



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101711401 B

(45) 授权公告日 2014.03.12

(21) 申请号 200880012293.8

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

(22) 申请日 2008.04.15

72002

(66) 本国优先权数据

200710096643.0 2007.04.19 CN

代理人 王英 刘炳胜

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2009.10.16

(51) Int. Cl.

G08B 21/02(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2008/051424 2008.04.15

(56) 对比文件

GB 2401466A , 2004.11.10,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02008/129451 EN 2008.10.30

GB 2401466A , 2004.11.10,

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

CN 1755373A , 2006.04.05,

地址 荷兰艾恩德霍芬

US 20050033200A1 , 2005.02.10,

(72) 发明人 W·R·T·坦恩卡特

US 20050027216A1 , 2005.02.03,

I·C·M·福林森伯格 陈宁江

US 6547728B1 , 2003.04.15,

金盛 S·施伦博姆

EP 1422677A2 , 2003.11.11,

R·B·M·舍嫩贝格

审查员 李佳锐

权利要求书2页 说明书8页 附图5页

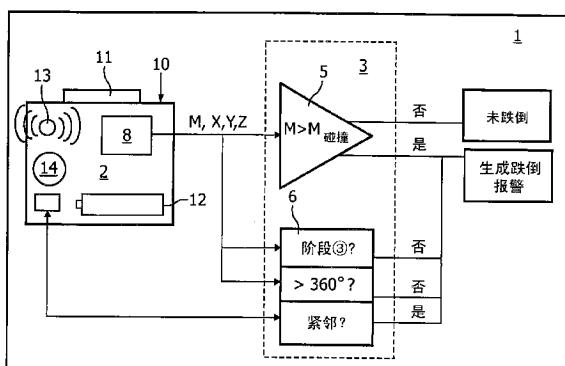
(54) 发明名称

跌倒检测系统

(57) 摘要

本发明涉及跌倒检测系统，用于检测人体跌倒事件。该检测系统包括：用户佩戴的传感器模块，用于采集用户身体的运动数据，例如加速度数据；第一评估逻辑模块，用于基于从所述加速度数据中观测到的碰撞，识别潜在的跌倒事件；以及第二评估逻辑模块，用于至少大约在所述碰撞时，验证所述传感器模块确实由所述用户佩戴，以防止系统只因为传感器掉落而发出报警。第二评估逻辑模块可以包括：自由落体检测装置，用于基于自由落体的典型特征（例如一次或多次完全旋转和 / 或自由落体阶段，在此期间，加速度数据的幅值相对稳定且较小），评估所述加速度数据。附加的或可替代的是，第二评估逻辑模块可以包括身体邻近度检测装置，用于检测所述传感器模块是否紧邻人体。

B
CN 101711401



1. 一种跌倒检测系统,包括:

- 用户佩戴的传感器模块,用于采集其身体的运动数据,其中所述运动数据为加速度数据;

- 第一评估逻辑模块,用于基于从所述运动数据中观测到的碰撞识别潜在跌倒事件;以及

- 第二评估逻辑模块,用于验证所述传感器模块至少大约在所述碰撞时确实由所述用户佩戴,所述第二评估逻辑模块包括自由落体检测装置,所述自由落体检测装置用于评估所述运动数据中的自由落体典型特征以便识别在所述碰撞前的预定时间间隔内是否存在自由落体阶段,

其中,自由落体阶段的存在将所述传感器模块的掉落与所述用户的跌倒事件区别开。

2. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测系统,其中,将所述自由落体检测装置布置为检测在所述碰撞前的所述预定时间间隔内所述加速度数据的幅值是否基本稳定并且小于预设阈值。

3. 根据权利要求 2 所述的跌倒检测系统,其中,将所述预设阈值选择为所述潜在跌倒事件开始时所述加速度的幅值的一部分。

4. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测系统,其中,将所述自由落体检测装置布置为识别在所述碰撞前的预定时间间隔内是否存在至少一次完全旋转。

5. 根据权利要求 4 所述的跌倒检测系统,其中,将所述自由落体检测装置布置为基于线性加速度数据识别是否存在至少一次完全旋转。

6. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测系统,其中,所述自由落体检测装置包括角度传感器,其用于测量角运动。

7. 根据权利要求 1 所述的跌倒检测系统,其中,所述第二评估逻辑模块还包括身体邻近度检测装置,所述身体邻近度检测装置具有电场传感器,将所述电场传感器布置为测量当所述电场传感器紧邻用户身体时电场的畸变以便确定所述传感器模块是否确实由所述用户佩戴。

8. 根据权利要求 7 所述的跌倒检测系统,其中,所述身体邻近度检测装置至少包括发送器和接收器,所述发送器和所述接收器中的一个牢固地附着于所述用户的身体,而另一个则容纳在所述传感器模块中,其中,所述发送器和接收器只有在相互间的距离等于或小于大约所述用户的高度的一半时才能相互进行通信。

9. 根据权利要求 7 所述的跌倒检测系统,其中,所述身体邻近度检测装置包括布置为通过身体耦合通信而相互进行通信的发送器和接收器,其中,所述用户的身体用于数据传输。

10. 根据权利要求 1 或 7 所述的跌倒检测系统,包括:

第三评估逻辑模块,将其布置为检测所述传感器模块的方位的相对变化。

11. 根据权利要求 10 所述的跌倒检测系统,其中,所述第三评估逻辑模块包括:

平均装置,用于对从所述传感器模块获得的加速度数据进行求平均;

存储器,用于存储所述平均装置的经过平均的输出信号;以及

比较器,用于将一个经过平均的输出信号的方向与先前存储的版本的方向进行比较。

12. 根据权利要求 11 所述的跌倒检测系统,其中,所述平均装置包括低通滤波器、积分

器和 / 或自相关计算装置。

13. 根据权利要求 11 所述的跌倒检测系统，其中，根据所述跌倒检测系统的检测状态，所述平均装置对所述加速度数据进行求平均的时间间隔是可调节的，其中，所述检测状态表示是否检测到潜在跌倒事件。

