



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0708620-2 A2**

(22) Data de Depósito: 09/03/2007
(43) Data da Publicação: 07/06/2011
(RPI 2109)



* B R P I 0 7 0 8 6 2 0 A 2 *

(51) *Int.Cl.:*
A61B 5/11 2006.01
A61B 5/22 2006.01
G01C 22/00 2006.01
G06M 3/00 2006.01

(54) Título: **APARELHO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DO CORPO, MÉTODO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, E, PROGRAMA DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO**

(30) Prioridade Unionista: 14/03/2006 JP P2006-069343

(73) Titular(es): Sony Corporation

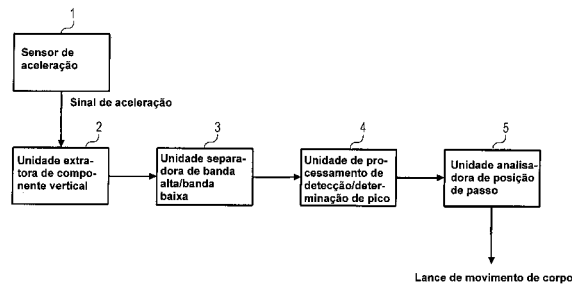
(72) Inventor(es): Akane Sano, Kenichi Makino, Motoyuki Takai

(74) Procurador(es): Monsen, Leonardos & CIA

(86) Pedido Internacional: PCT JP2007054710 de 09/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/105648 de 20/09/2007

(57) Resumo: APARELHO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, METODO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, E, PROGRAMA DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO. Meio de extração de componente vertical (2) extrai um componente vertical de um vetor de aceleração correspondendo a movimento de corpo de um usuário de um sensor de aceleração de três eixos (1), e o componente vertical é separado por uma unidade separadora de banda alta/banda baixa (3) em um componente de banda alta e um componente de banda baixa. Usando estes componentes, uma unidade de processamento de detecção/determinação de pico (4) detecta candidato de posição de pico de ação do usuário na direção vertical, identifica um candidato de posição de pico na base de uma relação de energia entre o componente de banda alta e o componente de banda baixa, executa casamento de forma de onda relativo a uma gama predeterminada incluindo cada candidato de posição de pico, por esse meio determinando uma posição de pico, e detecta movimento de corpo na base da posição de pico, e uma unidade analisadora de posição de passo (5) detecta um lance de movimento de corpo. Por conseguinte, sem ser afetado por vários tipos de ruído, se toma possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário na direção vertical, e também detectar precisamente o lance de movimento de corpo do usuário como precisado.



“APARELHO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, MÉTODO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, E, PROGRAMA DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO”

Campo Técnico

5 Esta invenção relaciona-se a, por exemplo, um aparelho, um método, e um programa que detectam e usam movimento de corpo de um usuário, tal como um pedômetro.

Fundamentos da Técnica

10 Para o propósito de auto-administração de saúde ou similar, é uma prática comum adquirir a própria quantidade de alguém de exercício usando um pedômetro. Em muitos pedômetro convencionais, a fim de contar o número dos passos precisamente, por causa de suas estruturas, restrições existem relativas à posição de montagem ou direção de montagem de unidades principais. Em recentes anos, porém, a fim de ademais melhorar
15 utilidade, aparelhos detectores de movimento de corpo nos quais é possível fixar uma posição de montagem e direção de montagem são propostos livremente. Entre eles, um método e aparelho para executar estimação de postura usando um sensor de aceleração de multi-eixo e executar detecção de movimento de corpo usando o mesmo sensor foram propostos. Isto é
20 vantajoso visto que implementação a um custo barato é possível comparado com um método de usar um sensor de ângulo ou similar para estimação de postura.

 Por exemplo, Publicação de Pedido de Patente Japonês Não Examinado Nº 2004-141669 expõe um método no qual uma aceleração é
25 detectada por uma pluralidade de sensores de movimento de corpo tendo direções de detecção mutuamente diferentes, um eixo de operação é determinado/selecionado analisando padrões de sinal dos sensores individuais, e detecção de caminhada é executada por análise de sinal do eixo de operação. Além disso, Publicação de Pedido de Patente Japonês Não

Examinado Nº 2005-140533 expõe um método no qual um sensor de aceleração tendo dois eixos ou três eixos mutuamente ortogonais é montado, uma direção de exercício de movimento de corpo é estimada de um vetor combinado de sinais de sensor de eixos individuais, e movimento de corpo é detectado analisando componentes de sinal na direção de exercício estimada.

Exposição de Invenção

Porém, de acordo com o método exposto na Publicação de Pedido de Patente Japonês Não Examinado Nº 2004-141669, como só um sensor adequado para medição é selecionado de uma pluralidade de sensores como um eixo de operação, há casos onde a direção do movimento de corpo do usuário a ser detectado (direção de exercício) não coincide com o eixo de operação selecionado, presumivelmente, existe uma possibilidade que medição precisa do número de passos é proibida sendo afetada por movimento de corpo diferente de caminhada. Além disso, de acordo com o método exposto na Publicação de Pedido de Patente Japonês Não Examinado Nº 2005-140533, como a natureza de formas de onda de sinal não é levada em conta e só a intensidade de sinal é considerada como um assunto, presumivelmente, existe uma possibilidade que movimento de corpo diferente de caminhada também seja contado.

Aqui, o movimento de corpo diferente de caminhada significa ações diferentes de ações que ocorrem na direção vertical no corpo do usuário de acordo com caminhada, e várias ações são concebíveis, tal como uma ação em um caso onde um pedômetro para medir o número dos passos do usuário é segurado por uma mão do usuário e um balanço na direção horizontal ocorre, um movimento de pêndulo que ocorre em um caso onde, por exemplo, um pedômetro para medir o número dos passos do usuário é pendurado no pescoço do usuário por uma correia suspensa.

Assim, é desejado que só movimento de corpo do usuário na direção vertical durante caminhada possa ser detectado precisamente e ser

contado sem ser afetado por movimento de corpo do usuário diferente de caminhada, de forma que seja possível medir o número dos passos do usuário precisamente. Além disso, considerando movimento de corpo do usuário em detalhes, o estado é estacionário em alguns casos, ou também há estados passageiros de um estado de movimento para um estado estacionário. Além disso, estados diferentes existem até mesmo entre estados de ação, tais como um estado de caminhada e um estado de corrida. Assim, se for possível adquirir precisamente o lance de caminhada do usuário (taxa de caminhada ou o número de passos (número de tempos) por tempo unitário), é possível adquirir precisamente o estado de ação do usuário, que serve para medir o número dos passos ademais precisamente e assim sucessivamente.

Devido ao anterior, é um objetivo desta invenção tornar possível detectar precisamente movimento de corpo (ação) de um usuário na direção vertical sem ser afetado por vários tipos de ruído, e tornar possível também detectar precisamente e usar um lance de movimento de corpo (ação) do usuário como precisado.

A fim de resolver os problemas descritos acima, um aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 1 é caracterizado pelo fato de que inclui um sensor de aceleração configurado para ser montado em um corpo de um usuário;

meio de extração de componente vertical para extrair um componente vertical de uma aceleração de uma saída de detecção do sensor de aceleração;

meio de separação para executar separação de componente do componente vertical extraído pelo meio de extração de componente vertical em um componente de banda alta e um componente de banda baixa;

meio de detecção para detectar um candidato de posição de pico na base do componente de banda baixa do componente vertical separado pelo meio de separação;

meio de identificação para identificar o candidato de posição de pico detectado pelo meio de detecção como um candidato de posição de pico em um caso onde uma relação entre energia do componente de banda baixa e energia do componente de banda alta em uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico é menos que um valor predeterminado; e

meio de detecção de movimento de corpo para detectar movimento de corpo do usuário na base do candidato de posição de pico identificado pelo meio de identificação.

10 De acordo com o aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 1, um componente vertical de movimento de corpo de um usuário é extraído pelo meio de extração de componente vertical de uma saída de detecção do sensor de aceleração. O componente vertical extraído é separado pelo meio de separação em um
15 componente de banda alta e um componente de banda baixa. O componente de banda baixa obtido por separação inclui componentes correspondendo a movimento de corpo do usuário, e é usado pelo meio de detecção para detectar um candidato de posição de pico de movimento de corpo.

Além disso, para cada gama predeterminada incluindo cada
20 candidato de posição de pico detectado, uma relação de energia do componente de banda alta para energia do componente de banda baixa é obtida. Ruído é para ser misturado provavelmente no componente de banda alta. Assim, em um caso onde a relação da energia do componente de banda alta para a energia do componente de banda baixa é menos do que um valor
25 predeterminado, o candidato de posição de pico na gama predeterminada é identificado como uma posição de pico. Reciprocamente, em um caso onde a relação da energia do componente de banda alta para a energia do componente de banda baixa é maior do que o valor predeterminado, o candidato de posição de pico na gama predeterminada é excluído de

candidatos de posição de pico. Na base dos candidatos de posição de pico identificados como acima, movimento de corpo do usuário é detectado pelo meio de detecção de movimento de corpo.

5 Por conseguinte, torna possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário na direção vertical sem ser afetado por ruído ou similar.

10 Além disso, um aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 2 deste pedido é o aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui:

15 meio de decisão para definir uma gama de um assunto de comparação e comparar formas de onda relativas a uma gama predeterminada incluindo cada candidato de posição de pico identificado pelo meio de identificação, e decidir o candidato de posição de pico como uma posição de pico em um caso onde casamento é alcançado,

em que o meio de detecção de movimento de corpo detecta movimento de corpo do usuário na base da posição de pico decidida pelo meio de decisão.

20 De acordo com o aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 2, relativo a um segmento predeterminado incluindo cada candidato de posição de pico identificado pelo meio de identificação, um segmento que serve como um par é definido e formas de onda são comparadas, e o candidato de posição de pico da referência de comparação é decidido como uma posição de pico em um caso
25 onde formas de onda em ambos os segmentos coincidem, e o candidato de posição de pico é excluído de posições de pico em um caso onde as formas de onda não coincidem.

Por conseguinte, um caso onde um pico ocorre acidentalmente devido à mistura de ruído é excluído, e só uma posição de pico

correspondendo verdadeiramente a movimento de corpo do usuário na direção vertical é extraída e identificada, de forma torne possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário.

Além disso, um aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 3 é o aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que inclui:

meio de estimação de intervalo para estimar um intervalo de passo executando análise relativa a um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de candidatos de posição de pico identificados pelo meio de identificação ou um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de posições de pico decididas pelo meio de decisão; e

meio de discriminação para discriminar pelo menos três estados de "estacionário", "caminhada/corrída", e "indefinido" como estados de ação do usuário na base do intervalo de passo estimado pelo meio de estimação de intervalo.

De acordo com o aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 3, o meio de estimação de intervalo estima o intervalo de passo dos candidatos de posição de pico identificados pelo meio de identificação (intervalo entre os candidatos de posição de pico identificados) ou o intervalo de passo das posições de pico decididas pelo meio de decisão (intervalo entre as posições de pico decididas), e na base do intervalo de passo estimado, o meio de discriminação discrimina se o estado de ação do usuário está no estado "estacionário", no estado de "caminhada/corrída", ou no estado "indefinido".

Por conseguinte, torna possível adquirir precisamente o estado de ação do usuário e controlar um dispositivo de acordo com o estado de ação do usuário, e também torna possível adquirir precisamente o intervalo de passo em um caso onde o usuário está no estado de "caminhada/corrída".

Além disso, um aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 11 é o aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

- 5 o sensor de aceleração é de um tipo de multi-eixo, e
 o meio extrator de componente vertical calcula um vetor de aceleração gravitacional de um vetor de aceleração que é uma saída de detecção do sensor de aceleração de multi-eixo, e extrai um componente vertical de uma aceleração executando cálculo usando o vetor de aceleração
 10 do sensor de aceleração de multi-eixo e o vetor de aceleração gravitacional calculado.

De acordo com o aparelho de detecção de movimento de corpo da invenção de acordo com reivindicação 11, o meio extrator de componente vertical calcula um vetor de aceleração gravitacional de uma saída de
 15 detecção (vetor de aceleração) do sensor de aceleração de multi-eixo, e extrai um componente vertical de uma aceleração executando cálculo usando a saída de detecção do sensor de aceleração de multi-eixo e o vetor de aceleração gravitacional calculado.

Por conseguinte, indiferente da maneira de montagem do
 20 sensor de aceleração de multi-eixo no corpo do usuário, torna possível extrair logicamente e precisamente um componente vertical de uma saída de detecção (vetor de aceleração) disso.

Breve Descrição dos Desenhos

Figura 1 é um diagrama de bloco para explicar uma
 25 configuração básica de um aparelho de detecção de movimento de corpo de uma concretização.

Figura 2 é um diagrama para explicar um vetor de aceleração a_n , um vetor de aceleração gravitacional g , e um componente vertical v_n do vetor de aceleração a_n em um caso onde um sensor de aceleração de três eixos

é usado.

Figura 3 é um diagrama para explicar um caso onde o componente vertical v_n do vetor de aceleração a_n é obtido em consideração de ângulos de declinação do vetor de aceleração gravitacional g no caso onde o sensor de aceleração de três eixos é usado.

Figura 4 é um diagrama para explicar um caso onde um componente horizontal h_n do vetor de aceleração a_n é obtido no caso onde o sensor de aceleração de três eixos é usado.

Figura 5 é um diagrama para explicar um vetor de aceleração a_n , um vetor de aceleração gravitacional g , e um componente vertical v_n do vetor de aceleração a_n em um caso onde um sensor de aceleração de dois eixos é usado.

Figura 6 é um diagrama para explicar um exemplo de gráficos de dados de aceleração (A), comprimento de vetor de aceleração (B), componente vertical (C), e componente horizontal (D).

Figura 7 é um gráfico mostrando diagrama de sinais de aceleração detectados em um caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo da concretização é usado estando montado em uma parte de cintura de um usuário.

Figura 8 é um diagrama mostrando gráficos de sinais de aceleração detectados em um caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo da concretização é usado sendo colocado em um bolso de calças do usuário.

Figura 9 é um diagrama para explicar um método de cálculo para obter uma relação de energia d .

