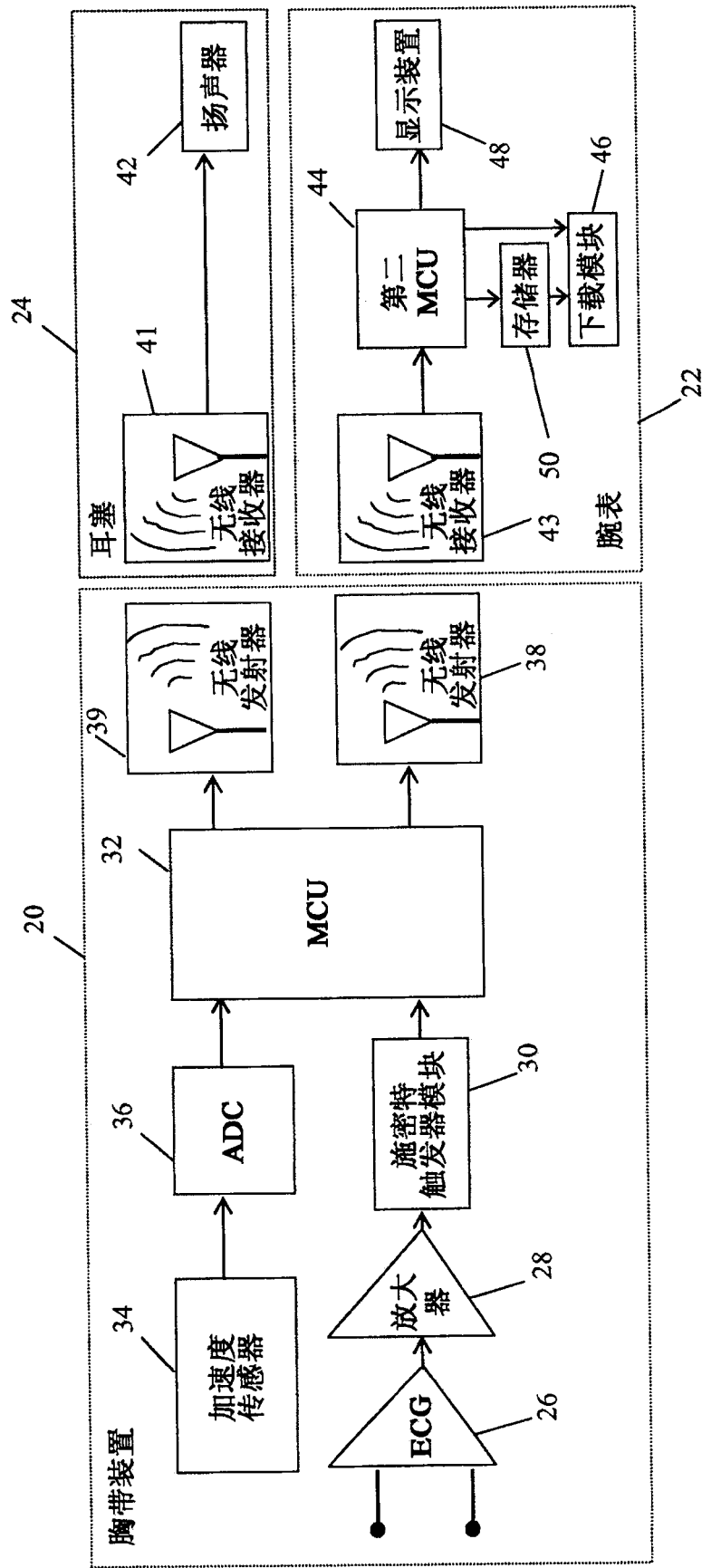


图 3

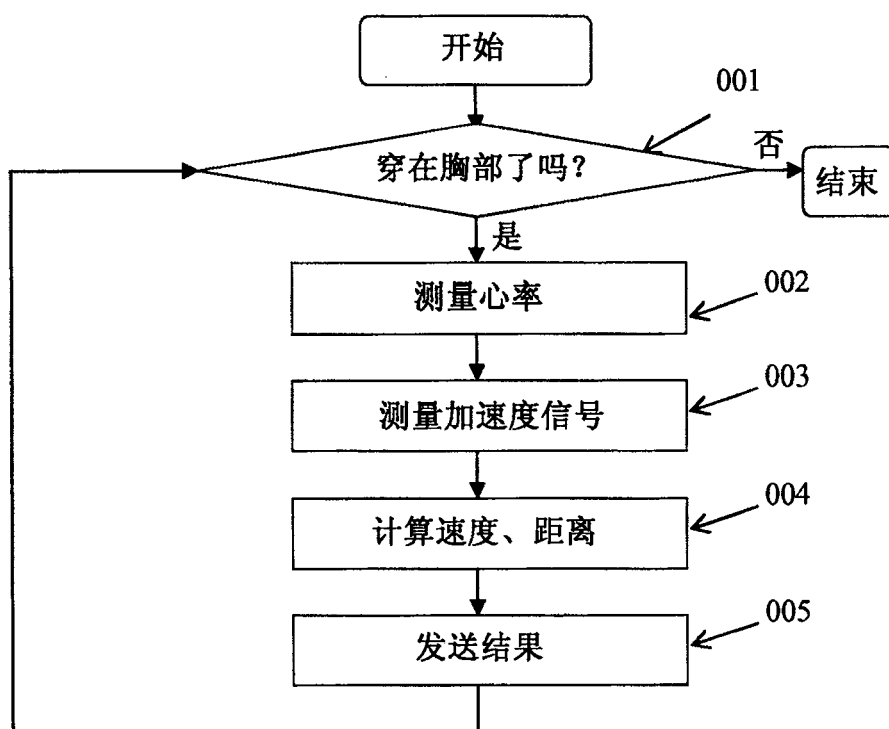


图 4A

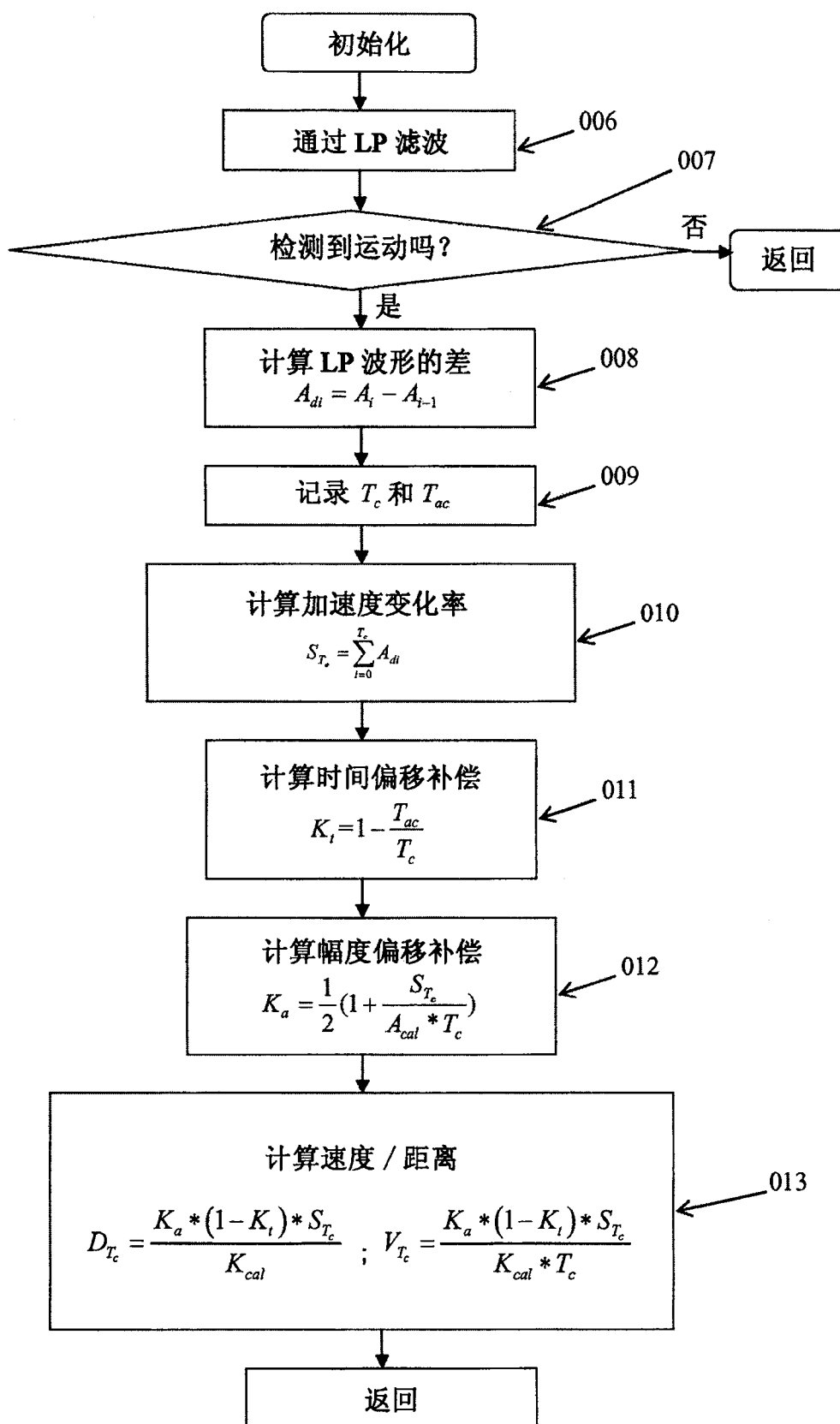


图 4B

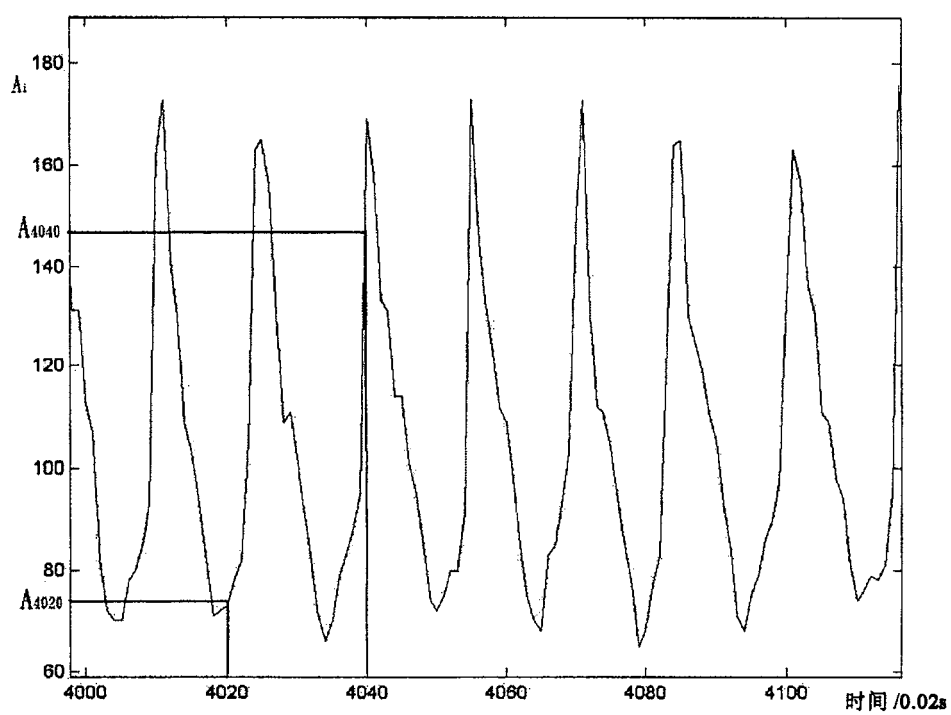


图 5A

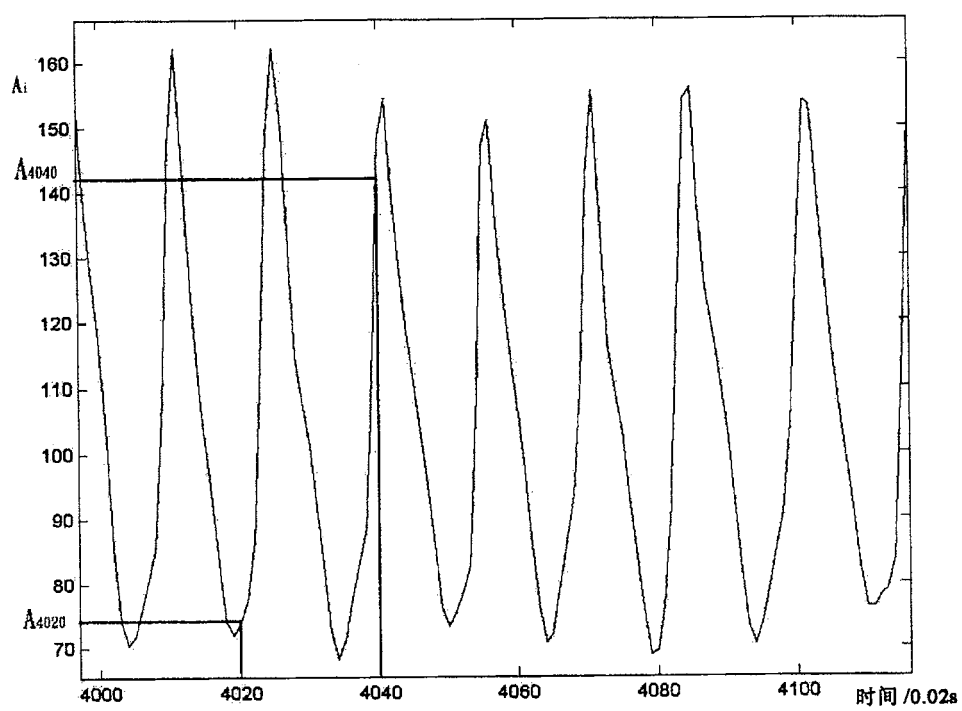


图 5B

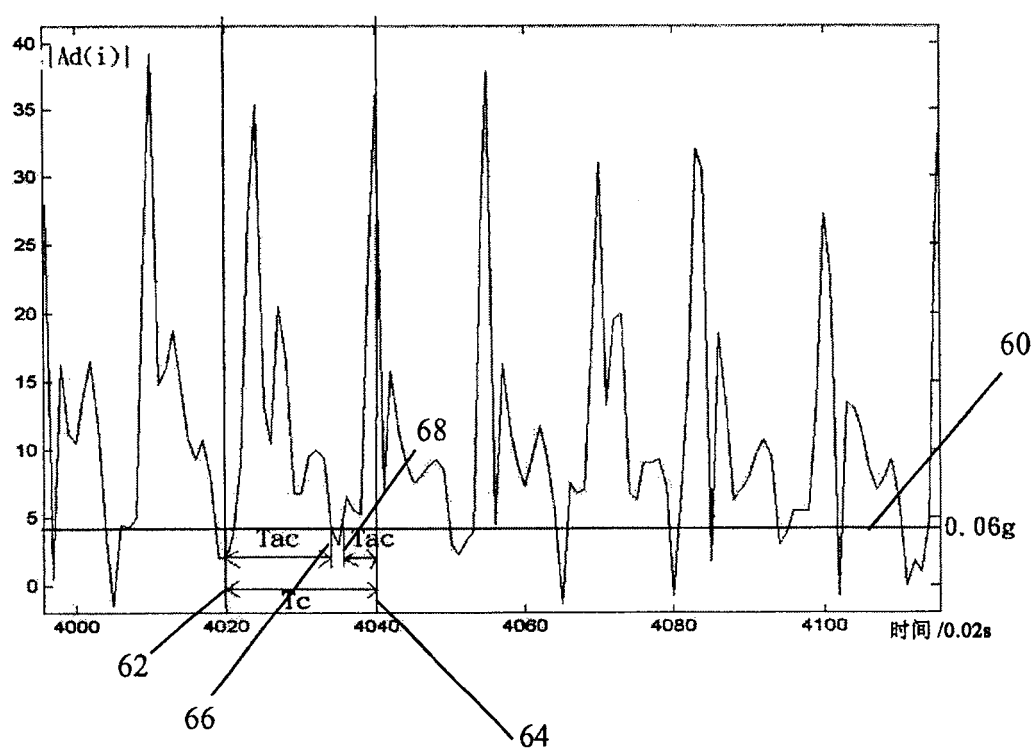