14. 根据权利要求 13 所述的跌倒检测系统，其中，只要没有检测到潜在跌倒事件，就将所述求平均的时间间隔调节为相对较长。

15. 根据权利要求 11 所述的跌倒检测系统，其中，所述比较器包括：

计算两个经过平均的输出信号的矢量外积的装置；以及

计算所述矢量外积的幅值是否超过了某一预定阈值的装置。

跌倒检测系统

发明领域

[0001] 本发明涉及一种跌倒检测系统，其用于自动检测用户的跌倒事件。

技术背景

[0002] 这种自动跌倒检测系统是公知的。其用于检测用户的跌倒事件，并向远程的医护提供商报告这些事件，以便让医护提供商采取适当的行动。为了实现此目的，检测系统通常包括由用户佩戴的传感器模块，用于采集用户身体的运动数据，例如加速度数据。检测系统还包括评估逻辑模块，用于在采集到的运动数据中检测碰撞。这种碰撞发生在用户跌倒过程中着地的时候。但是，这种碰撞也可能发生在其它事件中，例如用户的突然运动或碰撞到其周围的物体。所以，在加速度数据中检测到碰撞并不足以确切地识别出跌倒的发生。因此，大多数检测系统还检测指明跌倒的其它指标是否存在。例如，可以验证碰撞是否伴随着用户方位角的改变（例如，用户的体态从站立变成了卧倒）。只有在这种情况下，系统才向远程医护提供商发出警报。这样，可以降低错误警的次数，从而提高系统的可靠性和用户的认可度。

[0003] 但是，这些公知的跌倒检测系统存在一些缺点，从而会导致误警仍旧发生。

[0004] 例如，一种经常发生的情况是，传感器模块本身从用户身上掉了下来，例如在换衣服的时候。另一种情况是，传感器模块被暂时放置在桌子等的上面，并意外地在那里受到了碰撞。在这些情况下，显然不应该生成报警，但公知的系统还是会生成报警。

[0005] 当传感器模块附着于身体的方式不适当（即方位角不对）时，还会出现其它一些问题。这可能会影响系统辨别用户方位角变化的能力，并可能使系统对于跌倒的存在与否得出错误的结论。具体而言，系统可能在不存在跌倒时生成警报（所谓的“误警”），或者更糟糕的情形是，在存在跌倒时不生成警报（所谓的“漏警”）。这两种情况都是应该避免的，因为它们都会严重损害系统的可信度。

发明内容

[0006] 因此，本发明的一个方面在于提供一种具有改进可靠性的跌倒检测系统。具体而言，本发明的目的在于提供一种系统，其中，排除错误报警（误警和漏警）报告或至少减少其数量。

[0007] 为了实现此目的，根据本发明的一种跌倒检测系统的特征在于，提供有第二评估逻辑模块，其用于验证至少大约在所观测的碰撞时用户确实佩戴着传感器模块。

[0008] 可将该第二评估逻辑模块布置为扫描加速度数据，以判断是否出现自由落体特征（即自由落体的典型特征，例如一次或多次完全旋转（大于 360° ））或是否在碰撞前出现自由落体阶段（在自由落体阶段内，加速度数据的幅值基本稳定，且是相对较低的值）。研究表明，如果出现这种自由落体特征，则观测到的碰撞很可能是由传感器模块自身的掉落造成的，而不是由人体的跌倒事件造成的。

[0009] 附加的或可替代的是，可将第二评估逻辑模块布置为检测传感器模块与人体的邻

近度。如果在观测到碰撞前后无法建立这种邻近度，则所述碰撞很可能不是由人体的跌倒事件造成的。

[0010] 因此，正是由于根据本发明的评估逻辑模块，可以辨别加速度数据中的碰撞是由人体的跌倒事件造成的还是由传感器模块自身的掉落造成的。这样就避免了误警。此外，如果检测到传感器模块的掉落，则应向用户和 / 或医护提供商告知传感器模块没有正确装配好并应当重新装配。

[0011] 根据本发明的一个有益方面，如果上述评估逻辑模块确定用户佩戴着传感器模块，则可以提供另一个评估模块，其用于检测至少在加速度数据中观测到碰撞的之前和之后的传感器模块方位角的相对变化。由于这种相对测量，无论碰撞前模块的（绝对）方位角如何，都可以检测模块方位角以及用户方位角的任何变化。不再需要将模块设置在一个特定的方位角。同样，用户可以从任何位置跌倒，即站立、坐下或卧倒。用户的初始位置（即跌倒前的位置）不再重要。如果传感器模块在使用过程中经受了意外的方位角变化，至少如果这种变化不和在加速信号中观测到碰撞同时发生，就不会导致报警。当然，在评价潜在的跌倒事件的发生时，还可以设置一个或多个阈值，以确保只考虑大于最小值（例如，大于45度）的方位角变化。

[0012] 从属权利要求中列明了根据本发明的跌倒检测系统的其它有益实施例。

附图说明

[0013] 为了解释本发明，下面将结合附图对本发明的示例性实施例进行描述，其中：

[0014] 图1示出了根据本发明的跌倒检测系统的框图；

[0015] 图2示出了落向地面的传感器模块的加速度数据；

[0016] 图3示出了朝向地面跌落到的人体的加速度数据；

[0017] 图4示出了根据本发明的第二评估逻辑模块的第一实施例的框图，将其布置为确定图2和图3的加速度数据中是否存在自由落体阶段；

[0018] 图5示出了根据本发明的第二评估逻辑模块的第二实施例的框图，将其布置为确定图2和图3的加速度数据中是否存在旋转；以及

[0019] 图6示出了根据本发明的跌倒检测系统的第四实施例的框图，其装配有另一个评估逻辑模块，用于检测传感器模块的相对方位角变化。

具体实施方式

[0020] 图1示出了根据本发明的跌倒检测系统1的框图。跌倒检测系统1包括由用户佩戴的传感器模块2，其用于采集用户身体的加速度数据X、Y、Z。检测系统1还包括评估逻辑模块3，其用于检测是否发生了人体跌倒事件。根据本发明，这个评估逻辑模块3分成第一评估逻辑模块5和第二评估逻辑模块6，其中，将第一评估逻辑模块5布置为检测跌倒事件，将第二评估逻辑模块6布置为推断该跌倒事件是对应于用户的跌倒还是对应于传感器模块2的掉落。

[0021] 传感器模块2包括一个或多个加速度计8，将加速度计8优选地布置为测量在3个正交方向X、Y和Z上的加速度数据。这些加速度计可以容纳在外壳10中，该外壳可以配置有夹子11、带子、腕带、项圈或类似的连接装置，用于简单地附着在用户的身体或衣服上。或

者,也可以将传感器模块 2 或检测系统 1 作为一个整体集成在衣服部分上。外壳 10 还可以容纳电源 12、诸如蜂鸣器或闪光灯之类的报警模块 13 以及诸如一个或多个按钮之类的输入模块 14,例如用于手工启动或取消报警。

[0022] 可以将第一评估逻辑模块 5 和 / 或第二评估逻辑模块 6 容纳在传感器 2 的外壳 10 中,或者容纳在不需要佩戴在用户身体上的一个或多个分离模块中。在任何一种情况下,都可以提供适当的通信装置,以便在所述相应模块之间可以进行数据交换。