Figura 10 é um diagrama mostrando gráficos em um caso onde sinais irregulares também estão misturados em um componente de banda baixa $x_l(n)$ de um componente vertical $x(n)$ de um vetor de aceleração detectado por um sensor de aceleração de multi-eixo 1.

Figura 11 é um diagrama para explicar a transição de estados de ação do usuário.

Figura 12 é um diagrama mostrando uma forma de onda em um caso onde um passo é detectado (uma posição de pico é determinada) de uma saída de detecção do sensor de aceleração 1 no aparelho de detecção de movimento de corpo mostrado na Figura 1.

Figura 13 é um diagrama para explicar um exemplo de uma equação para calcular um lance de referência P_s .

Figura 14 é um diagrama para explicar um exemplo de um caso onde uma perda de detecção de uma posição de pico ocorre em um estado de "caminhada/corrida".

Figura 15 é um diagrama de bloco para explicar um pedômetro ao qual uma concretização desta invenção é aplicada.

Figura 16 é um fluxograma para explicar um processo de extração de componente vertical.

Figura 17 é um fluxograma para explicar um processo de detectar e identificar um candidato de posição de pico.

Figura 18 é um fluxograma para explicar um processo de decidir uma posição de pico de posições identificadas como candidatas de posição de pico e contar o número de passos do usuário na base da posição de pico.

Figura 19 é um fluxograma para explicar um processo de prevenir uma perda de contagem principalmente na vizinhança do começo.

Figura 20 é um fluxograma para explicar um processo de estimação de tipo de movimento de corpo e um processo de contagem de número de passos.

Figura 21 é um fluxograma subsequente à Figura 20.

Figura 22 é um diagrama de bloco para explicar um aparelho reproduzidor acústico 200 ao qual uma concretização desta invenção é aplicada.

Figura 23 é um fluxograma para explicar um processo em um caso onde um lista de reprodução apropriada é selecionada de acordo com um estado de ação do usuário.

Melhor Modo para Efetuar a Invenção

5 Agora, com referência aos desenhos, uma concretização de um aparelho, um método, e um programa de acordo com esta invenção serão descritos.

Relativo à configuração básica de um aparelho de detecção de movimento de corpo

10 Figura 1 é um diagrama de bloco para explicar uma configuração básica de um aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização. Como mostrado na Figura 1, o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização é formado de um sensor de aceleração 1, uma unidade de extração de componente vertical 2, uma
15 unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, uma unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, e uma unidade analisadora de posição de passo 5.

O aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização é usado estando montado no corpo de um usuário. O sensor de
20 aceleração 1 detecta uma aceleração correspondendo a movimento de corpo do usuário a cada temporização constante, e provê uma saída desta detecção à unidade de extração de componente vertical 2. Da saída de detecção do sensor de aceleração 1, a unidade de extração de componente vertical 2 extrai um componente vertical de um vetor de aceleração incluindo um componente
25 correspondendo a movimento de corpo na direção vertical em um caso onde o usuário executou um exercício tal como caminhar ou correr, e provê isto à unidade separadora de banda alta/banda baixa 3. Note que conversão analógica/digital (A/D) do vetor de aceleração detectado pelo sensor de aceleração 1 pode ser executada no lado do sensor de aceleração 1, no lado da

unidade de extração de componente vertical 2, ou entre o sensor de aceleração 1 e a unidade de extração de componente vertical 2.

5 A unidade separadora de banda alta/banda baixa 3 separa o componente vertical do vetor de aceleração da unidade de extração de componente vertical 2 em um componente de banda alta, no qual ruído é para ser misturado provavelmente, e um componente de banda baixa, que inclui um componente correspondendo a movimento de corpo do usuário na direção vertical, e provê cada um destes componentes à unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4. A unidade de processamento de
10 detecção/determinação de pico 4 é uma parte que executa detecção de pico e detecção de movimento de corpo baseado em picos detectados em resposta à provisão do componente de banda alta e componente de banda baixa do componente vertical do vetor de aceleração da unidade separadora de banda alta/banda baixa.

15 Quer dizer, a unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 detecta candidato de uma posição de pico na base do componente de banda baixa do componente vertical do vetor de aceleração provido da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, e identifica a posição de pico como candidato de uma posição de pico do
20 componente vertical em um caso onde a relação de energia do componente de banda alta para energia do componente de banda baixa em uma gama predeterminada incluindo o candidato da posição de pico é menos que um valor predeterminado.

A razão para usar a relação da energia do componente de
25 banda alta para energia do componente de banda baixa como acima é que, como será descrito mais tarde, ruído é provavelmente para ser sobreposto no componente de banda alta e um pico que ocorre devido à mistura de ruído é para ser removido. Na base do candidato de posição de pico identificado como acima, é possível detectar movimento de corpo do usuário na direção

vertical com uma precisão relativamente boa. Porém, a fim de detectar movimento de corpo do usuário na direção vertical com uma precisão até melhor, a unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 do aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização também
5 executa um processo de casamento de forma de onda.

Quer dizer, para cada candidato de posição de pico identificado, a unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 fixa uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico, executa casamento com uma forma de onda em outra gama predeterminada
10 usando uma forma de onda em cada gama predeterminada que é fixada como um assunto, e determina o candidato de posição de pico incluído na forma de onda do assunto de comparação como uma posição de pico em um caso onde casamento é obtido. A razão para executar casamento como acima é que exercício periódico do usuário, tal como caminhar ou correr é para ser
15 detectado confiantemente, e que se as formas de onda de gamas predeterminadas incluindo candidatos de posição de pico diferentes forem semelhantes, torna possível determinar que candidatos de posição de pico estão ocorrendo periodicamente.

A posição de pico determinada como acima é absolutamente
20 uma posição de pico que ocorreu correspondentemente a movimento de corpo do usuário na direção vertical, de forma que torna possível detectar movimento de corpo do usuário na direção vertical precisamente de acordo com a posição de pico determinada. Além disso, no aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização, a unidade analisadora de posição de
25 passo 5 é provida.

A unidade analisadora de posição de passo 5 é configurada para receber provisão de informação indicando a posição de pico determinada pela unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 e analisá-la de forma que um lance de movimento de corpo de caminhar ou correr pelo

usuário (um tempo de caminhar ou correr) possa ser detectado. Além disso, como será descrito mais tarde em detalhes, é permitido executar controle em modos diferentes de acordo com o lance de movimento de corpo detectado do usuário.

5 Note que o termo "lance" significa a taxa ou o número de vezes em um caso onde a mesma coisa é repetida ou algo é executado a intervalos regulares. Assim, o termo "lance de movimento de corpo" significa a taxa ou o número de vezes de movimento de corpo, e significa a taxa de caminhar (taxa de caminhada) ou o número de passos por tempo unitário
10 quando o movimento de corpo é caminhada.

 Além disso, nesta especificação, como um termo sinônimo com "lance", em alguns casos, o termo "ritmo" também é usado. O termo "ritmo" originalmente significa uma taxa especificada em uma contagem musical para desempenho de um pedaço de música (uma taxa de progresso do
15 pedaço de música). Assim, quando um "ritmo de reprodução" de um pedaço de música é mencionado, é uma taxa a um momento de tocar dados de música, e significa o número de batidas por minuto (BPM: Batidas Por Minuto).

 Além disso, quando um "ritmo de movimento de corpo (tempo
20 de ação)" do usuário é mencionado, é uma taxa de movimento de corpo (ação), e significa o número de unidades (uma ação (movimento de corpo)) de ação mínima contável do usuário por minuto, por exemplo, o número dos passos por minuto em um caso onde o movimento de corpo (ação) do usuário é caminhar ou correr, ou o número de vezes de saltar por minuto de um caso
25 onde a ação é saltar. Como acima, o termo "lance" e o termo "ritmo" usado relativo a movimento de corpo (ação) do usuário é usado como termos substancialmente sinônimos nesta especificação.

Relativo a funções e operações de partes individuais do aparelho de detecção de movimento de corpo

As funções e operações de partes individuais constituindo o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização serão descritas abaixo em mais detalhe.

Relativo ao sensor de aceleração 1

5 Primeiro, o sensor de aceleração 1 será descrito. O aparelho de detecção de movimento de corpo desta invenção torna possível detectar precisamente movimento de corpo na direção vertical correspondendo a caminhada ou corrida do usuário na base de uma saída de detecção do sensor de aceleração 1 configurado para ser montado no corpo do usuário. Como o
10 sensor de aceleração 1, é possível usar tipo de um eixo (eixo único), ou tipo de multi-eixo tal como tipo de dois eixos ou tipo de três eixos.

Em um caso onde um sensor de aceleração de um eixo é usado como o sensor de aceleração 1, a fim de habilitar detecção de movimento de corpo do usuário na direção vertical, um certo grau de restrição é imposto
15 relativo à posição de montagem e direção de montagem. Existe uma possibilidade que um efeito em uma direção diferente da direção vertical seja exercido dependendo da posição de montagem, por exemplo, em um caso onde um sensor de aceleração de um eixo está montado em um braço, perna ou similar, é concebível que um efeito de balanço do braço ou perna seja
20 exercido.

Assim, no caso onde o sensor de aceleração de um eixo é usado como o sensor de aceleração 1, a fim de detectar tão precisamente quanto possível movimento de corpo na direção vertical correspondendo a caminhada ou corrida do usuário, por exemplo, uma restrição ocorre que o
25 sensor de aceleração de um eixo deve ser montado em uma parte de cintura do usuário de forma que a direção de detecção de aceleração se torne a direção vertical. Porém, em um caso onde tal restrição é observada, uma saída de detecção do sensor de aceleração de um eixo pode ser usada como um componente vertical de aceleração. Neste caso, o próprio sensor de aceleração

de um eixo tem a função como a unidade de extração de componente vertical 2.

Em contraste, usando um sensor de aceleração de dois eixos ou três eixos constituído por eixos mutuamente ortogonais como o sensor de aceleração 1, torna possível dar flexibilidade à posição de montagem e direção de montagem do sensor de aceleração 1. Porém, em um caso onde um sensor de aceleração de multi-eixo é usado como o sensor de aceleração 1, torna necessário extrair um componente vertical de saídas de detecção de multi-eixo. No aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização, por exemplo, um sensor de aceleração de três eixos é usado como o sensor de aceleração 1. Assim, a unidade de extração de componente vertical 2 é provida em um estágio subsequente do sensor de aceleração 1.

Relativo à unidade de extração de componente vertical 2

A unidade de extração de componente vertical 2 executa processamento para (1) estimar, usando uma saída de detecção do sensor de aceleração de multi-eixo 1, um vetor de aceleração gravitacional em um campo gravitacional disso, e (2) na base do resultado da estimação de vetor de aceleração gravitacional, extrair um componente de sinal na direção vertical da mesma saída de detecção do sensor de aceleração 1.

Extraindo um componente vertical usando compreensivamente saídas de detecção considerando todos os eixos do sensor de aceleração de multi-eixo 1 acima, não é necessário estimar um eixo de operação, de forma que torna possível detectar precisamente um exercício do usuário na direção vertical sem ser afetado pela posição de montagem e direção de montagem do sensor de aceleração 1 relativo ao usuário.

Aqui, um caso onde um sensor de aceleração de três eixos é usado como o sensor de aceleração 1 será descrito especificamente. Suponha que o sensor de aceleração 1 tem três eixos de um eixo X, um eixo Y e um eixo Z, e que um vetor de aceleração a_n em um certo momento n , obtido do

sensor de aceleração 1, é expresso por a_{xn} (componente de eixo X), a_{yn} (componente de eixo Y), e a_{zn} (componente de eixo Z), como mostrado na equação (1-1) na Figura 2. Um vetor de aceleração gravitacional g é estimado do vetor de aceleração (seqüência de dados de vetor de aceleração) an mostrado na equação (1-1) na Figura 2, e movimento de corpo também é detectado.

Especificamente, relativo à estimação do vetor de aceleração gravitacional g , para ser mais simples, existe um método no qual valores médios móveis dos eixos individuais do vetor de aceleração an são calculados, e um vetor médio disso é usado como o vetor de aceleração gravitacional g . Neste caso, a fim de reduzir efeitos de componentes de sinal atribuíveis a movimento de corpo, é desejado que o cálculo de médias móveis seja executado usando um segmento suficientemente longo. Além disso, um método pode ser usado no qual o vetor de aceleração gravitacional g é calculado analisando os valores dos eixos individuais do vetor de aceleração an usando o método de mínimos quadrados ou similar.

Deixe o resultado de estimar o vetor de aceleração gravitacional g usando o vetor de aceleração an ser expresso por g_x (componente de eixo X), g_y (componente de eixo Y), e g_z (componente de eixo Z), como mostrado na equação (1-2) na Figura 2. Neste caso, o componente vertical v_n do vetor de aceleração an pode ser obtido por cálculo mostrado na equação (1-3) na Figura 2. Quer dizer, como mostrado na equação (1-3) na Figura 2, o componente vertical v_n do vetor de aceleração an pode ser obtido dividindo o produto do produto interno do vetor de aceleração gravitacional g e do vetor de aceleração an pelo valor absoluto (magnitude) do vetor de aceleração gravitacional g .

Como acima, é possível obter precisamente o componente vertical v_n mais por cálculo do vetor de aceleração an detectado pelo sensor de aceleração de três eixos 1 e pelo vetor de aceleração gravitacional g obtido

do vetor de aceleração. Quer dizer, esta invenção é feita na base de uma concepção que é possível detectar precisamente movimento de corpo de um usuário na direção vertical usando compreensivamente saídas de detecção do sensor de aceleração de três eixos 1 e separando só um componente vertical disto por cálculo numérico.

Além disso, cálculo semelhante também pode ser executado obtendo ângulos de declinação do vetor de aceleração gravitacional g em um espaço tridimensional e girando o vetor de aceleração a_n . Quer dizer, quando ângulos de declinação θ e ϕ relativos ao vetor de aceleração gravitacional g são como mostrado em (2-1) e (2-2) na Figura 3, a'_{xn} calculado por equação (2-3) na Figura 3 é um componente vertical do vetor de aceleração a_n , e a'_{xn} coincide com o componente vertical v_n . Além disso, o produto interno do vetor a'_{yn} e do vetor a'_{zn} é a projeção de ortogonal do vetor de aceleração a_n sobre um plano para qual o vetor de aceleração gravitacional g é um vetor normal.