图 5C

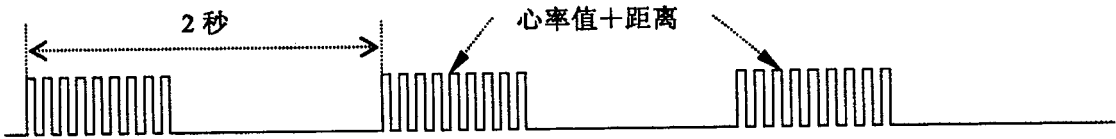


图 6A

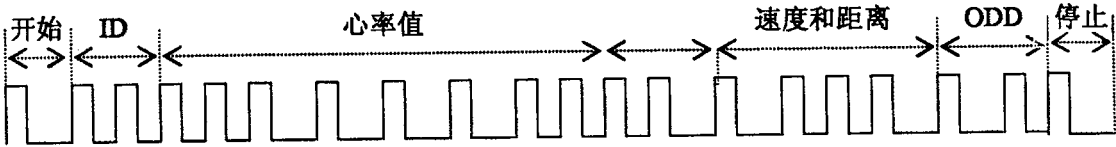


图 6B

专利名称(译)	测量步态运动学信息的系统和方法		
公开(公告)号	CN100484470C	公开(公告)日	2009-05-06
申请号	CN200610109980.4	申请日	2006-08-25
[标]申请(专利权)人(译)	万威科研有限公司		
申请(专利权)人(译)	万威科研有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	万威科研有限公司		
[标]发明人	陈炜文 梁文雄		
发明人	陈炜文 梁文雄		
IPC分类号	A61B5/11 A61B5/00 G08C17/02		
CPC分类号	A63B2071/0663 A63B69/0028 A63B2225/50 A63B2230/04 A63B2225/15 A63B2220/40 A63B71/06 A63B2225/20 G01C22/006		
代理人(译)	陈源 张天舒		
优先权	11/228121 2005-09-16 US		
其他公开文献	CN1931090A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种用于测量受试者运动期间的步态运动学信息的系统，包括：适于固定在受试者身体躯干上的固定部件；与固定部件连接的加速度传感器，其用于感测受试者身体躯干的垂直加速度；以及与加速度传感器耦合的微处理器，其适用于从加速度传感器接收垂直加速度数据，计算导出受试者通过的速度和距离，并传达该速度和距离信息。在优选实施例中，还提供了心率监测装置。