[0023] 将第一评估逻辑模块 5 布置为针对潜在跌倒事件扫描所测量的加速度数据 X、Y、Z。这种跌倒事件可以表现为碰撞,即在短时间内所述加速度数据的幅值 M 急剧增加,可能随后紧接着有一段(相对)安静的时间,在这段时间内跌倒的物体(人体或传感器模块)保持卧倒状态。因此,可将第一评估逻辑模块 5 布置为监视加速度信号 X、Y、Z 的幅值 M,并当超过某一预定阈值 $M_{\text{碰撞}}$ (例如 2.5g,其中 g 是重力加速度)时,设置一个标记。

[0024] 将第二评估逻辑模块 6 布置确定碰撞是由人体的跌倒造成的还是由传感器模块 2 的掉落造成的。这可以通过各种方式来实现。其中的一种方式是,评估逻辑模块可以利用两个物体的跌倒特征差异。一般来说,传感器模块 2 很有可能表现为自由落体,而人体则并非如此;传感器模块 2 在掉落过程中会经受一次或多次完全旋转,而人体则不会。此外,评估逻辑模块可以验证在观测到碰撞时传感器模块 2 是否紧邻用户。也可以使用不同方式对此进行验证。下面,将论述各个可能的评估技术的详细示例。

[0025] 需要注意的是,本文中提及“第一”和“第二”评估逻辑模块并不表示评估逻辑模块的工作顺序。这些评估逻辑模块可以同时并相互独立地进行工作。

[0026] 实施例 1:自由落体阶段的检测

[0027] 图 2 表示传感器模块 2 从桌子掉落到地面期间所测量的加速度数据 X、Y、Z。图 3 表示人体朝向地面跌倒期间所测量的加速度数据 X、Y、Z。图 2 和图 3 都还示出了幅值 M,其例如可以使用如下公式进行计算:

$$[0028] M = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (1)$$

[0029] 或者使用下式:

$$[0030] M = |X| + |Y| + |Z| \quad (2)$$

[0031] 图 2 中的加速度数据可以分成 5 个不同的阶段,标记为①到⑤:

[0032] - 在第一阶段①中,加速度数据 X、Y、Z、M 基本稳定,这表明,传感器模块 2 静止地放在桌子上;

[0033] - 在第二阶段②中,加速度数据 X、Y、Z、M 在所有三个方向上均波动。这表明,传感器模块 2 被推到了桌子的边沿,而后将开始掉落;

[0034] - 在第三阶段③中,加速度数据 X、Y、Z 在所有三个方向上均基本稳定,幅值 M 明显小于传感器 2 静止地放在桌子上的第一阶段①中的幅值 M。这表明,传感器模块 2 正在经历自由落体;

[0035] - 在第四阶段④中,加速度数据 X、Y、Z、M 显示出了大幅度的波动。这表明,传感器模块 2 撞击地面并反弹;以及

[0036] - 在第五阶段⑤中,加速度数据 X、Y、Z、M 再次基本稳定。这表明,传感器模块 2 处于地面上,基本上保持静止。

[0037] 图 3 中的加速度数据 X、Y、Z、M 显示出与图 2 中数据大体相似,但其缺少第三阶段

③,即自由落体阶段。因此,是否存在这个阶段③可以用于确定特定的加速度信号是由人体跌倒造成的还是由传感器模块2的掉落造成的。

[0038] 图4示出了用于检测该第三阶段③是否存在的第二评估逻辑模块6的框图。评估逻辑模块6包括:第一方框16,用于评估在某一时间段(T)中根据公式(1)的幅值M是否小于预定的阈值(TH_{mag});第二方框17,用于评估该时间段(T)的长度是否大于最小长度(T_1)并小于最大长度(T_2);以及第三方框18,用于评估在所述时间段(T)内,各加速度分量的方差 δX 、 δY 、 δZ 是否小于预定阈值(TH_{var})。如果所有这三个方框16、17、18的结果都是肯定性的(Y),则检测到自由落体阶段③。

[0039] 自由落体阶段③中的幅值M的水平取决于第二阶段②的幅值M,而后者又取决于当传感器模块2从桌子掉落时的初始加速度。例如,当传感器模块2受相当大的外力碰撞而从桌子上掉落时,其初始加速度以及由此在阶段②和阶段③中的其幅值M将明显大于当传感器模块2从用户手中滑落而基本不具有初始加速度的情况。在后一种情况下,阶段③中的幅值M可能接近于零,而在第一种情况下,幅值M将会高很多。为了能检测到在所述第一种情况下的自由落体阶段③,不应把阈值 TH_{mag} 设置的过低。因此,在优选情况下,阈值 TH_{mag} 的选择取决于阶段②中的实际测量幅值。例如,可以将 TH_{mag} 定义为阶段②中所测量的最大幅值的十分之一。

[0040] 自由落体阶段③的实际长度(即时间段T的长度)将根据模块所掉落的高度h而不同,高度h根据 $h = 0.5gT^2$,其中h是以米为单位的高度,g是重力加速度 $9.8m/s^2$,T是以秒为单位的时间。因此,通过选择传感器模块实际掉落的最小高度 h_1 和最大高度 h_2 ,就可以确定适当的最小长度 T_1 和最大长度 T_2 。

[0041] 可以通过经验来确定第三评估模块18的阈值 TH_{var} ,例如可以将其设置为10。

[0042] 如果使用图4的评估逻辑模块检测到自由落体阶段③,则此信息可以用于将定时器(未示出)激活给定的预设时间段 $T_{定时器}$ 。如果在此时间段 $T_{定时器}$ 中,第一评估逻辑模块5检测到了碰撞,则不会发出跌倒报警。

[0043] 实施例2:一次或多次完全旋转的检测

[0044] 图5示出了根据本发明的备选跌倒检测系统101的实施例,其具有可替代的或附加的第二评估逻辑模块106。与实施例1中相似的那些部件用相似的标记(增加100)表示。第二评估逻辑模块106利用了诸如传感器模块102之类的小物体在从某一高度掉落过程中会进行一次或多次完全旋转(即大于360度的旋转)的特点。而在另一方面,人体并不进行这样的旋转。因此,这个特点可用于区分传感器模块102的意外滑落和人体的跌倒事件。

[0045] 根据图5的检测系统101包括传感器模块102和第一评估逻辑模块105,它们与图1中所描述的类似。传感器模块102可以配备有一个或多个角度传感器或陀螺仪,用于测量旋转。可将第二评估模块106布置为将所述角度传感器的输出与某一预定阈值(例如360度)进行比较。