Quer dizer, desde que é possível executar separação de componente do vetor de aceleração a_n obtido por saídas de detecção do sensor de aceleração de três eixos 1 em um componente vertical e um componente horizontal, também é possível detectar movimento de corpo na direção horizontal analisando o componente horizontal como também o componente vertical. Especificamente, o comprimento h_n do vetor horizontal pode ser obtido por equação (3-1) na Figura 4 ou equação (3-2) na Figura 4.

Em um caso onde uma equação de cálculo é usada na qual ângulos de declinação do vetor de aceleração gravitacional são considerados como acima, é possível obter relativamente simplesmente e também precisamente movimento de corpo do usuário na direção vertical e na direção horizontal.

Note que embora a descrição tenha sido dada aqui relativa a um caso onde o sensor de aceleração de três eixos 1 é usado como um

exemplo, não há nenhuma limitação a isso. O conceito básico desta invenção pode ser aplicado a um caso onde um sensor de aceleração de dois eixos é usado semelhantemente ao caso onde um sensor de aceleração de três eixos é usado.

5 Quer dizer, deixando o vetor de aceleração a_n e o vetor de aceleração gravitacional g detectado pelo sensor de aceleração de dois eixos ser expresso como equação (4-1) (vetor de aceleração) na Figura 5 e equação (4-2) (vetor de aceleração gravitacional) na Figura 5, semelhantemente para o caso onde um sensor de aceleração de três eixos é usado, é possível calcular
10 um componente vertical de acordo com a equação (1-3) na Figura 2.

Além disso, deixando o ângulo de declinação θ do vetor de aceleração gravitacional g ser expresso como mostrado na equação (4-3) na Figura 5, é possível executar separação de componente do vetor de aceleração a_n em um componente vertical a'_{xn} disso e um componente horizontal a'_{yn} perpendicular a ele de acordo com a equação (4-4) na Figura 5, e a'_{xn}
15 coincide com o componente vertical v_n .

Como acima, de acordo com as equações mostradas na Figura 5 e equação (1-3) mostrada na Figura 2, até mesmo no caso onde o sensor de aceleração de dois eixos é usado, é possível detectar precisamente movimento
20 de corpo do usuário na direção vertical. Além disso, no caso onde o ângulo de declinação θ do vetor de aceleração gravitacional g é levado em conta, também torna possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário na direção horizontal.

Figura 6 mostra, na forma de gráficos, dados de aceleração
25 obtidos e dados obtidos em um caso onde os dados de aceleração estão separados em componentes de acordo com o conceito básico desta invenção descrito acima em um caso onde dados de aceleração são obtidos durante quatro segundos a uma frequência de amostragem de 50 Hz por um sensor de aceleração de três eixos configurado para ser montado em um usuário

enquanto o usuário está executando um exercício tal como caminhar. Na Figura 6, o eixo horizontal é tempo (milissegundos), e o eixo vertical é aceleração gravitacional (G). Além disso, também na Figura 7, Figura 8, Figura 10, Figura 12, e Figura 14 que serão descritas mais tarde, o eixo horizontal é tempo (milissegundos), e o eixo vertical é aceleração gravitacional (G).

Quer dizer, Figura 6A é um gráfico de dados de aceleração do sensor de aceleração de três eixos, Figura 6B é um gráfico do comprimento (magnitude) de vetor de aceleração calculado de dados de aceleração dos três eixos, e Figura 6C é um gráfico de um componente vertical obtido por cálculo dos dados de aceleração dos três eixos pelo método descrito usando as Figuras 2 a 4. Além disso, Figura 6D é um gráfico de um componente horizontal obtido por cálculo dos dados de aceleração dos três eixos pelo método descrito usando as Figuras 2 a 4.

Além disso, os gráficos mostrados na Figura 6 mostram um caso onde, a um momento de detecção de dados de aceleração, enquanto o usuário está executando um exercício principalmente na direção vertical, um exercício na direção horizontal ocorre a uma 80ª amostra aproximadamente, uma 100ª amostra aproximadamente, e uma 170ª amostra, e isto existe como um componente de ruído.

Porém, desde que o componente de ruído existe no componente horizontal, executando separação de componente dos dados de aceleração (vetor de aceleração) no componente vertical (Figura 6C) e o componente horizontal (Figura 6D) de acordo com o conceito básico desta invenção, é possível remover ruído do componente horizontal do componente vertical, de forma que seja compreendido que movimento de corpo do usuário na direção vertical pode ser detectado precisamente. Obviamente, desde que ruído do componente vertical pode ser removido do componente horizontal, é possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário na direção

horizontal. Quer dizer, pela separação de componente, um efeito de redução de ruído é alcançado.

Note que embora o componente vertical do vetor de aceleração seja extraído por cálculo aqui, não há nenhuma limitação a isso. Por exemplo, o comprimento (magnitude) do vetor de aceleração de cada eixo pode ser obtido por cálculo, e um vetor de aceleração com um comprimento mais longo pode ser usado como um componente vertical do vetor de aceleração refletindo melhor o movimento de corpo do usuário, ou uma saída de detecção (vetor de aceleração) de um eixo estimado como refletindo melhor o movimento de corpo do usuário pode ser usado como um componente vertical.

Porém, no caso onde um componente vertical é identificado de acordo com o comprimento de um vetor de aceleração ou um eixo correspondendo a um componente vertical é estimado, há casos onde um certo grau de restrição é imposto na posição de montagem e direção de montagem do sensor de aceleração de multi-eixo 1 relativo ao usuário. Porém, no caso onde um componente vertical do vetor de aceleração é extraído por cálculo, como descrito mais cedo, restrições não são impostas relativas à posição de montagem ou direção de montagem do sensor de aceleração de multi-eixo 1 relativo ao usuário, de forma que flexibilidade de montagem do aparelho de detecção de movimento de corpo relativo a um usuário pode ser melhorada.

Relativo à unidade separadora de banda alta/banda baixa 3

A seguir, a função e operação da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3 serão descritas. Como descrito mais cedo, deixe o componente vertical v_n extraído pela unidade de extração de componente vertical 2 ser denotado por uma função $x(n)$. O componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração da unidade de extração de componente vertical 2 é provido à unidade separadora de banda alta/banda baixa 3. A unidade separadora de banda alta/banda baixa 3 é configurada para ser, por exemplo,

um LPF (Filtro Passa-Baixa), e executa divisão de banda do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração para separá-lo em um componente de banda alta $x_h(n)$ e um componente de banda baixa $x_l(n)$.

Neste momento, é desejado que as características da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3 como um LPF sejam tais que 2 Hz a 4Hz, que inclui componentes principais de aceleração caminhando ou correndo, sejam uma banda passante. Além disso, é desejado que o componente vertical $x(n)$, o componente de banda alta $x_h(n)$, e o componente de banda baixa $x_l(n)$ estejam em fase.

A razão para separar o componente vertical $x(n)$ no componente de banda alta $x_h(n)$ e o componente de banda baixa $x_l(n)$ como acima é que, como descrito mais cedo, o componente de banda baixa $x_l(n)$ inclui uma quantidade grande de componentes que mudam de acordo com movimento de corpo do usuário na direção vertical, e componentes de ruído são misturados provavelmente no componente de banda alta $x_h(n)$. O componente de banda alta $x_h(n)$ e o componente de banda baixa $x_l(n)$ separados pela unidade separadora de banda alta/banda baixa 3 como acima são providos à unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4. Relativo à função e operação da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4

Como descrito mais cedo, a unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 detecta um candidato de posição de pico na base do componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração, e identifica um candidato de posição de pico na base de uma relação de componente entre energia do componente de banda baixa e energia do componente de banda alta para cada gama predeterminada usando o candidato de posição de pico como uma referência.

A razão para usar a relação de componente entre a energia do componente de banda baixa e a energia do componente de banda alta como

acima será descrita. Figuras 7 e 8 são diagramas mostrando gráficos de sinais de aceleração em bandas individuais detectadas em casos onde o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização está montado a partes diferentes do usuário. Especificamente, Figura 7 é um diagrama mostrando um gráfico de sinais de aceleração detectados em um caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização é usado sendo fixado em uma parte de cintura do usuário. Figura 8 é um diagrama mostrando um gráfico de sinais de aceleração detectados em um caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização é usado sendo colocado em um bolso de calças do usuário.

Em ambas as Figuras 7 e 8, sinais de aceleração detectados pelo sensor de aceleração de três eixos 1 enquanto o usuário está caminhando são medidos amostrando a 50 Hz. Além disso, em ambas as Figuras 7 e 8, o gráfico na fila superior (Figura 7A, Figura 8A) é o componente vertical extraído do vetor de aceleração de três eixos, isto é, $x(n)$, o gráfico mostrado na fila mediana (Figura 7B, Figura 8B) é o componente de banda baixa $x_l(n)$ no componente vertical $x(n)$, e o gráfico na fila inferior (Figura 7C, Figura 8C) é o componente de banda alta $x_h(n)$ do componente vertical $x(n)$.

Além disso, como mostrado na Figura 7, em uma saída de detecção do sensor de aceleração de três eixos 1 no caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização está montado na parte de cintura do usuário, mudanças periódicas estão concentradas no componente de banda baixa $x_l(n)$ mostrado na fila mediana, e mudanças periódicas estão quase ausentes no componente de banda alta $x_h(n)$ mostrado na fila inferior, de forma que é compreendido que substancialmente só componentes correspondendo a movimentos para cima e para baixo atribuíveis a caminhar são medidos como sinais de aceleração.

Assim, no caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização é usado estando montado na parte de cintura do

usuário, é possível medir eficientemente só componentes correspondendo a movimento de corpo do usuário na direção vertical. Assim, é possível detectar movimento de corpo como caminhar ou correr por verificação de limiar ou detecção de pico da forma de onda do componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$, e executando processamento de contagem nisto, é possível implementar um pedômetro que é capaz de contar o número dos passos precisamente.

Simetricamente a isto, como mostrado na Figura 8, em uma saída de detecção do sensor de aceleração de três eixos 1 no caso onde o aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização é usado sendo colocado em um bolso do usuário, componentes de vibração (componentes de ruído), diferentes de movimentos periódicos para cima e para baixo correspondendo a caminhar, ocorrem ambos no componente de banda baixa $x_l(n)$ mostrado na fila mediana e no componente de banda alta $x_h(n)$ mostrado na fila inferior, particularmente, uma grande quantidade ocorre no componente de banda alta $x_h(n)$ mostrado na fila inferior. Assim, até mesmo se verificação de limiar ou detecção de pico for executada relativa ao componente de banda baixa, a possibilidade de detectar incorretamente um componente de ruído, diferente de caminhar, como movimento de corpo, é muito alta.

A propósito, como mostrado em um segmento A, um segmento B e um segmento C na Figura 8, no gráfico do componente de banda baixa mostrado na fila mediana, em um caso onde um segmento (região) onde a amplitude está abaixo de 1G é segmentado, formas de onda correspondendo a movimentos para cima e para baixo atribuíveis a caminhar, que é um exercício periódico, são formas de onda do segmento A e do segmento B, e a forma de onda do segmento C não é periódica, e é uma vibração diferente de caminhar, isto é, um componente de ruído. Além disso, como mostrado na Figura 8, ao invés do segmento A e do segmento B, no

qual o componente de banda alta é fraco, no segmento C, o componente de banda alta é forte.

5 Como acima, componentes correspondendo a movimentos para cima e para baixo do usuário atribuíveis a caminhar, que é um exercício periódico, aparecem notavelmente no componente de banda baixa $x_l(n)$, e componentes de ruído aparecem notavelmente no componente de banda alta $x_h(n)$. Assim, porque cada candidato de posição de pico detectado como um candidato de posição de pico, uma região predeterminada tendo uma largura de tempo predeterminada antes e depois do candidato de posição de pico, é
10 definida.

Por exemplo, a gama predeterminada pode ser definida como M segmentos de amostra antes e M segmentos de amostra depois do candidato de posição de pico (M é uma inteiro maior que ou igual a 1). Note que nas Figuras 7 e 8, um valor mínimo, que é relativamente não suscetível ao
15 efeito de ruído, é detectado como um valor de pico, e uma posição de pico correspondendo a isso é identificada como um candidato de posição de pico.

Em cada gama predeterminada incluindo um candidato de posição de pico, definido como acima, uma relação d entre energia do componente de banda baixa $x_l(n)$ e energia do componente de banda alta $x_h(n)$ é obtida. Figura 9 é um diagrama para explicar um método de cálculo para obter a relação de energia d. A energia e_h do componente de banda alta $x_h(n)$ do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração pode ser obtida por equação (5-1) na Figura 9. Além disso, a energia do componente de banda
20 baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração pode ser obtida por equação (5-2) na Figura 9.
25

Note que na equação (5-1) e equação (5-2) na Figura 9, n_1 denota a posição de começo de uma região predeterminada incluindo um candidato de posição de pico, e n_2 denota a posição de fim da região predeterminada incluindo o candidato de posição de pico. Além disso, a

relação de energia d entre a energia do componente de banda baixa $x_l(n)$ e a energia do componente de banda alta $x_h(n)$ pode ser obtida por equação (5-3) na Figura 9.

5 Em um caso onde a relação de energia d obtida como acima é menos que um limiar predeterminado D , a posição detectada como o candidato de posição de pico incluído na região predeterminada é identificada como um candidato de posição de pico. Quer dizer, a posição identificada como o candidato de posição de pico é determinada como formando um pico correspondendo a um exercício do usuário tal como caminhar ou correr, e é
10 possível contar precisamente o número dos passos do usuário que executou caminhada ou corrida contando os candidatos de posição de pico. Quer dizer, definindo um certo limiar D e determinando como caminhar ou correr só quando a relação de energia $d < D$, o efeito de componentes de vibração, diferente de caminhar ou correr, pode ser excluído.