[0046] 如果第一评估逻辑模块105检测到碰撞,并且第二评估逻辑模块106检测到一次或多次完全旋转的存在,则可以防止检测系统101生成警报,这是因为,观测到的碰撞很有可能是由传感器模块102的掉落造成的。另一方面,如果所测量的旋转具有的旋转角小于360°,则碰撞有可能是由人体跌倒事件造成的,将会发出跌倒警报。

[0047] 根据备选实施例,可将第二评估模块 106 布置为根据由共同加速传感器 102(即具有一个或多个线性加速度传感器的传感器模块)测量出的加速度数据 X、Y、Z,检测出一次或多次旋转的存在。例如,这可以如题为“Gyroless platform stabilization techniques”的US5124938 A中所披露的那样进行实现,其描述了在不使用陀螺仪的情况下根据加速度表获得角加速度信息的方法。在这种情况下,无需单独的角度传感器,这样可以节约成本,并降低系统的复杂度,提高系统的鲁棒性。

[0048] 实施例 3:传感器模块与用户身体的紧邻度的检测

[0049] 根据本发明的又一个实施例,在观测到碰撞时可以通过使用第二评估逻辑模块来验证传感器模块是否紧邻人体(因此很有可能由用户佩戴),从而防止因传感器模块的意外掉落而造成的误警。为此,第二评估逻辑模块例如可以包括传感器,其容纳于传感器模块中,并能够感测因用户身体移入或移出电场而造成的电场畸变。适当的传感器例如是电场传感器,如在文献“Applying electrical field sensing to Human-Computer interfaces”(其作者 T. G. Zimmerman 等发表在 IEEE, May 1995) 中描述的那样。

[0050] 如果在检测到潜在的跌倒事件时(例如通过上述实施例所描述的第一评估逻辑模块)这种电场传感器可以感测畸变,这表明传感器模块紧邻用户的身体,因此很有可能由所述用户的身体佩戴。因此,跌倒事件很有可能是人体的跌倒事件,故检测系统可以生成报警。

[0051] 或者,也可以在传感器模块和牢固地附着于用户身体的某个其它单元之间使用无线通信技术来检测传感器模块与用户身体之间的紧邻度。传感器模块和该单元可以分别配备有发送器和接收器,或者分别配备有接收器和发送器。或者,传感器模块 2 和该单元也均可以包括发送器和接收器。将此发送器和接收器配置为只在它们相互间处于近距离范围时,更具体而言,只在它们耦合于用户身体时,才能在相互间进行通信。可替代或附加的是,可将发送器和接收器配置为使用用于数据传输的用户身体,通过身体耦合的通信在相互间进行通信。为了实现此目的,传感器模块或该单元中之一可以通过电容耦合来将特定量的能量传送给对方。在题为“System for automatic continuous and reliable electronic patient identification”的未预先公开的专利申请 WO 2006035351 A2 中描述了这种身体耦合通信的示例。该申请的内容以引用方式并入本文。

[0052] 可以在特定时刻激活上述第二评估逻辑模块 6、106,例如当第一评估逻辑模块 5、105 检测到潜在的跌倒事件的时候。或者,所述第二评估逻辑模块 6、106 也可以连续地或半连续地进行工作。例如,根据第三实施例的第二评估逻辑模块可以定期的时间间隔验证传感器模块是否处于紧邻状态。因此,在初期阶段就可以检测到传感器模块的失控移除。当检测到这种移除时,就可以向用户和 / 或医护提供商告知传感器模块很有可能被移除了。此外,可以在预设的时间间隔内请求用户确认所述观测和 / 或重新装配模块。如果在该时间间隔内没有获得任何响应,则向医护提供商发出警报。如果定期地验证传感器模块的邻近程度,就可以使医护提供商验证用户是否正确地佩戴着传感器模块,从而再次保证了“无报警”状态确实对应于“无报警”情况。

[0053] 根据本发明的上述第二评估逻辑模块并不限于跌倒检测系统。其有益地适用于其它电子设备(特别是需要用户佩戴的电子设备),而不限制主权利要求的特征。此外,可以将两个或多个第二评估逻辑模块的实施例予以组合,从而更可靠地评价是否发生了人体跌

倒事件。

[0054] **实施例 4：方位传感器模块和 / 或用户的相对变化的检测**

[0055] 图 6 示意性地示出了根据本发明的具有改善的评估逻辑模块 207 的检测系统的另一个实施例。与上述实施例相似的那些部件用相似的标记（增加 200）表示。当检测到潜在的跌倒事件并且（例如通过上述实施例的其中之一）已经确定用户佩戴着传感器模块 202 时，改善的评估逻辑模块 207 可以有助于验证该跌倒事件是不是确实由用户的跌倒造成的，而不是由例如突然的移动或其它原因造成的。这是通过验证用户的姿势是否发生了变化（例如从站立到卧倒）来实现的。一般来说，如果传感器模块 202 的垂直方位角发生了偏移，就检测出姿势的这种变化。传感器模块 202 必须以规定的垂直方位角附着于用户，并且在用户的正常活动中必须保持此方位角。如果传感器模块 202 没有以正确的方式附着或在使用过程中发生了移位，则会导致误警。

[0056] 根据图 6 的改善的评估逻辑模块 207 克服了这些缺点，它可以检测用户方位角的变化，而不管传感器模块 202（以及用户）的初始方位角。评估逻辑模块 207 包括平均模块 202、存储器 209 以及比较器 215。

[0057] 评估逻辑模块 207 的工作原理基于下面的思想：在预定的时间间隔内对传感器模块 202 测量的加速度数据 X、Y、Z 进行求平均，从而可以检测到传感器模块 202 的方位角变化。所得到的平均信号 s1 表示重力，因为只要传感器模块 202 不改变其方位角，重力就是至少保持恒定的唯一加速度。所以，由平均信号 s1 的 X、Y、Z 分量给定的方向表示重力的方向。由此可以估计传感器模块 202 的垂直方位角，并且可以看到该垂直方位角的变化。因为跌倒的特征在于还伴随有垂直方位角上的这种变化，所以平均信号 s1 可以用于检测跌倒。