15 Porém, como descrito acima, a fim de detectar mudanças correspondendo a movimento de corpo do usuário, tal como caminhar ou correr, até mesmo se um candidato de posição de pico for detectado na base do componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração e um candidato de posição de pico for identificado em atenção à
20 relação de energia d entre a energia e_l do componente de banda baixa $x_l(n)$ e a energia e_h do componente de banda alta $x_h(n)$, ainda, presumivelmente, há casos onde determinação incorreta ocorre.

Figura 10 é um diagrama mostrando gráficos (formas de onda irregulares) em um caso onde sinais irregulares também estão misturados no
25 componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$ detectado pelo sensor de aceleração de multi-eixo 1 devido ao efeito diferente de movimento de corpo periódico do usuário, tal como caminhar ou correr. No caso onde uma operação irregular, diferente de caminhar ou correr, ocorre, por exemplo, cair, queda do aparelho de detecção de movimento de corpo, ou salto do

usuário, como representado no gráfico do componente de banda baixa $x_l(n)$ na fila mediana da Figura 10, há casos onde componentes do movimento de corpo irregular, diferente de caminhar ou correr, estão misturados.

5 No caso onde componentes de movimento de corpo irregular diferentes de caminhar ou correr estão misturados no componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração como acima, presumivelmente, há casos onde é determinado incorretamente como movimento de corpo correspondendo a caminhar ou correr, que é um exercício periódico. Assim, comparação sobre se formas de onda de sinal são
10 semelhantes em certos segmentos é executada, e é determinado como caminhada ou corrida se as formas de onda forem semelhantes.

Por exemplo, na Figura 10, que são gráficos de um exemplo do componente vertical $x(n)$ (Figura 10A), o componente de banda baixa $x_l(n)$ (Figura 10B), e o componente de banda alta $x_h(n)$ (Figura 10C) do vetor de
15 aceleração em um caso onde uma ação irregular diferente de caminhar ou correr ocorre, é possível detectar uma posição A, uma posição B e uma posição C como posições de pico. Relativo a estas posições, pares são formados entre a posição A e a posição B, a posição B e a posição C, e a posição A e a posição C, e casamento é obtido relativo às formas de onda ao
20 redor das posições de pico individuais entre o par.

Neste caso, como é aparente da Figura 10, relativo à forma de onda na redondeza da posição A, a forma de onda na vizinhança da posição B, e a forma de onda na vizinhança da posição C, não há nenhum par mutuamente semelhante, de forma que isto é determinado como sendo
25 diferente de movimento de corpo de caminhar ou correr, que é um movimento de corpo periódico, e é possível determinar como não sendo movimento de corpo a um momento de caminhar ou correr.

Em contraste, como mostrado nas Figuras 7 e 8, no caso onde o componente vertical $x(n)$, o componente de banda baixa $x_l(n)$, e o

componente de banda alta $x_h(n)$ do vetor de aceleração são detectados, em um caso onde um segmento predeterminado incluindo uma posição identificada como um candidato de posição de pico é fixado, e um processo casamento com formas de onda em um ou mais períodos precedentes ou seguintes predeterminados é executado, uma posição identificada como um candidato de posição de pico desde que um caso semelhante existe pode ser determinada como uma posição de pico formal.

Especificamente, no caso do exemplo mostrado na Figura 7, a fim de reduzir o efeito de ruído, causando um valor mínimo a ser tomado como um valor de pico no gráfico do componente de banda baixa $x_l(n)$, como o grau de semelhança entre as formas de onda incluindo posições de pico adjacentes é muito alto, é possível determinar uma posição identificada como cada candidato de posição de pico como uma posição de pico. Além disso, também no caso do exemplo mostrado na Figura 8, a fim de reduzir o efeito de ruído, um valor mínimo é feito ser tomado como um valor de pico no gráfico componente de banda baixa do $x_l(n)$. Assim, o grau de semelhança entre formas de onda incluindo todas as outras posições de pico entre candidatos de posição de pico é muito alto, de forma que uma posição identificada como cada candidato de posição de pico pode ser determinada como uma posição de pico.

Como acima, um candidato de posição de pico é identificado, outro segmento predeterminado com o qual comparação é executada (casamento é obtido) relativo a uma forma de onda em um segmento predeterminado incluindo o candidato é definido, e em um caso onde as formas de onda em ambos os períodos predeterminados são comparadas entre si e o grau de semelhança é alto, o candidato de posição de pico incluído no segmento predeterminado do assunto de comparação pode ser determinado como uma posição de pico.

Outro segmento predeterminado que é comparado pode ser

definido como apropriado, por exemplo, entre segmentos predeterminados adjacentes, entre segmentos predeterminados com um segmento entre eles, ou entre segmentos predeterminados com dois segmentos entre eles. Alternativamente, é possível fixar arbitrariamente as posições ou número de segmentos predeterminados que são comparados, como tal executar comparação com um ou mais segmentos predeterminados precedentes (na direção passada) e determinar o candidato de posição de pico no segmento predeterminado da referência de comparação como uma posição de pico em um caso onde o grau de semelhança com dois ou mais segmentos predeterminados é alto.

Como acima, no aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização, a unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 não só detecta um candidato de posição de pico de informação (forma de onda) do componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$ do vetor de aceleração e identifica um candidato de posição de pico em atenção à relação de energia d entre a energia e_l do componente de banda baixa e a energia e_h do componente de banda alta, mas também executa comparação de forma de onda (casamento de forma de onda) entre segmentos predeterminados incluindo candidatos de posição de pico, de forma que torna possível detectar precisamente movimento de corpo periódico do usuário, tal como caminhar ou correr.

Além disso, desde que é possível detectar precisamente movimento de corpo periódico do usuário, tal como caminhar ou correr, contando movimento de corpo do usuário, é possível implementar um pedômetro que é capaz de contar precisamente o número de passos do usuário a um momento de caminhar ou correr. Note que, se a precisão puder ser degradada ligeiramente, como descrito mais cedo, o número de passos pode ser contado de acordo com candidatos de posição de pico identificados usando a relação de energia d sem executar casamento de forma de onda.

Função e operação da unidade analisadora de posição de passo 5

Pelas funções das partes individuais do sensor de aceleração 1, da unidade de extração de componente vertical 2, da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, e da unidade de processamento de detecção/determinação de pico que 4 descrita acima, na base de saídas de detecção do sensor de aceleração 1 montado no corpo do usuário, é possível detectar precisamente movimento de corpo na direção vertical, que ocorre no corpo do usuário correspondentemente a caminhar ou correr pelo usuário. Contando o movimento de corpo detectado como acima, também torna possível contar precisamente o número de passos do usuário.

Porém, o estado de ação do usuário não é sempre um estado de ação no qual caminhada ou corrida está sendo executada, e em alguns casos, o estado é um estado estacionário, ou um estado indefinido que não é um estado estacionário ou um estado de ação. Assim, se for possível adquirir precisamente o estado de ação do usuário, em um caso onde movimento de corpo é contado, tal como contar o número de passos, é possível ademais prevenir uma operação incorreta tal como contar movimento de corpo até mesmo em um estado estacionário ou um estado indefinido.

Além disso, se for compreendido que o usuário está em um estado de ação onde um exercício tal como caminhar ou correr está sendo executado, torna possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário durante o período, adquirir precisamente o lance de movimento de corpo (ritmo de movimento de corpo) do usuário, e controlar um dispositivo de acordo com o lance transitivo do usuário. Assim, no aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização, a unidade analisadora de posição de passo 5 é configurada para ser capaz de receber provisão de informação indicando uma posição de pico determinada pela unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, e baseado nisto, adquirir precisamente o estado de ação do usuário, e também ser capaz de detectar precisamente o

lance de movimento de corpo em um caso onde o usuário está executando um exercício periódico, tal como caminhar ou correr.

Figura 11 é um diagrama para explicar transição do estado de ação do usuário. Como mostrado na Figura 11, é assumido que três estados de "indefinido", "estacionário", e "caminhada/corrída" existem como estados de ação do usuário. Aqui, "estacionário" significa um estado onde movimento do corpo do usuário está completamente ausente, "caminhada/corrída" significa um estado onde o usuário está caminhando ou está correndo, e "indefinido" significa um estado diferente dos dois estados anteriores. Além disso, é assumido que um estado inicial começa de "indefinido". Além disso, é assumido que, no caso de uma transição do estado "estacionário" para o estado de "caminhada/corrída" ou no caso de uma transição do estado de "caminhada/corrída" para o estado "estacionário", a transição ocorre pelo estado "indefinido".

Além disso, na unidade analisadora de posição de passo 5, na base de informação de posição de pico determinada da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, primeiro, o estado de ação do usuário é determinado. Aqui, na Figura 11, discriminando os estados de transição individuais de transição A para transição G, o estado de ação do usuário é discriminado.

Quer dizer, transições de estado de ação são adquiridas em detalhes também considerando um caso onde cada estado é mantido como um estado de transição, tal como um caso onde o estado "indefinido" é mantido é uma transição A, um caso onde uma mudança do estado "indefinido" para o estado de "caminhada/corrída" ocorre é uma transição B, um caso onde o estado de "caminhada/corrída" é mantido é uma transição C, um caso onde uma transição do estado de "caminhada/corrída" para o estado "indefinido" ocorre é uma transição D, um caso onde uma transição do estado "indefinido" para o estado "estacionário" ocorre é uma transição E, um caso onde uma

transição do estado "estacionário" para o estado "indefinido" ocorre é uma transição F, e um caso onde o estado "estacionário" é mantido é uma transição G.

5 A seguir, condições para discriminação dos estados de transição individuais serão descritas. Como descrito mais cedo, a discriminação dos estados de transição individuais é executada na base de uma posição de pico determinada pela unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4. Em seguida, a "posição de pico determinada" também é chamada um "passo detectado". Quer dizer, a posição
10 de pico determinada pela unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 é considerada como um passo correspondendo a um movimento de corpo do usuário na direção vertical. Além disso, (1) se nem a condição para o caso da transição B ou a condição para o caso da transição C, descrito abaixo, for satisfeita, o estado é
15 determinado como a transição A, e o estado "indefinido" é mantido.

Além disso, (2) depois que é determinado que o estado é a transição A, relativo a mais novos de passos detectados (posições de pico determinadas), intervalos de tempo entre passos adjacentes são calculados. Em um caso onde os intervalos de tempo são constantes, é determinado que o
20 estado é a transição B, em que uma transição do estado "indefinido" para o estado de "caminhada/corrída" ocorre, e que o estado de ação do usuário se tornou o estado de "caminhada/corrída". Neste caso, um intervalo de passo de referência (lance de referência P_s) é calculado previamente. Como será descrito mais tarde, o intervalo de passo de referência é um valor médio de
25 intervalos entre passos usados para determinar que o estado é a transição B.

Além disso, (3) depois que é determinado que o estado é a transição B ou a transição C, em um caso onde o intervalo entre um passo detectado recentemente e um passo imediatamente precedendo está dentro de uma certa gama de erro relativa a um múltiplo inteiro do intervalo de passo de

referência (lance de referência P_s), o estado é determinado como a transição C, e o estado de "caminhada/corrida" é mantido. Por outro lado, depois que o estado é determinado como a transição B ou a transição C, em um caso onde a condição para determinar o estado como (3) a transição C descrita acima não está satisfeita, é determinado que o estado é a transição D e que o estado de ação do usuário é o estado "indefinido".

Além disso, (5) depois que o estado é determinado como a transição A ou a transição D, em um caso onde nenhum passo é detectado (nenhuma posição de pico é determinada) durante um período predeterminado ou mais tempo, é determinado que o estado é a transição E, em que uma transição de "indefinido" para "estacionário" ocorre, e que o estado de ação do usuário é o estado "estacionário". Além disso, (6) depois que é determinado que o estado é a transição E ou a transição G, em um caso onde um passo é detectado (uma posição de pico é determinada), é determinado que o estado é a transição F, em que uma transição de "estacionário" para "indefinido" ocorre, e que o estado de ação do usuário se tornou o estado "indefinido".

Por outro lado, (7) depois que o estado é determinado como a transição E ou a transição G, em um caso onde nenhum passo é detectado (nenhuma posição de pico é determinada), o estado é determinado como a transição G, e como o estado de ação do usuário. O estado "estacionário" é mantido.

Note que na determinação de (2) se o estado for a transição B descrita mais cedo, o critério para determinar se o intervalo de passo é constante pode ser determinado de acordo com se uma variância ou desvio-padrão dos intervalos de passo existe, ou de acordo com se a diferença entre o valor maior e o valor menor é menos que ou igual a um limiar. Além disso, como o intervalo de passo de referência, uma média de intervalos de tempo dos passos usada para determinação pode ser usada como descrito mais cedo. Alternativamente, um valor médio de intervalos de tempo dos passos usado

para determinação pode ser usado.

Figura 12 é um diagrama mostrando formas de onda em um caso onde um passo é detectado (uma posição de pico é determinada) de saídas de detecção do sensor de aceleração 1 usando as funções de partes
5 individuais do sensor de aceleração 1, da unidade de extração de componente vertical 2, da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, e da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 do aparelho de detecção de movimento de corpo mostrado na Figura 1. Também na Figura 12, um pico é tomado no lado de valor mínimo. A forma de onda mostrada na Figura 12A
10 representa a forma de onda em um caso onde quatro passos (posições de pico determinadas) são detectados do estado "indefinido". Figura 12B representa uma forma de onda em um caso onde um passo imediatamente sucessivo é detectado do estado da Figura 12A. Usando tal Figura 12, um exemplo de transição de estado será descrito especificamente.

15 Primeiro, suponha que o estado é inicialmente "indefinido" na forma de onda mostrada na Figura 12A. Então, desde que quatro passos são detectados (duas posições de pico são determinadas), a unidade analisadora de posição de passo 5 calcula intervalos de passo individuais de segmentos de passo adjacentes T1, T2, e T3, e compara estes intervalos de passo. No caso
20 deste exemplo, como os intervalos do segmentos de passo individuais T1, T2, e T3 são substancialmente constantes, neste caso, o estado pode ser determinado como a transição B, em que uma transição de "indefinido" para "caminhada/corrida" ocorre.

Neste momento, a unidade analisadora de posição de passo 5
25 calcula o lance de referência (intervalo de passo de referência) P_s por equação (6-1) mostrada na Figura 13. Note que a equação (6-1) mostrada na Figura 13 é uma equação para calcular o lance de referência P_s no estado da Figura 12A, e se o segmentos de passo aumentarem, os segmentos adicionados no numerador e o número de segmentos no denominador mudam.

Então, em um caso onde uma mudança ocorre do estado mostrado na Figura 12A ao estado mostrado na Figura 12B, o intervalo de passo do segmento de passo mais recente T4 é comparado com o lance de referência Ps calculado por equação (6-1) na Figura 13. Neste caso, como o intervalo de passo do segmento de passo T4 e o lance de referência Ps são substancialmente os mesmos, é determinado que a diferença está dentro da gama de erro, o estado é determinado como a transição C, e o estado de "caminhada/corrída" é mantido.

Note que como o período (intervalo de passo) de lance durante caminhada ou corrida no estado de "caminhada/corrída", o lance de referência pode ser usado como um valor representativo, ou um valor médio dos intervalos de passo dentro de um certo segmento de tempo ou um valor médio de um número predeterminado dos intervalos de passo pode ser usado.

Além disso, na descrição anterior, sem distinção entre o estado de "caminhada" e o estado de "corrída", o estado é adquirido como um estado do estado de "caminhada/corrída". Porém, não há nenhuma limitação a isso. Podia ser permitido adquirir o estado de "caminhada" e o estado de "corrída" individualmente como estados diferentes.

Como um critério para distinção entre caminhada e corrida, além da condição para determinação da transição B de (2) descrita mais cedo, é possível para (A) determinar o estado como o estado de "corrída" em um caso onde o intervalo de passo é menos que um certo valor e determinar o estado como "caminhada" em outros casos, ou (B) determinar o estado como o estado de "corrída" em um caso onde o valor de pico da forma de onda de aceleração é maior que ou igual a um certo valor e determinar o estado como o estado de "caminhada" em outros casos. Obviamente, nem a condição (A) ou (B) descritas acima pode ser usada, ou ambas as condições (A) e (B) descritas acima podem ser usadas.

Além disso, embora o estado de "caminhada" e o estado de

"corrida" possam ser definidos como estados de ação completamente s como descrito acima, assumindo que a transição de estado ocorre de acordo com a Figura 11, como um atributo do estado de "caminhada/corrida", usando qualquer uma das duas ou ambas das condições (critérios) (A) e (B) descritos acima, "caminhada" e "corrida" podem ser adquiridos separadamente.

Além disso, relativo à determinação sobre se o estado é a transição C, em vez de comparar diretamente o intervalo de passo e o lance de referência (intervalo de passo de referência) P_s , determinação é executada usando um múltiplo inteiro do lance de referência P_s como uma referência. Fazendo como acima serve para prevenir transição de estado não intencional em um caso onde uma perda é detecção de passo ocorre.

Por exemplo, no aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização, como descrito mais cedo, na unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, um candidato de posição de pico é detectado, um candidato de posição de pico é identificado em atenção à energia da banda alta e da banda baixa, e além disso, comparação de forma de onda é executada para cada intervalo predeterminado incluindo o candidato de posição de pico, por esse meio determinando uma posição de pico.

Porém, há uma possibilidade que casamento com formas de onda perto não é obtido e uma perda de detecção ocorre se a forma de onda de aceleração estiver temporariamente perturbada embora o usuário esteja continuando caminhar. Assim, como descrito mais cedo, em um caso onde determinação da transição C é executada pela unidade analisadora de posição de passo 5, "determinando com referência a um múltiplo de inteiro do lance de referência", na unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 no estágio prévio, torna possível executar estimação de estado estavelmente até mesmo se uma perda de detecção de um passo de caminhada (uma perda de determinação de uma posição de pico) ocorrer.

Por exemplo, Figura 14 mostra um exemplo de um caso onde,

no estado de "caminhada/corrida", perda de detecção (a perda de contagem) de dois passos (posições de pico) indicados por sinais x (sinais cruzados) ocorre, de forma que o intervalo entre o passo (posição de pico) detectado mais recentemente e o passo (posição de pico) detectado imediatamente antes corresponde a três passos.

No caso do exemplo mostrado na Figura 14, na condição para determinar se o estado é a transição C, em um caso onde o intervalo entre o passo recentemente detectado e o passo imediatamente precedente está dentro de uma certa gama de erro relativa a um múltiplo inteiro do intervalo de passo de referência (lance de referência P_s), o estado é determinado como a transição C, e o estado de "caminhada/corrida" é mantido.

Assim, em vez de acumular simplesmente passos detectados um por um, até mesmo em um caso onde nenhum passo (posição de pico) é detectado, em um caso onde o estado de "caminhada/corrida" é mantido, usando múltiplos do lance de referência como assuntos de acumulação, torna possível medir o número dos passos mais precisamente. Portanto, aplicando esta invenção a um pedômetro, também serve para melhorar a precisão do pedômetro.

Como acima, no aparelho de detecção de movimento de corpo desta concretização, as partes individuais do sensor de aceleração 1, da unidade de extração de componente vertical 2, da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, e da unidade analisadora de posição de passo 5 funcionam de uma maneira organizada, de forma que é possível detectar precisamente movimento de corpo do usuário, tal como caminhar ou correr, e adquirir isto.

Aplicação a Aparelho Específico

A seguir, casos de aplicação de um aparelho, método e programa a aparelhos específicos serão descritos. Em seguida, descrição será

dada separadamente para um caso de aplicação desta invenção a um pedômetro, e um caso de aplicação para um aparelho reproduzidor acústico.

Relativo a aplicação a um pedômetro

5 Primeiro, um caso onde uma concretização de um aparelho, método, e programa desta invenção é aplicada a um pedômetro será descrito. Figura 15 é um diagrama de bloco para explicar um pedômetro 100 desta concretização. Como mostrado na Figura 15, o pedômetro 100 desta concretização é formado conectando um sensor de aceleração de três eixos 101 a uma unidade de controle 110 por um conversor A/D 102 e conectando
10 uma unidade de exibição 103 e uma unidade de operação 104.

Como o sensor de aceleração de três eixos 101, qualquer um formado arranjando sensores de aceleração de um eixo em três eixos de um eixo de X, um eixo Y e um eixo Z ortogonais um ao outro, ou um formado encapsulando sensores de aceleração de três eixos ortogonais em um pacote
15 pode ser usado. As saídas de detecção individuais (saídas analógicas) do eixo X, eixo Y e eixo Z do sensor de aceleração de três eixos 101 são providas ao conversor A/D 102, onde elas são convertidas em dados digitais em um formato no qual processamento pela unidade de controle 110 é permitido, e os dados digitais são providos à unidade de controle 110.

20 A unidade de controle 110 controla partes individuais do pedômetro 100 desta concretização, e, como mostrado na Figura 15, é configurada como um microcomputador no qual uma CPU (Unidade de Processamento Central) 111, uma ROM (Memória Só de Leitura) 112, uma RAM (Memória de Acesso Aleatório) 113, e uma memória não volátil 114
25 estão conectadas por um barramento de CPU 115.

Aqui, a CPU 111 executa vários programas para formar sinais de controle providos a partes individuais, executar vários tipos de cálculo, e assim sucessivamente, e serve como uma unidade principal para processamento ou controle na unidade de controle 110. A ROM 112 armazena

e mantém vários tipos de programas executados pela CPU 111 ou dados precisados para processamento.

Além disso, a RAM 113 é usada principalmente como uma área de trabalho, tal como armazenar temporariamente resultados intermediários de processamento, e também é usada como uma memória temporária ou similar que armazena e mantém dados de aceleração na forma de valores numéricos do sensor de aceleração 101 provido pelo conversor A/D 102. A memória não volátil 114 é uma memória na qual dados armazenados não são apagados mesmo quando a memória é desenergizada, tal como uma EEPROM (ROM Eletricamente Apagável e Programável) ou uma memória flash, e armazena e mantém dados que são para serem mantidos até mesmo quando energia é desligada, tais como parâmetros que foram fixados, programas adicionados, e assim sucessivamente.

Além disso, a unidade de exibição 103 conectada à unidade de controle 110 inclui um circuito de controle de exibição e é provida com um elemento de exibição tal como um LCD (Mostrador de Cristal Líquido), um mostrador EL orgânico (Eletroluminescência), ou um CRT (Tubo de Raios Catódicos), e exibe um valor de contagem do número de passos, várias informações de orientação, e assim sucessivamente de acordo com controle pela unidade de controle 110. Especificamente, em resposta à provisão de dados de exibição da unidade de controle 110, a unidade de exibição 103 forma sinais de vídeo a serem providos ao elemento de exibição dos dados de exibição, e provê os sinais de vídeo para o elemento de exibição, por meio de que informação de exibição correspondendo aos dados de exibição da unidade de controle 110 é exibida em uma tela de exibição do elemento de exibição.

Além disso, a unidade de operação 104 é provida por uma tecla de reiniciação, várias teclas de função, e assim sucessivamente, e é capaz de receber entrada de uma operação por um usuário e prover um sinal elétrico correspondendo a isso. A unidade de controle 110 é configurada para

ser capaz de controlar partes individuais em resposta ao sinal elétrico e executar processamento de acordo com a instrução pelo usuário.

Além disso, no pedômetro 100 desta concretização, a unidade de controle 110 implementa as funções da unidade de extração de componente vertical 2, da unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, e da unidade analisadora de posição de passo 5 do aparelho de detecção de movimento de corpo mostrado na Figura 1, e também implementa a função de uma unidade medidora de passo que executa medição de passo.

Quer dizer, na base de saídas de detecção do sensor de aceleração 101, como descrito usando a Figura 1, a unidade de controle 110 do pedômetro 100 desta concretização executa extração de um componente vertical, separação de uma banda alta/banda baixa do componente vertical, detecção de candidato de posição de pico e identificação de um candidato de posição de pico, e decisão de uma posição de pico por casamento de forma de onda, e mede o número dos passos na base da posição de pico decidida.

Além disso, na base da posição de pico decidida, é configurada para ser capaz de adquirir precisamente o estado de ação do usuário e adquirir precisamente lance de movimento de corpo de caminhada, corrida, ou similar, de forma que em um caso onde o estado de ação do usuário é "caminhada/corrída", é possível medir o número dos passos do usuário mais precisamente na base do lance de movimento de corpo.

Em seguida, com referência a fluxogramas nas Figuras 16 a 21, vários processos executados principalmente pela unidade de controle 110 do pedômetro desta concretização mostrada na Figura 15 serão descritos em detalhes.

Relativo a processo de extração de componente vertical

Figura 16 é um fluxograma para explicar um processo de extração de componente vertical executado principalmente pela unidade de

controle 110 do pedômetro 100 desta concretização mostrada na Figura 15. Quando o pedômetro 100 desta concretização é energizado e entrada de uma instrução para executar medição do número dos passos é aceita pela unidade de operação 104, a CPU 111 da unidade de controle 110 executa primeiro um processo mostrado na Figura 16.

A unidade de controle 110 começa um processo de obter dados de aceleração (dados de vetor de aceleração) providos pelo conversor A/D 102 e memorizar os dados de aceleração na RAM 113 (etapa S101), e calcula um valor inicial do vetor de aceleração gravitacional g usando o vetor de aceleração obtido (etapa S102). Então, contador de amostra c é reajustado (zero) (etapa S103). O processo da etapa S101 a etapa S103 corresponde ao que é chamado um processo inicial depois da energização.

Então, a unidade de controle 110 determina se o valor do contador de amostra c é maior do que um valor predeterminado N (etapa S104). Nesta concretização, a fim de reduzir a quantidade de cálculo, recálculo do vetor de aceleração gravitacional g é executado a intervalos de N amostras (N é um inteiro maior que ou igual a 1).

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S104 que o contador de amostra c é maior do que o valor predefinido N , a unidade de controle 110 executa o processo de recálculo do vetor de aceleração gravitacional g (etapa S105), e então fixa um valor 0 para o contador de amostra c (etapa S106). Quer dizer, o processo da etapa S106 é um processo de reiniciação do contador de amostra c . Então, usando o vetor de aceleração gravitacional g obtido pelo recálculo mais recente e o vetor de aceleração a_n , um componente vertical v_n é obtido por cálculo como descrito usando a Figura 2 ou Figura 3 (etapa S107).

Além disso, em um caso onde é determinado na etapa S104 que o valor do contador de amostra c não é maior do que o valor N , usando o valor inicial do vetor de aceleração gravitacional g calculado na etapa S102 e

o vetor de aceleração mais recente a_n , como descrito mais cedo, um componente vertical v_n é obtido por cálculo como descrito usando a Figura 2 ou Figura 3 (etapa S107).

5 Então, depois do processo da etapa S107, a unidade de controle 110 obtém os dados de aceleração mais recentes (etapa S108), soma 1 ao contador de amostra c (etapa S109), e repete o processo da etapa S104. O componente vertical do vetor de aceleração obtido na etapa S107 como acima é usado para o processo de separação de banda alta/banda baixa.

10 Nesta concretização, o processo de recalcular o vetor de aceleração gravitacional g na etapa S105 e o processo de calcular o valor inicial do vetor de aceleração gravitacional na etapa S102 são basicamente os mesmos processos, e o vetor de aceleração gravitacional g é calculado como um valor estimado de aceleração gravitacional tomando uma média móvel de dados dos eixos individuais do vetor de aceleração.

15 Os processos executados na etapa S102 e etapa S105 serão descritos especificamente. Aqui, um caso será considerado onde a posição de amostra atual é n_1 e uma aceleração gravitacional é obtida de dados de aceleração das M amostras passadas. Neste caso, a fim de obter um vetor de aceleração gravitacional g_x do eixo X, uma soma é obtida somando dados de aceleração a_{xn} do eixo X nas amostras individuais de uma amostra que está 20 $M+1$ amostras antes da posição de amostra atual para n_1 , e a soma é dividida pelo valor M , por meio de que o vetor de aceleração gravitacional g_x do eixo X é obtido.