[0058] 平均装置 220 例如可以包括图 6 所示的低通滤波器。该低通滤波器 220 在时间间隔 τ 内对加速度数据 X、Y、Z 进行求平均，该时间间隔 τ 与滤波器 220 的带宽成反比。该平均信号 s1 可以随后储存于存储器 209 中。当（使用上述技术中的任何一种）检测到潜在的跌倒事件时，比较器 215 将当前信号 s1(t) 的方向与先前存储的版本 s1(t- τ) 的方向进行比较。为了实现此目的，比较器 215 可以计算所述信号 s1(t) xs1(t- τ) 的矢量外积（vector out product），如图 6 所示。如果该矢量外积的幅值超过零或特定的阈值 Thres，则出现了方位角的变化，于是，就可以将观测到的碰撞确认为实际的跌倒事件，从而发出警报。阈值 Thres 的选择应考虑到测量的误差和噪声，以避免将比较器 215 任何（由这种噪声造成的）不为零的结果视为方位角的变化。此外，还可以将阈值 Thres 提高到在跌倒情况下很有可能发生的最小方位角变化。例如，可以通过实验来获得，如果是跌倒情况，则传感器模块 202 的方位角变化通常至少是 45 度。小于 45 度的变化不太可能是由跌倒造成的。通过据此设置阈值 Thres，可以进一步避免误警。

[0059] 如上所述，用来对信号 s1 进行求平均的时间间隔 t 与低通滤波器 220 的带宽成反比。例如，如果低通滤波器 220 具有 10Hz 的带宽，则在 100msec 的时间间隔内进行求平均，如果滤波器 220 具有 0.1Hz 的带宽，则在 10 秒的时间间隔内进行求平均。一般来说，较长的平均时间（较小的带宽）有益于垂直方位角的准确估计。但是，其缺点是，在碰撞后需要相当长的时间段来确定碰撞是否伴随有方位角的变化。一般来说，即便求平均时间较短，强烈的方位角变化也是较容易检测的；小的方位角变化则可能需要较长的求平均时间。根据本发明的有益方面，该信息用于在使用过程中根据检测状态调整低通滤波器 220 的带宽。在

稳定状态下,即当没有检测到潜在的跌倒(加速度信号X、Y、Z中无碰撞)时,带宽可以较小,从而平均时间就会相对较长。当检测到潜在的跌倒时,可以采用较宽的带宽,则平均时间就会较短,从而可以相对较快地获得当前方位角的第一估计。

[0060] 根据评估逻辑模块207的另一个有益方面,在稳定状态期间,通过对存储在存储器209中的多个s1值进行求平均来计算趋势。当检测到潜在跌倒时,该趋势有助于确定是小带宽就已足够可靠还是大带宽看起来更合适。存储的信号s1的稳定状态值还可以用于估计变化。因此,该信息可以用于设置比较器215中的实际阈值。

[0061] 此外,存储器209还可以基于在假定的跌倒后可以观测到方位角变化来提供参考方位角。由于假定的跌倒一般涉及强的加速度,因此在假定跌倒期间平均信号s1的可靠性就会降低。因此,根据优选实施例,检测系统201可以计算当前方位角和以延迟增量 τ 存储在存储器209中的那些方位角之间的差值,并使用这一系列的差值来改善其判断结果。或者,也可以标记出对于存储的哪些s1值而言加速度信号X、Y、Z具有低能量内容。因此,只有标记出的这些s1值可以用于判定是否发生了方位角变化。

[0062] 此外,通过监视存储的s1的值,可以定期地检测偏差。即便在加速度数据中不存在碰撞(潜在的跌倒事件),这种偏差的出现也可以引发向用户和/或医护提供商发出报警或某种警告。

[0063] 平均模块220可以采用不同的方式来实现。例如,可以将图6所示的低通滤波器替换为积分器。或者,平均装置220可以包括布置为计算预定时间窗上的自相关的计算装置。为了实现此目的,可以将信号s1分割成长度为W的窗。这些窗可以重叠。例如,第一个窗的范围可以是从s1[1]到s1[1+W],而后续窗的范围可以是从s1[2]到s1[2+W],即,后续窗只位移相隔了一个采样周期(方括号用于表示采样周期)。窗的长度W例如可以约等于500ms。此外,取s1[t]的延迟版本,将其表示为s'1[t- τ]。延迟 τ 例如可以约等于500ms。使用相同的窗长度和相同的窗间距(即相同的重叠)对s'1划分窗。可以根据下面的公式计算自相关 $R_{xy}[w]$:

$$[0064] R_{xy}[w] = \sum_{k=1}^W s1[w+k] \bullet s'1[w+k-\tau].$$

[0065] 信号s1和s'1都是矢量。可以将它们的乘积计算为内积。它们乘积的另一个定义可以根据几何代数学或克利福德(Clifford)代数学理论,或者根据四元数理论。此外,可根据下面的公式计算 R_{xx} 和 R_{yy} 。

$$[0066] R_{xx}[w] = \sum_{k=1}^W s1[w+k] \bullet s1[w+k]$$

$$[0067] R_{yy}[w] = \sum_{k=1}^W s'1[w+k-\tau] \bullet s'1[w+k-\tau]$$

[0068] R_{xx} 和 R_{yy} 可用于将 R_{xy} 归一化:

$$[0069] R'_{xy}[w] = R_{xy}[w] / \sqrt{R_{xx}[w].R_{yy}[w]}$$

[0070] R'_{xy} 对应于归一化内积(亦在四元数的情况下),可以将方位角的变化计算为:

[0071]

$$\varphi_{rot}[w] = \arccos(R'_{xy}[w]).180/\pi.$$

[0072] 假如跌倒, $\varphi_{rot}[w]$ 可能较大,例如其量级为从大约60度到大约90度,在这些情况下w很有可能是跌倒事件。在此区域外, $\varphi_{rot}[w]$ 可以比较小,例如,如果没有运动,则 $\varphi_{rot}[w]$ 接近于0度,如果是诸如正常行走之类的常规运动,则 $\varphi_{rot}[w]$ 在大约20度到大约50度的范

围内。当然,给出的这些值仅用于说明目的,而非解释为无限制性的。

[0073] 在所有情况下,由于有了根据本发明的平均装置 220,不需要传感器模块 202 在潜在的跌倒前处于指定的方位角,即可检测到所述传感器模块 202 的方位角的变化。其可以以任意的方位角附着于用户的身体。此外,模块 202 不需要保持恒定的方位角。如果在使用过程中传感器模块的方位角发生了变化且这种变化并不伴随有碰撞,则不会引起报警。只是简单地将新的方位角存储于存储器中。任何后续的方位角检查都将采用这个新的方位角作为参考。此外,对跌倒开始时用户的初始体态或方位角并没有限制,即用户可以处于站立的姿势、坐下的姿势甚至是卧倒的姿势。最后一种姿势可以在例如用户从床上跌倒到地面上时出现。尽管在这种情况下,用户在跌倒后的方位角可能与其在跌倒前的方位角基本相似,但只要用户在其跌倒时发生了转动,即从床上滚落,则根据本发明的评估逻辑模块 207 仍能够检测到跌倒事件。在这种情况下,所述的评估逻辑模块 207 将测量旋转的变化,该旋转变化随后可以用于引发适当的报警。因此,使用根据本发明的检测系统,传感器模块 202 和用户的初始方位角就不再重要。所以,可以以任何方向装配传感器模块,这样就增强了其易用性。此外,由于排除了误警的一个来源(用户和 / 或传感器模块的初始方位角),所以,系统的可靠性也提高了。