25 Semelhantemente, em um caso onde um vetor de aceleração gravitacional g_y do eixo Y é para ser obtido, uma soma é obtida somando dados de aceleração a_{yn} do eixo Y nas amostras individuais da amostra que está $M+1$ amostras antes da posição de amostra atual para n_1 , e dividindo a soma pelo valor M , por meio de que o vetor de aceleração gravitacional g_y do eixo Y é obtido. Além disso, em um caso onde um vetor gravitacional g_z do

eixo Z é para ser obtido, uma soma é obtida somando dados de aceleração a_{zn} do eixo Z nas amostras individuais da amostra que está $M+1$ amostras antes da posição de amostra atual para n_1 , e dividindo a soma pelo valor M , por meio de que o vetor de aceleração gravitacional g_z do eixo Z é obtido.

5 No caso onde um vetor de aceleração gravitacional é calculado da maneira descrito acima, é desejado que uma média seja tomada usando um segmento suficientemente longo de forma que componentes de aceleração devido a movimento sejam calculados em média e cancelados. Porém, se o segmento for longo demais, falha para seguir a inclinação do aparelho (falha para refletir corretamente a inclinação do aparelho), de forma que, por exemplo, é apropriado fixar o período para ser cerca de vários segundos.

10 Além disso, no processo de extrair um componente vertical na etapa S107, como descrito mais cedo, é possível obter (extrair) um componente vertical v_n na base do vetor de aceleração mais recente a_n e o vetor gravitacional g pela equação (1-3) mostrada na Figura 2 ou equação (2-3) mostrada na Figura 3.

 Como descrito acima, a unidade de controle 110 implementa a função como a unidade de extração de componente vertical 2 executando o processo mostrado na Figura 16.

20 Note que embora estimação da aceleração gravitacional seja executada a intervalos de N amostras a fim de reduzir a quantidade de cálculo no pedômetro 100 desta concretização como mostrado na Figura 16, não há nenhuma limitação a isso. Estimação da aceleração gravitacional pode ser executada para toda amostra. O processo de cálculo para estimação da
25 aceleração gravitacional não está limitado a tomar médias móveis de dados dos eixos individuais. Por exemplo, o método de mínimo quadrado ou similar pode ser usado.

Relativo a processo de separação de banda alta/banda baixa de componente vertical

Então, o componente vertical do vetor de aceleração extraído pelo processo mostrado na Figura 16 é separado em um componente de banda alta e um componente de banda baixa. Fazendo isto, como descrito mais cedo, por exemplo, extraíndo, como o componente de banda baixa, componentes em uma banda de 2 Hz a 4 Hz, que inclui componentes principais de aceleração atribuíveis a caminhada ou corrida, e extraíndo, como o componente de banda alta, componentes em uma banda mais alta que 4 Hz, é possível separar o componente vertical em um componente de banda alta de uma banda predeterminada e um componente de banda baixa de uma banda predeterminada.

No componente vertical $x(n)$ extraído pelo processo mostrado na Figura 16, picos correspondendo a movimentos para cima e para baixo envolvidos em exercício de caminhada do usuário ocorrem. Particularmente, no componente de banda baixa $x_l(n)$ do componente vertical $x(n)$, picos correspondendo a movimentos para cima e para baixo envolvidos em exercício de caminhada do usuário ocorrem notavelmente. Assim, um candidato de posição de pico é detectado na base do componente de banda baixa $x_l(n)$ obtido separando o componente vertical $x(n)$, e um candidato de posição de pico é identificado na base de uma relação entre energia do componente de banda baixa $x_l(n)$ e energia do componente de banda alta $x_h(n)$.

Relativo a processo de detectar e identificar candidato de posição de pico

Figura 17 é um fluxograma para explicar um processo de detectar e identificar um candidato de posição de pico, executado principalmente pela unidade de controle 110 do pedômetro 100 desta concretização mostrada na Figura 15. O processo mostrado na Figura 17 é executado, por exemplo, para cada amostragem, na base do componente de banda baixa $x_l(n)$ e do componente de banda alta $x_h(n)$ obtido separando o componente vertical $x(n)$ extraído pelo processo de extração de componente

vertical descrito usando a Figura 16.

Primeiro, como descrito mais cedo, a unidade de controle 110 executa um processo de procurar (detectar) candidato de posição de pico na base do componente de banda baixa $x_l(n)$ separado do componente vertical $x(n)$ (etapa S201). Especificamente, relativo ao componente de banda baixa $x_l(n)$, por exemplo, para cada amostragem, os dados de componente de banda baixa mais recentemente obtidos e os dados de componente de banda baixa imediatamente precedentes são comparados, e em um caso onde os dados de componente de banda baixa imediatamente precedentes são maiores e os dados de componente de banda baixa imediatamente precedentes são maiores que ou iguais a um valor predeterminado, os dados de componente de banda baixa imediatamente precedentes são detectados como um candidato de um valor de pico, e a posição do valor de pico é detectada como um candidato de posição de pico.

Então, a unidade de controle 110 determina se um candidato de posição de pico foi detectado (etapa S202), e quando é determinado que nenhum candidato foi detectado, a unidade de controle 110 termina o processo mostrado na Figura 17, e executa o processo mostrado na Figura 17 novamente a uma próxima temporização de amostragem.

Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S202 que um candidato de posição de pico foi detectado, a unidade de controle 110, usando o componente de banda baixa $x_l(n)$ na vizinhança dos candidatos de posição de pico, calcula a energia e_l do componente de banda baixa $x_l(n)$ em uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico de acordo com a equação (5-2) na Figura 9 (etapa S203). Além disso, semelhantemente, a unidade de controle 110, usando o componente de banda alta $x_h(n)$ na vizinhança do candidato de posição de pico, calcula a energia e_h do componente de banda alta $x_h(n)$ na gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico de acordo com

a equação (5-1) na Figura 9 (etapa S204).

Então, de acordo com a equação (5-3) na Figura 9, a unidade de controle 110 calcula uma relação de energia d entre a energia e_l do componente de banda baixa $x_l(n)$ calculada na etapa S203 e a energia e_h do componente de banda alta $x_h(n)$ calculada na etapa S204 (etapa S205), e determina se a relação de energia calculada d é menos que um limiar predeterminado D (etapa S206).

Em um caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S206 que a relação de energia d não é menos que o limiar predeterminado D , isto é, que uma grande quantidade de ruído existe no componente de banda alta $x_h(n)$, como a possibilidade que a posição detectada como o candidato de posição de pico é detecção incorreta é alta, o candidato de posição de pico detectado não é identificado como um candidato de posição de pico, o processo mostrado na Figura 17 é terminado, e o processo mostrado na Figura 17 é executado novamente a uma próxima temporização de amostragem.

Em um caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S206 que a relação de energia d é menos que o limiar predeterminado D , isto é, que ruído no componente de banda alta $x_h(n)$ é pequeno, como a confiabilidade da posição detectada como o candidato de posição de pico é alto como uma posição de pico, o candidato de posição de pico detectado é identificado como um candidato de posição de pico, e o candidato de posição de pico é gravado, por exemplo, em uma memória temporária de gravação de posição de pico, tal como a RAM 113 (etapa S207). Então, o processo mostrado na Figura 17 é terminado, e o processo mostrado na Figura 17 é executado novamente a uma próxima temporização de amostragem.

Como acima, a unidade de controle 110 do pedômetro 100 desta concretização detecta um candidato de posição de pico na base do

componente de banda baixa $x_l(n)$ obtido por divisão de banda do componente vertical $x(n)$ extraído do vetor de aceleração a_n , e além disso, identifica, como um candidato de posição de pico, só uma posição que é confiável como um candidato de posição de pico na base da energia e_l do componente de banda baixa $x_l(n)$ e da energia e_h do componente de banda alta $x_h(n)$ na gama predeterminada incluindo a posição detectada como o candidato de posição de pico.

Note que o processo mostrado na Figura 17 é uma implementação da função de detecção de pico (a função de detectar e identificar um candidato de posição de pico) entre as funções da unidade de processamento de detecção/determinação de pico implementada pela unidade de controle 110.

Relativo a processo de casamento de forma de onda e contagem de número de passos

Figura 18 é um fluxograma para explicar um processo de determinar posições de pico de posições identificadas como candidatos de posição de pico e contar o número dos passos do usuário na base das posições de pico, que é um processo executado principalmente pela unidade de controle 110 do pedômetro 100 desta concretização mostrada na Figura 15.

No processo mostrado na Figura 18, na base dos candidatos de posição de pico identificados pelo processo mostrado na Figura 17, casamento de forma de onda é executado entre segmentos predeterminados incluindo candidatos de posição de pico para determinar posições de pico verdadeiras, e as posições de pico determinadas são contadas, por esse meio contando o número dos passos do usuário precisamente.

Os candidatos de posição de pico identificados pelo processo mostrado na Figura 18 são armazenados na memória temporária de gravação de posição de pico, por exemplo, a RAM 113 ou similar, pelo processo da etapa S207 no processo mostrado na Figura 17. Assim, a unidade de controle

110 acha (procura) candidato de posição de pico ainda a ser verificado da memória temporária de gravação de posição de pico (etapa S301). Se um candidato de posição de pico ainda a ser verificado puder ser determinado de acordo com se um indicador de já verificado fixado para cada candidato de posição de pico identificado está 'ON/OFF' como será descrito mais tarde. Normalmente, o candidato de posição de pico mais recentemente gravado se torna um candidato de posição de pico ainda a ser verificado.

Então, a unidade de controle 110 determina se um candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado foi achado no processo da etapa S301 (etapa S302). Quando é determinado no processo de determinação da etapa S302 que o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado foi achado, um processo de casamento é executado entre uma forma de onda em uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico p1 e uma forma de onda em uma gama predeterminada incluindo outro candidato de posição de pico em uma gama dos N segundos passados do candidato de posição de pico p1 (etapa S303).

Note que no processo da etapa S303, embora dependa da frequência de amostragem, casamento com formas de onda em uma ou mais gamas predeterminadas é executado. Além disso, relativo a formas de onda usadas para casamento, é executado na base de formas de onda do componente de banda baixa $x_l(n)$. Obviamente, como formas de onda para comparação, formas de onda do componente vertical $x(n)$ podem ser usadas.

Então, na base do processo da etapa S303, a unidade de controle 110 determina se um candidato de posição de pico passado p2 casando com o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado foi achado (etapa S304). Quer dizer, no processo de determinação da etapa S304, é determinado se uma forma de onda em uma gama predeterminada incluindo um candidato de posição de pico passado tendo um alto grau de semelhança com a forma de onda da gama predeterminada incluindo o candidato de

posição de pico p1 ainda a ser verificado foi achada.

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S304 que o candidato de posição de pico passado p2 casando com o candidato de posição de pico p1 ainda ser verificado foi achado, o candidato de posição de pico p1 ainda ser verificado é determinado como uma posição de pico e "1" é adicionado à contagem de número de passos, e o indicador de já contado para o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado é ativado (etapa S305).

Além disso, é determinado se o indicador de já contado do candidato de posição de pico passado p2, atualmente achado como um casamento, está ativado (etapa S306). Em um caso onde o indicador de já contado do candidato de posição de pico passado p2 está ativado, o indicador de já verificado para o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado é ativado (etapa S307), o processo mostrado na Figura 18 é terminado, e uma próxima temporização de execução esperada.

Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S306 que o indicador de já contado do candidato de posição de pico passado p2 não está ativado, relativo ao candidato de posição de pico passado p2, embora nenhum pico de casamento exista antes, desde isto casa recentemente com o candidato de posição de pico p1, o candidato de posição de pico passado p2 também é determinado como uma posição de pico e "1" é adicionado à contagem de número de passos, e o indicador de já contado para o candidato de posição de pico passado p2 é ativado (etapa S308). Procedendo ao processo da etapa S307, o indicador de já verificado para o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado é ativado (etapa S307), o processo mostrado na Figura 18 é terminado, e uma próxima temporização de execução é esperada.

Além disso, no caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S302 que o candidato de posição de pico p1 ainda a ser

verificado não é achado e no caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S304 que o candidato de posição de pico passado p2 casando com o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado não é achado, o processo mostrado na Figura 18 é terminado, e uma próxima temporização de execução é esperada.

Como acima, depois de identificar os candidatos de posição de pico pelo processo descrito usando a Figura 17, posições de pico são decididas e as posições de pico decididas são contadas pelo processo mostrado na Figura 18, de forma que seja possível contar precisamente o número dos passos correspondendo a caminhada ou corrida pelo usuário.

Note que embora o número dos passos correspondendo a caminhada ou corrida do usuário seja contado precisamente aqui contando as posições de pico decididas pelo processo da Figura 18, contanto que uma precisão planejada possa ser alcançada, o número dos passos correspondendo a caminhada ou corrida pelo usuário pode ser contado contando o número de candidatos de posição de pico identificados pelo processo mostrado na Figura 17.

Note que o processo mostrado na Figura 18 implementa a função de decidir uma posição de pico entre as funções da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 implementada pela unidade de controle 110, e também implementa a função de medição do número de passos como um pedômetro.

Processo para prevenir perda de contagem no princípio

A propósito, no caso do processo mostrado na Figura 18, em um caso onde nenhum pico existe nos últimos N segundos, como quando caminhada é começada de um estado estacionário, uma perda de contagem ocorre. Assim, é possível prevenir uma perda de contagem adicionando um processo de obter casamento de um pico passado a um pico atual como na Figura 19.

Quer dizer, em um caso onde uma perda de contagem do número de passos imediatamente depois do começo de ação (exercício) do usuário é para ser prevenida, o processo mostrado na Figura 19 é adicionado antes ou depois do processo mostrado na Figura 18. Neste caso, a unidade de controle 110 acha (procura) um candidato de posição de pico p1 que é um candidato de posição de pico N segundos antes do presente e que é ainda para ser contado da memória temporária de gravação de posição de pico (etapa S401).

O processo da etapa S401 é um processo de achar um candidato de posição de pico passado que é ainda para ser contado. Para pôr isto brevemente, é um processo de procurar um candidato de posição de pico no princípio. A unidade de controle 110 determina se candidato de posição de pico ainda a ser contado foi achado (etapa S402).