[0074] 本发明绝不受说明书和附图中所呈现的示例性实施例的限制。应明确认识到的是,所示和所述的多个实施例(的部分)的所有组合都包含在本说明书中,也落入了本发明的保护范围之内。而且,正如权利要求书所涵盖的那样,许多变体也落入本发明的保护范围之内。

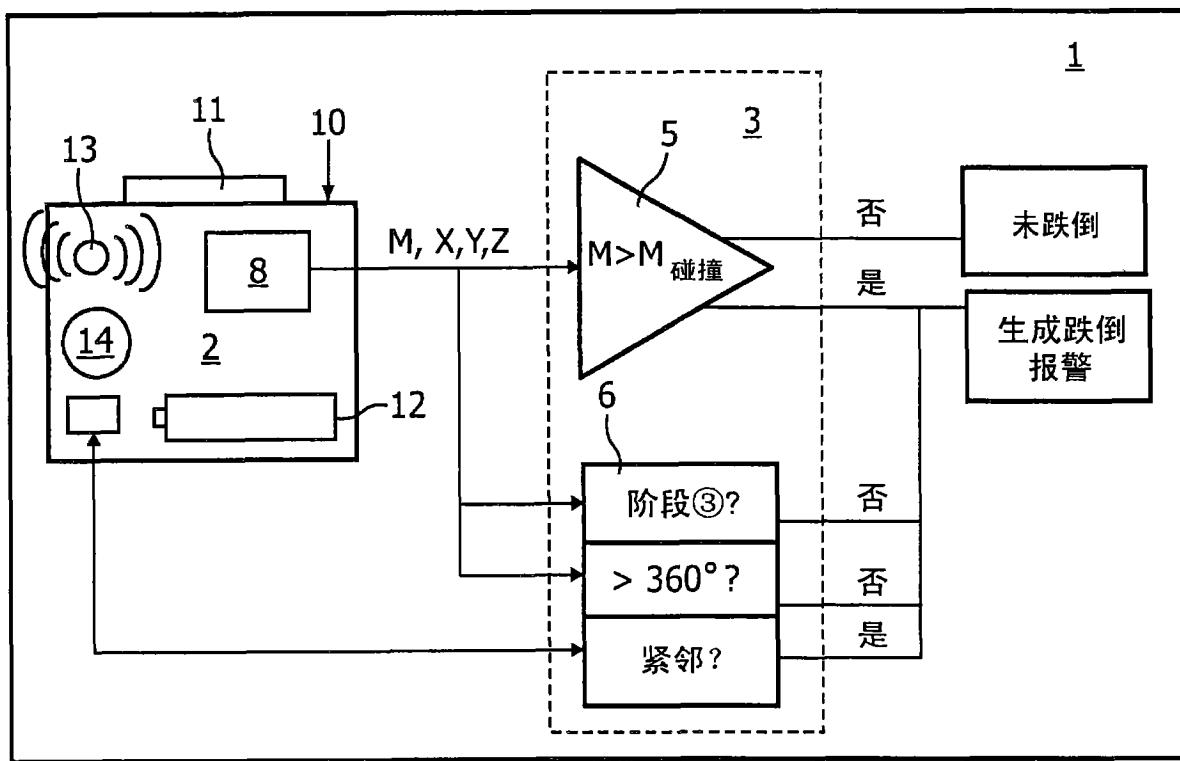


图 1

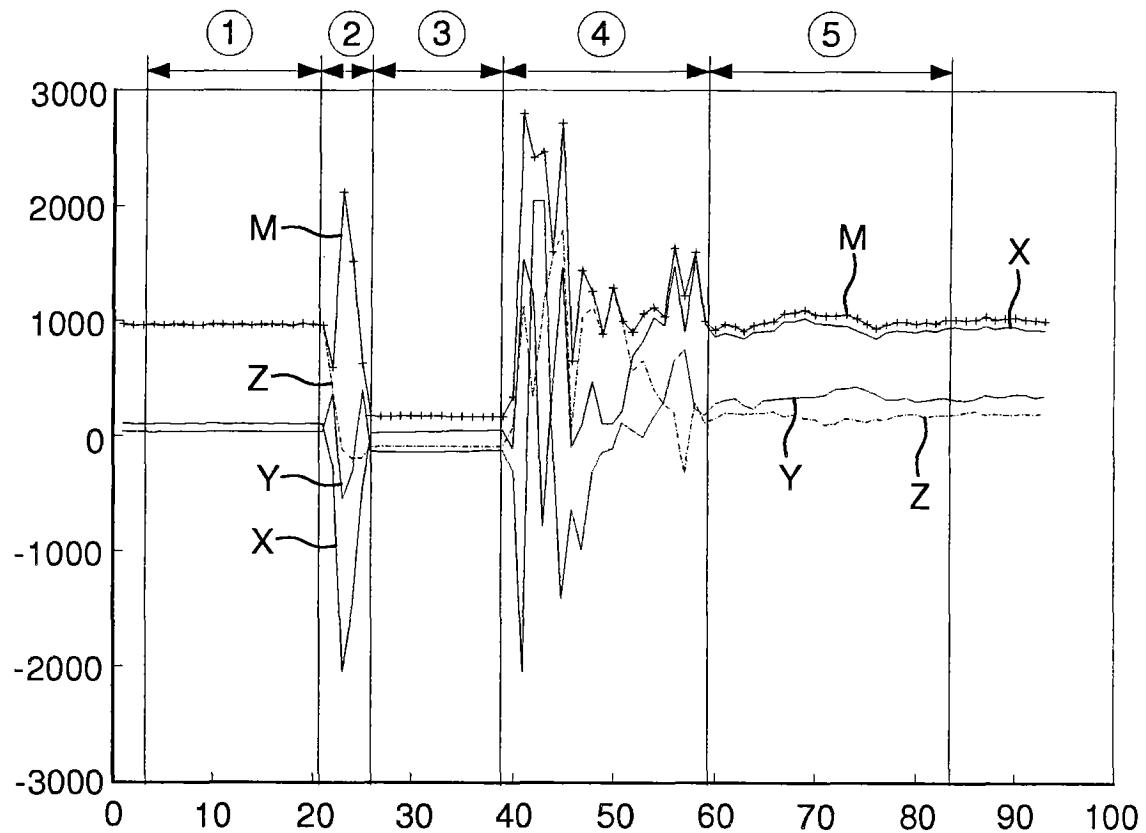


图 2

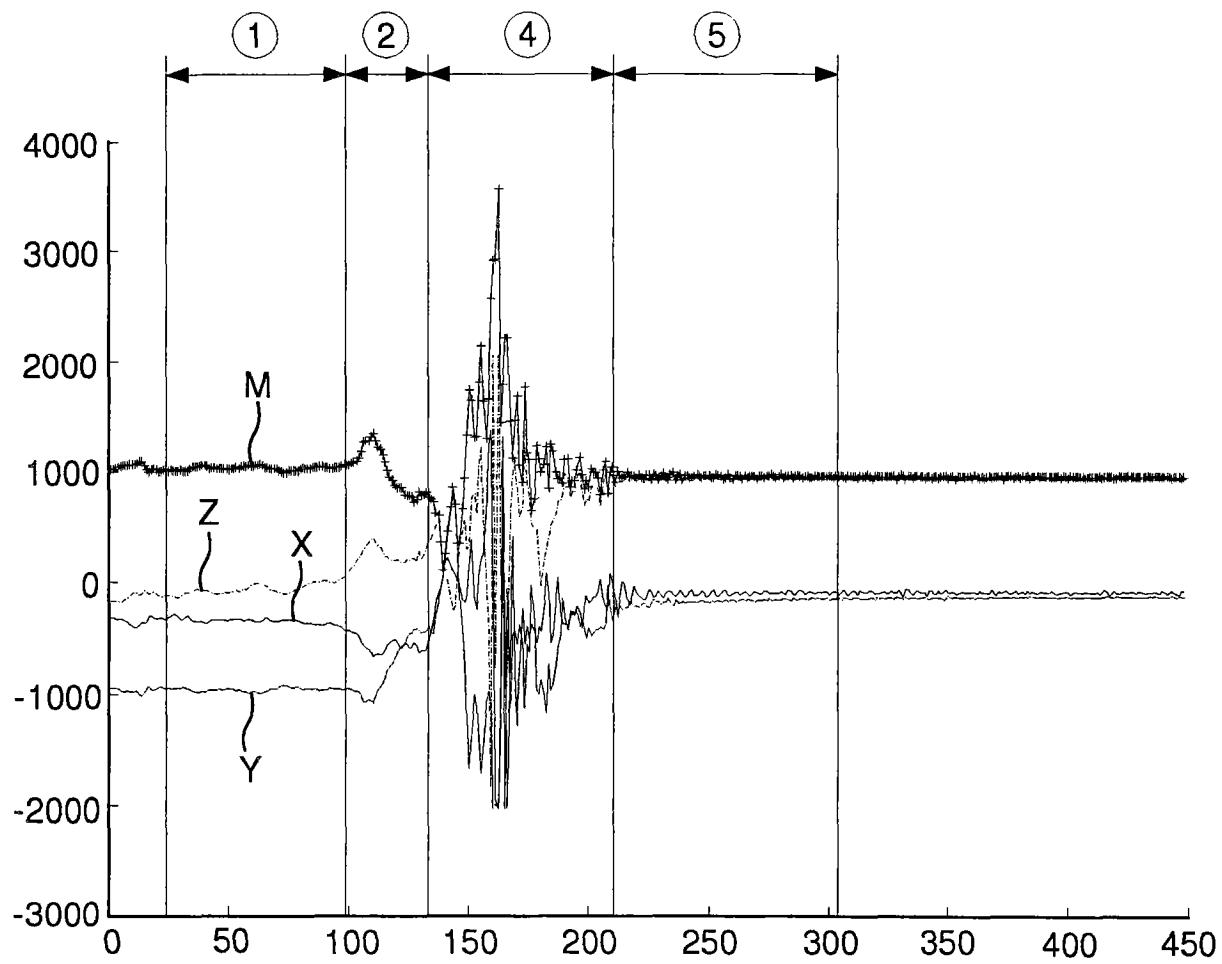


图 3

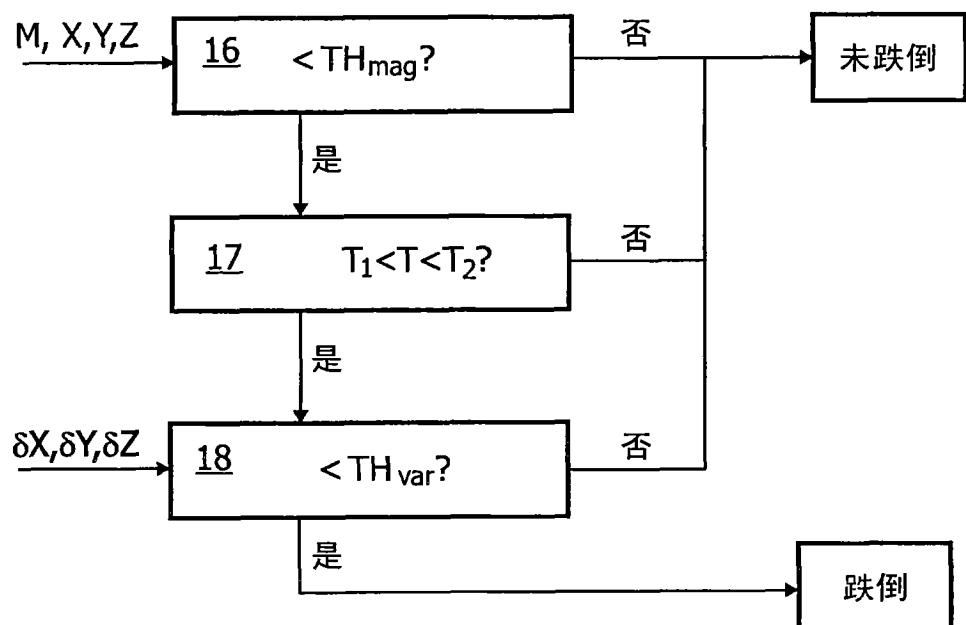


图 4

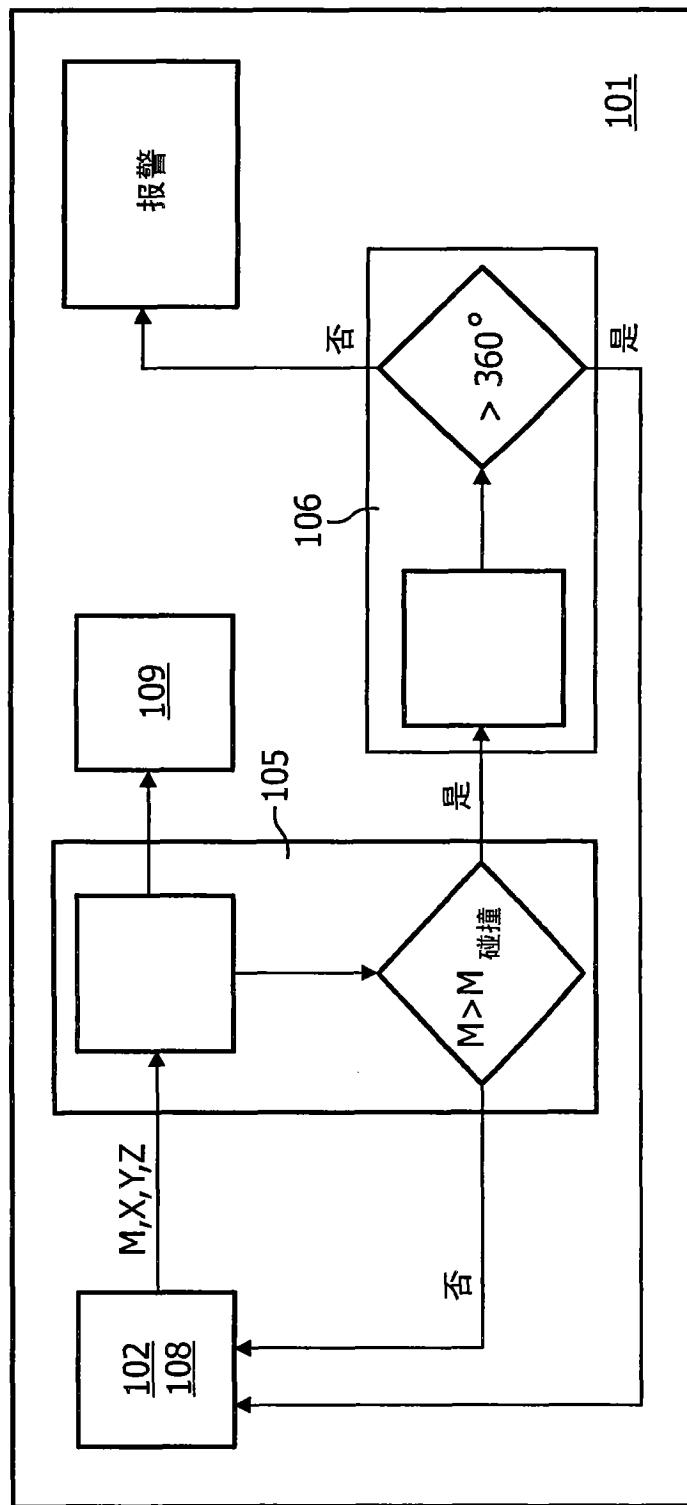


图 5

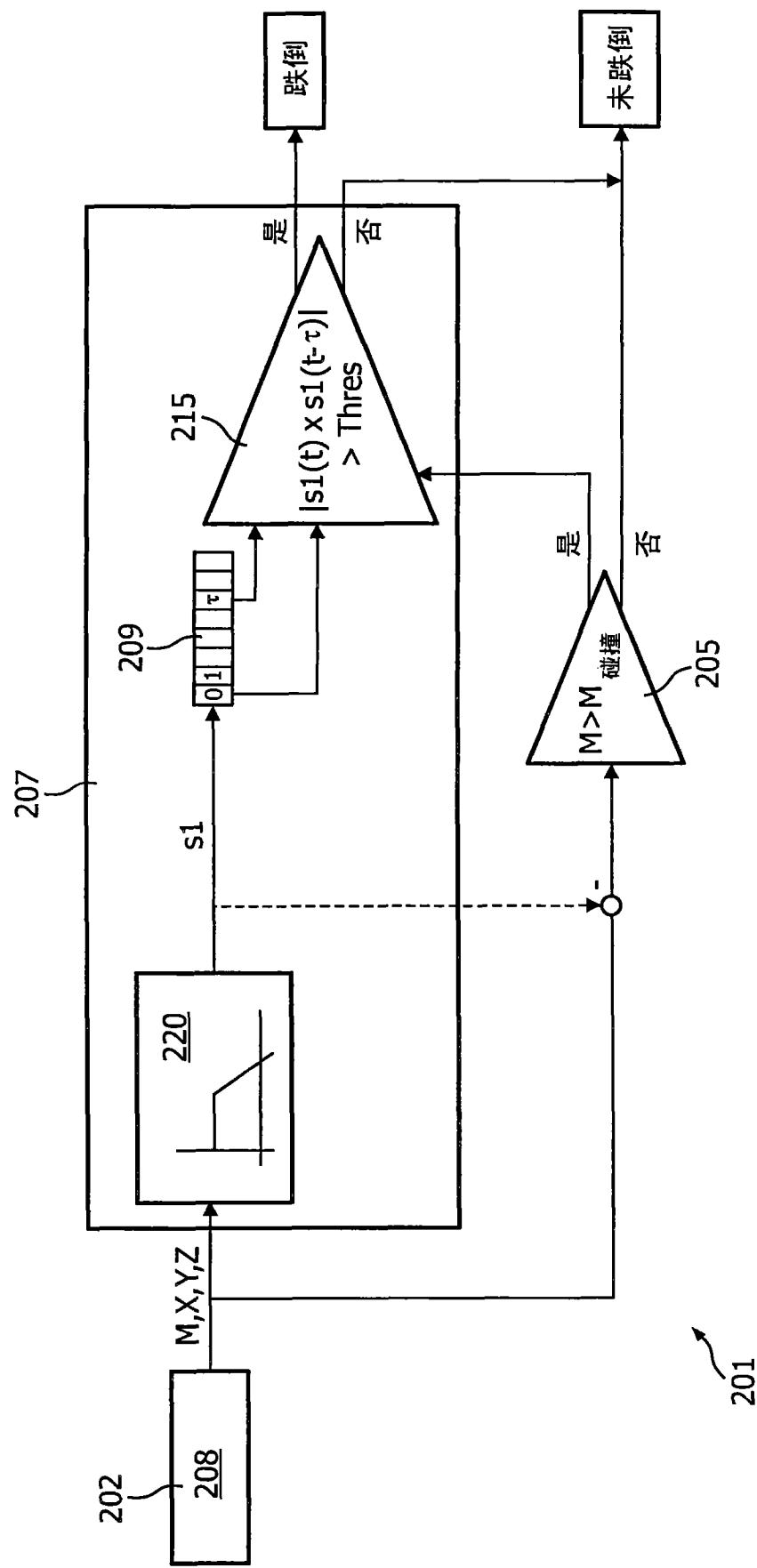


图 6