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S402 que um candidato de posição de pico p1 ainda a ser contado foi achado, considerando como um assunto uma gama do candidato de posição de pico p1 ainda a ser contado no presente, casamento é executado entre uma forma de onda na gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico p1 ainda a ser contado e uma forma de onda na gama predeterminada incluindo um candidato de posição de pico existindo na gama do candidato de posição de pico p1 ainda a ser contado no presente (etapa S403).

Ao invés do processo na etapa S303 mostrado na Figura 18, que é um processo de casamento de forma de onda na direção do presente para o passado, o processo na etapa S403 é um processo de casamento de forma de onda na direção do passado para o presente.

Então, na base do processo na etapa S403, a unidade de controle 110 determina se um candidato de posição de pico p2 na direção presente casando com o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado foi achado (etapa S404). Quer dizer, no processo de determinação

da etapa S404, é determinado se uma forma de onda na gama predeterminada incluindo um candidato de posição de pico tendo um grau alto de semelhança com a forma de onda na gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico p1 ainda a ser contado foi achado na direção presente (a
5 direção de decurso de tempo).

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S404 que um candidato de posição de pico p2 na direção presente casando com o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado foi achado, "1" é adicionado à contagem de número de passos, e o indicador de já contado do
10 candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado é ativado (etapa S405).

Assim, em um caso onde, para um candidato de posição de pico passado não determinado como uma posição de pico desde que nenhum candidato de posição de pico existe no passado, uma forma de onda tendo um alto grau de semelhança existe por comparação com uma forma de onda
15 subseqüente, é possível determinar o candidato de posição de pico passado como uma posição de pico e contar a posição de pico.

Além disso, a unidade de controle 110 determina se o indicador de já contado para o candidato de posição de pico p2 na direção presente está ativado (etapa S406). Quando é determinado no processo de
20 determinação da etapa S406 que o indicador de já contado para o candidato de posição de pico p2 na direção presente não está ativado, o candidato de posição de pico p2 na direção presente também é determinado como uma posição de pico, o valor "1" é adicionado à contagem de número de passos, e o indicador de já contado para o candidato de posição de pico p2 na direção
25 presente é ativado (etapa S407).

Então, no caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S406 que o indicador de já contado para o candidato de posição de pico p2 na direção presente está ativado ou depois do processo da etapa S407, a unidade de controle 110 termina o processo mostrado na Figura

19, e espera por uma próxima temporização de execução.

Executando o processo mostrado na Figura 19 além do processo mostrado na Figura 19, por exemplo, relativo a uma forma de onda na vizinhança do primeiro pico, é possível obter um casamento com uma forma de onda na vizinhança de um pico temporalmente mais tarde (futuro) para determinar se é verdadeiramente um pico, e contá-lo quando é um pico. Processo de estimação de tipo de movimento de corpo e processo de contagem de número de passos

Como descrito acima, identificando os candidatos de posição de pico e contando os candidatos de posição de pico, ou determinando posições de pico verdadeiras de candidatos de posição de pico e contando as posições de pico, é possível medir o número dos passos durante exercício do usuário, tal como caminhada ou corrida. Porém, há casos onde picos para os quais casamento não é obtido ocorrem devido ao efeito de ruído ou similar.

Assim, no pedômetro 100 desta concretização, pela função como a unidade analisadora de posição de passo 5 implementada pela unidade de controle 110, também é possível adquirir precisamente o estado de ação do usuário (tipo de movimento de corpo correspondendo ao estado de ação), e, em um caso onde caminhada ou corrida está sendo executada, contar precisamente o número dos passos do usuário até mesmo por um período onde um pico para o qual não é possível obter casamento existe.

Figuras 20 e 21 são fluxogramas para explicar um processo de estimação de tipo de movimento de corpo e um processo de contagem de número de passos executado principalmente pela unidade de controle 110 do pedômetro 100 desta concretização. Como informação de posições de pico usadas nos processos mostrados nas Figuras 20 e 21, dados de candidatos de posição de pico identificados pelo processo da Figura 17 e gravados na memória temporária de gravação de posição de pico são usados, e um processo de determinação de posição de pico por casamento de forma de

onda, um processo de estimação de tipo de movimento de corpo, e um processo de contagem de número de passos são executados.

Quer dizer, subsequente aos processos nas Figuras 16 e 17, os processos mostrados nas Figuras 20 e 21 são executados. Os processos nas Figuras 20 e 21 são implementados pela função da unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4 e pela função da unidade analisadora de posição de passo 5.

Então, a unidade de controle 110 acha (procura) um candidato de posição de pico ainda a ser verificado da memória temporária de gravação de posição de pico, tal como a RAM 113 (etapa S501). Como será descrito mais tarde, se um candidato de posição de pico for ainda para ser verificado pode ser discriminado na base de 'ON/OFF' do indicador de já verificado fixado para cada candidato de posição de pico identificado. Normalmente, um candidato de posição de pico gravado mais recentemente se torna um candidato de posição de pico ainda a ser verificado.

Então, a unidade de controle 110 determina se o candidato de posição de pico ainda a ser verificado foi achado no processo da etapa S501 (etapa S502). Quando é determinado no processo de determinação da etapa S502 que o candidato de posição de pico ainda a ser achado foi achado, o valor "0 (zero)" é fixado a um temporizador estacionário C (etapa S503). Então, a unidade de controle 110 executa um processo de casamento entre uma forma de onda na gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico p1 e uma forma de onda na gama predeterminada incluindo outro candidato de posição de pico na gama dos N segundos passados do candidato de posição de pico p1 (etapa S504).

Note que no processo da etapa S504, embora dependa da frequência de amostragem, casamento é executado com formas de onda em uma ou mais gamas predeterminadas passadas. Além disso, relativo às formas de onda usadas para casamento, pode ser executado na base de formas de

onda do componente de banda baixa $x_l(n)$. Obviamente, como formas de onda usadas para comparação, formas de onda do componente vertical $x(n)$ podem ser usadas.

5 Então, na base do processo na etapa S504, a unidade de controle 110 determina se um candidato de posição de pico passado p_2 casando com o candidato de posição de pico p_1 ainda a ser verificado foi achado (etapa S505). Quer dizer, no processo de determinação da etapa S505, é determinado se uma forma de onda em uma gama predeterminada incluindo um candidato de posição de pico passado tendo um alto grau de semelhança
10 com a forma de onda na gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico p_1 ainda a ser verificado foi achada.

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S505 que o candidato de posição de pico passado p_2 casando com o candidato de posição de pico p_1 ainda a ser verificado foi achado, o candidato de
15 posição de pico p_1 ainda a ser verificado é determinado como uma posição de pico, o valor "1" é adicionado à contagem de número de passos, e o indicador de já contado para o candidato de posição de pico p_1 ainda a ser verificado é ativado (etapa S506).

Então, é determinado se o indicador de já contado para o
20 candidato de posição de pico passado p_2 atualmente achado como um casamento está ativo (etapa S507). Em um caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S507 que o indicador de já contado para o candidato de posição de pico passado p_2 está ativo, o procedimento procede ao processo mostrado na Figura 21.

25 Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S507 que o indicador de já contado para o candidato de posição de pico passado p_2 não está ativo, relativo ao candidato de posição de pico passado p_2 , embora nenhum casamento de pico exista antes, desde que isto recentemente casa com o candidato de posição de pico p_1 , o candidato de

posição de pico passado p2 também é determinado como uma posição de pico, o valor "1" é adicionado à contagem de número de passos, o indicador de já contado para o candidato de posição de pico passado p2 é ativado (etapa S508), e o procedimento procede ao processo na Figura 21.

5 Além disso, quando é determinado no processo de determinação da etapa S502 mostrada na Figura 20 que o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado não foi achado, o valor "1" é adicionado ao temporizador estacionário C (etapa S509), e é determinado se o temporizador estacionário C ficou maior que o valor de referência (etapa
10 S510).

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S510 que o temporizador estacionário C ficou maior que o valor de referência, o estado de ação do usuário é fixado como o estado "estacionário" (etapa S511), os processos nas Figuras 20 e 21 são terminados, e uma
15 próxima temporização de execução é esperada. Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S510 que o temporizador estacionário C não ficou maior que o valor de referência, sem fazer nada, os processos mostrados nas Figuras 20 e 21 são terminados, e uma próxima temporização de execução é esperada.

20 Então, no caso onde é determinado no processo de determinação da etapa S507 que o indicador de já contado para o candidato de posição de pico passado p2 está ativo como descrito acima e depois do processo da etapa S508, o processo mostrado na Figura 21 é executado. No processo mostrado na Figura 21, a unidade de controle 110 primeiro ativa o
25 indicador de já verificado para o candidato de posição de pico p1 ainda a ser verificado (etapa S512).

Então, a unidade de controle 110 identifica uma posição de pico passada p1' mais próxima à posição de pico p1 para qual o indicador de já verificado foi ativado recentemente pelo processo da etapa S512 (etapa

S513), e calcula um intervalo T_0 entre a posição de pico p_1 e a posição de pico imediatamente adjacente p_1' (etapa S514). No pedômetro 100 desta concretização, como descrito usando a Figura 12, é possível manter três posições de pico, T_0 , T_1 e T_2 definidas individualmente entre quatro posições de pico imediatamente adjacentes. Obviamente, um número maior de intervalos de pico pode ser mantido e usado.

Então, a unidade de controle 110 determina se o resultado de determinação do estado de ação mais recente do usuário é estado de ["caminhada/corrída"] (etapa S515). Quando é determinado no processo de determinação da etapa S515 que o estado de movimento do usuário não é o estado de ["caminhada/corrída"], como descrito acima, um valor médio T_a dos três intervalos T_0 , T_1 e T_2 determinados de acordo com as quatro posições de pico imediatamente adjacentes é calculado (etapa S516), valores são obtidos subtraindo o valor médio T_a individualmente para todos os intervalos de pico T_0 , T_1 e T_2 , e é determinado se os valores obtidos são menos que o valor de referência para todos os intervalos de pico (etapa S517).

O processo de determinação da etapa S517 é um processo de determinar se os intervalos de pico T_0 , T_1 , e T_2 são substancialmente o mesmo lance de forma que caminhada ou corrida, que é um movimento de corpo periódico, chegou a ser executado. Quando é determinado no processo de determinação da etapa S517 que cada uma das diferenças entre os intervalos de pico individuais T_0 , T_1 , e T_2 é menos que ou igual ao valor de referência, a unidade de controle 110 fixa o valor médio T_a como o lance de referência P_s , e determina (identifica) o estado de ação do usuário como "caminhada/corrída" (etapa S518).

Então, a unidade de controle 110 executa um processo de deslocar os intervalos de pico T_0 , T_1 , e T_2 (etapa S519). Quer dizer, o intervalo de pico T_1 é deslocado ao intervalo de pico T_2 , e o intervalo de pico T_0 é deslocado ao intervalo de pico T_1 . Note que como para o intervalo de

pico T0, iniciação pode ser executada.

5 Depois do processo da etapa S519 e no processo de determinação da etapa S517, quando é determinado no processo de determinação da etapa S517 que cada uma das diferenças entre os intervalos de pico individuais T0, T1 e T2 e o valor médio Ta não é menos que ou igual ao valor de referência, a unidade de controle 110 termina os processos mostrados nas Figuras 20 e 21, e espera por uma próxima temporização de execução.

10 Além disso, quando é determinado no processo de determinação da etapa S515 que o estado de ação do usuário é o de ["caminhada/corrida"], a unidade de controle 110 divide o intervalo de pico mais recente T0 pelo lance de referência Ps calcular um valor r (etapa S520). O processo da etapa S520 é um processo no qual um caso é considerado, onde o que é suposto a ser detectado como um valor de pico não é detectado como
15 um valor de pico, e é um processo de calcular um número com o qual o intervalo de pico T0 detectado mais recentemente é multiplicado para se tornar o lance de referência Ps.

Então, um inteiro R mais próximo ao valor r calculado na etapa S520 é calculado (etapa S521). Por exemplo, em um caso onde o valor r
20 é "0,1", "0,2", ou similar, o inteiro R é "0", em um caso onde o valor r é "0,9", "1,1", ou similar, o inteiro R é "1", e se o valor r for "1,9" ou "2,1", o inteiro R é "2". Então, a unidade de controle 110 determina se o valor absoluto de um valor obtido subtraindo o inteiro R do valor r é menos que um valor de referência predeterminado (etapa S522).

25 O processo de determinação da etapa S522 é um processo de determinar se o intervalo de pico mais recente T0 é um múltiplo inteiro do lance de referência Ps. Quando é determinado no processo de determinação da etapa S522 que o valor absoluto do valor obtido subtraindo a inteiro R do valor r não é menos que o valor de referência predeterminado, é determinado

que o intervalo de pico mais recente T_0 não é um múltiplo inteiro do lance de referência P_s , e é determinado (identificado) que o estado de ação do usuário é o estado "indefinido" (etapa S523). Então, a unidade de controle 110 termina os processos mostrados nas Figuras 20 e 21, e espera por uma próxima temporização de execução.

Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S522 que o valor absoluto do valor obtido subtraindo o inteiro R do valor r é menos que o valor de referência predeterminado, é determinado que o intervalo de pico mais recente T_0 é um múltiplo inteiro do lance de referência P_s , e é determinado se o inteiro R_1 é maior do que o valor "1" (etapa S524). O processo de determinação da etapa S524 é um processo de determinar se o intervalo de pico T_0 é maior do que ou igual a duas vezes o lance de referência P_s .

Quando é determinado no processo de determinação da etapa S524 que o inteiro R não é maior que 1, desde que o intervalo de pico mais recente T_0 não é um segmento maior que ou igual a duas vezes o lance de referência, a unidade de controle 110 termina os processos mostrados nas Figuras 20 e 21 sem fazer nada, e espera por uma próxima temporização de execução.

Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S524 que o inteiro R é maior que 1, desde que o intervalo de pico mais recente T_0 é um segmento maior que ou igual a duas vezes o lance de referência, a unidade de controle 110 soma um valor obtido subtraindo 1 do inteiro R ao número de contagem (etapa S525), termina os processos mostrados nas Figuras 20 e 21, e espera por uma próxima temporização de execução.

Como acima, em um caso onde caminhada ou corrida está sendo executada enquanto estados de ação precisamente distintivos do usuário pelos processos mostrados nas Figuras 20 e 21, até mesmo em um período

onde um pico para o qual casamento não é obtido existe, é possível contar o número dos passos do usuário precisamente. Além disso, também é possível discriminar em tempo real quatro estados de ação (tipos de movimento de corpo correspondendo a estados de ação) do estado "estacionário", do estado "indefinido", do estado de "caminhada", e do estado de "corrida".

Note que nos processos descritos usando as Figuras 20 e 21, quando o intervalo de pico mais recente T_0 é um segmento que é um múltiplo inteiro do lance de referência, o número dos passos é medido de acordo com uma posição de pico para a qual medição falhou. Porém, não há nenhuma limitação a isso. Quer dizer, quando o intervalo de pico mais recente T_0 é um segmento que é um múltiplo inteiro do lance de referência, considerando a amplitude do componente de banda baixa do componente vertical e também a amplitude do próprio componente vertical no segmento, pode ser discriminado se uma posição de pico existir confiantemente na posição do múltiplo inteiro do lance de referência.

Especificamente, um valor de referência para a amplitude na posição de um múltiplo inteiro do lance de referência é provido, e se a amplitude for maior do que ou igual ao valor de referência, é reconhecido como um valor de pico e posição de pico, e se a amplitude for menos que o valor de referência, não é reconhecido como um valor de pico e posição de pico. Note que é possível fixar um valor apropriado como o valor de referência executando experiências.

Aplicação a um aparelho reproduzidor acústico

A seguir, um caso onde uma concretização de um aparelho, método e programa desta invenção é aplicada a um aparelho reproduzidor acústico será descrito. Figura 22 é um diagrama de bloco para explicar um aparelho reproduzidor acústico 200 desta concretização. Como será descrito mais tarde, o aparelho reproduzidor acústico 200 desta concretização é de um tipo portátil que é configurado para ser capaz de usar um meio de gravação

com uma capacidade relativamente grande para armazenar dados de pedaço de música (dados de música).

5 Como o meio de gravação, uso de vários tipos de meios de armazenamento é concebível, tal como um disco rígido, um disco magneto-óptico tal como um MD (Míni Disco (marca registrada)), um disco óptico tal como um CD ou um DVD, um cartão de memória, ou uma memória de semicondutor. Porém, aqui, para simplicidade de descrição, descrição será dada assumindo que o meio de gravação para armazenar dados de conteúdo tais como dados de pedaço de música é um disco rígido.

10 Como mostrado na Figura 22, no aparelho reproduzidor acústico 200 desta concretização, um sensor de aceleração de três eixos 201 está conectado a uma unidade de controle 210 por um conversor A/D 202, e como meio de gravação com capacidades de armazenamento relativamente grandes, um banco de dados de pedaço de música (em seguida chamado uma DB de
15 pedaço de música) 203 e uma unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 estão conectados.

Além disso, à unidade de controle 210, um alto-falante 206 está conectado por uma unidade de processamento reprodutora de áudio 205, e uma unidade de operação 221 e uma unidade de exibição 222 como
20 interfaces de usuário estão conectadas. Além disso, é configurado com um terminal de entrada/saída 224 conectado por uma interface externa (em seguida chamada uma I/F externa) 223.

Semelhantemente para o sensor de aceleração 101 do pedômetro 100 descrito mais cedo, como o sensor de aceleração de três eixos
25 201, qualquer um formado arranjando sensores de aceleração de um eixo em três eixos de um eixo X, um eixo Y, e um eixo Z ortogonais um ao outro, ou um formado encapsulando sensores de aceleração de três eixos ortogonais em um pacote pode ser usado. As saídas de detecção individuais (saídas analógicas) do eixo X, eixo Y, e eixo Z do sensor de aceleração de três eixos

201 são providas ao conversor A/D 202, onde elas são convertidas em dados digitais em um formato no qual processamento pela unidade de controle 210 é permitido, e os dados digitais são providos à unidade de controle 210.

5 A unidade de controle 210 controla partes individuais do aparelho reproduzidor acústico 200 desta concretização, e semelhantemente para a unidade de controle 110 do pedômetro 100 descrita mais cedo, é configurada como um microcomputador no qual uma CPU 211, uma ROM 212, uma RAM 213, e uma memória não volátil 214 estão conectadas por um barramento de CPU 215.

10 Aqui, a CPU 211 executa vários programas para formar sinais de controle providos a partes individuais, para executar vários tipos de cálculo, e assim sucessivamente, e serve como uma unidade principal para processamento ou controle na unidade de controle 210. A ROM 212 armazena e mantém vários tipos de programas executados pela CPU 211 ou dados
15 precisados para processamento.

Além disso, a RAM 213 é usada principalmente como uma área de trabalho, tal como armazenar temporariamente resultados intermediários de processamento, e também é usada como uma memória temporária ou similar que armazena e mantém dados de aceleração na forma
20 de valores numéricos do sensor de aceleração 201 providos pelo conversor A/D 202. A memória não volátil 214 é uma memória na qual dados armazenados não são apagados mesmo quando a memória é desenergizada, tal como uma EEPROM ou uma memória flash, e armazena e mantém dados que são para serem mantidos até mesmo quando é desenergizada, tais como
25 parâmetros que foram fixados, programas adicionados, e assim sucessivamente.

Além disso, como descrito mais cedo, cada um do DB de pedaço de música 203 e da unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 é um disco rígido. O DB de pedaço de música armazena e mantém dados

de um grande número de pedaços de música que podem ser tocados pelo aparelho reproduutor acústico 200 desta concretização, por exemplo, como dados comprimidos de acordo com um método de compressão de dados predeterminado.

5 Além disso, a unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 armazena e mantém listas de reprodução de ocasião estacionária para instruir pedaços de música a serem tocados quando o usuário está no estado "estacionário", listas de reprodução de ocasião de caminhada para instruir pedaços de música a serem tocados quando o usuário
10 está no estado de "caminhada", e listas de reprodução de ocasião de corrida para instruir pedaços de música a serem tocados quando o usuário está no estado de "corrida".

 Quer dizer, relativo a listas de reprodução armazenadas na unidade de armazenamento de lista de reprodução 204, é permitido fazer
15 distinção entre listas de reprodução de ocasião estacionária, listas de reprodução de ocasião de caminhada, e listas de reprodução de ocasião de corrida, por exemplo, por informação tal como tipo de lista de reprodução anexada a cada lista de reprodução. Além disso, uma pluralidade de listas de reprodução existe individualmente como listas de reprodução de ocasião
20 estacionária, listas de reprodução de ocasião de caminhada, e listas de reprodução de ocasião de corrida. Cada lista de reprodução é formada registrando previamente, por exemplo, em ordem de reprodução, IDs de pedaço de música (identificadores de pedaço de música) tais como nomes de arquivo identificando um ou mais pedaços de música a serem tocados.

25 Note que embora o DB de pedaço de música 203 e a unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 sejam mostrados separadamente na Figura 22 a fim de clarificar a configuração, obviamente, há casos onde estes são formados no mesmo disco rígido.

 A unidade de processamento reprodutora de áudio 205 recebe

provisão de dados de pedaço de música lidos do DB de pedaço de música 203 pela unidade de controle 210, executa um processo de descompressão nos dados de pedaço de música para restabelecer dados de pedaço de música originais antes de compressão de dados, forma sinais de áudio analógicos em um formato provido ao alto-falante 206 dos dados de pedaço de música restabelecidos, e provê os sinais de áudio analógicos para o alto-falante 206. Assim, som correspondendo aos dados de pedaço de música escolhido a ser tocado é produzido do alto-falante 206.

Note que, embora não mostrado, a unidade de processamento reprodutora de áudio 205 desta concretização é configurada para também ser conectada a um terminal de fone de cabeça. Em um caso onde um fone de cabeça é conectado ao terminal de fone de cabeça, sinais de áudio processados pela unidade de processamento reprodutora de áudio 205 são providos ao fone de cabeça conectado ao terminal de fone de cabeça pelo terminal de fone de cabeça em vez do alto-falante 206, de forma que seja permitido escutar o som tocado pelo fone de cabeça.

Além disso, a unidade de operação 221 é provida com uma tecla de tocar, uma tecla de parada, uma tecla de avanço rápido, uma tecla de retrocesso rápido, e várias outras teclas de função ou similares, e é capaz de aceitar entrada de operações pelo usuário e prover sinais elétricos correspondendo a isso à unidade de controle 210. Em resposta aos sinais elétricos, a unidade de controle 210 é configurada para ser capaz de controlar partes individuais e executar processamento de acordo com as instruções do usuário.

Além disso, a unidade de exibição 222 inclui um circuito de controle de exibição e é provida com um elemento de exibição tal como um LCD (Mostrador de Cristal Líquido), um mostrador EL orgânico (Eletroluminescência), ou um CRT (Tubo de Raios Catódicos), e exibe várias informações de orientação e assim sucessivamente de acordo com controle

pela unidade de controle 210. Especificamente, em resposta à provisão de dados de exibição da unidade de controle 210, a unidade de exibição 222 forma sinais de vídeo a serem providos ao elemento de exibição dos dados de exibição, e provê os sinais de vídeo ao elemento de exibição, por meio de que
5 informação de exibição correspondendo aos dados de exibição da unidade de controle 210 é exibida em uma tela de exibição do elemento de exibição.

Além disso, é permitida ser conectada a um dispositivo externo, tal como um computador pessoal, pela I/F externa 223 e o terminal de entrada/saída 224. Além disso, é permitido receber provisão de dados de
10 pedaço de música ou uma lista de reprodução do dispositivo externo pelo terminal de entrada/saída 224 e a I/F externa 223, e armazenar os dados de pedaço de música no DB de pedaço de música 203 enquanto armazenando a lista de reprodução na unidade de armazenamento de lista de reprodução 204.

Reciprocamente, pelo controle da unidade de controle 210,
15 também é permitido produzir dados de pedaço de música armazenados no DB de pedaço de música 203 para o dispositivo externo pela unidade de controle 210, pela I/F externa 223, e pelo terminal de entrada/saída 224, e formar uma cópia de reserva em um meio de gravação do dispositivo externo, ou criar semelhantemente uma cópia de reserva de uma lista de reprodução
20 armazenada e mantida na unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 em um meio de gravação do dispositivo externo.

Além disso, exibindo uma lista de sinopse de dados de pedaço de música armazenados no DB de pedaço de música 203 na unidade de exibição 222, e selecionando dados de pedaço de música planejados pela
25 unidade de operação 221 e introduzindo distinção entre um lista de reprodução de ocasião estacionária, uma lista de reprodução de ocasião de caminhada, e um lista de reprodução de ocasião de corrida, também é possível criar uma lista de reprodução no aparelho reproduutor acústico 200 desta concretização.

Além disso, no aparelho reproduutor acústico 200 desta concretização, dados de pedaço de música selecionados pela operação unidade 221 são lidos do DB de pedaço de música 203 pela unidade de controle 210, e são providos à unidade de processamento reprodutora de áudio 205. Por conseguinte, torna possível tocar um pedaço de música instruído do usuário pela unidade de operação 221 de forma que o pedaço de música possa ser escutado.

Além disso, em um caso onde uma lista de reprodução a ser usada é instruída pela unidade de operação, dados de pedaço de música são lidos do DB de pedaço de música 203 pela unidade de controle 210 de acordo com a lista de reprodução instruída e são providos à unidade de processamento reprodutora de áudio 205, de forma que seja permitido tocar um pedaço de música de acordo com a lista de reprodução.

Além disso, em um caso onde um modo para selecionar um lista de reprodução é selecionado automaticamente, também é permitido selecionar um lista de reprodução apropriada de acordo com um estado de ação do usuário. No aparelho reproduutor acústico 200 desta concretização, a unidade de controle 210 implementa as funções como a unidade de extração de componente vertical 2, a unidade separadora de banda alta/banda baixa 3, a unidade de processamento de detecção/determinação de pico 4, e a unidade analisadora de posição de passo 5 no aparelho de detecção de movimento de corpo mostrado na Figura 1, e adquire precisamente o lance de ação (ritmo de ação) do usuário, de forma que seja possível selecionar automaticamente um lista de reprodução apropriada de listas de reprodução de ocasião estacionária, listas de reprodução de ocasião de caminhada, e listas de reprodução de ocasião de corrida de acordo com o estado de ação do usuário.

Quer dizer, a unidade de controle 210 do aparelho reproduutor acústico 200 desta concretização tem uma função de executar processos como extração de um componente vertical, separação do componente vertical em

banda alta/banda baixa, detecção de um candidato de posição de pico e identificação de um candidato de posição de pico, e decisão de uma posição de pico por casamento de forma de onda, na base de saídas de detecção do sensor de aceleração 201, como descrito usando a Figura 1.

5 Além disso, na base da posição de pico decidida, é permitido adquirir precisamente o estado de ação do usuário e adquirir precisamente um lance de movimento de corpo de caminhada, corrida, ou similar, de forma que, também levando o lance de movimento de corpo em conta, um lista de reprodução apropriada possa ser selecionada automaticamente de acordo com
10 o estado de ação do usuário e um pedaço de música pode ser tocado usando a lista de reprodução selecionada.

Em seguida, com referência a um fluxograma na Figura 23, um processo em um caso onde um lista de reprodução apropriada é selecionada de acordo com o estado de ação do usuário em um caso onde um
15 modo para selecionar automaticamente uma lista de reprodução no aparelho reproduzidor acústico desta concretização será descrito. Figura 23 é um fluxograma para explicar um processo em um caso onde uma lista de reprodução apropriada é selecionada de acordo com o estado de ação do usuário no aparelho reproduzidor acústico desta concretização.

20 O processo mostrado na Figura 23 é executado principalmente pela unidade de controle 210 do aparelho reproduzidor acústico 200 desta concretização. Primeiro, semelhantemente ao caso da unidade de controle 110 do pedômetro 100 mostrado na Figura 15, a unidade de controle 210 executa um processo de estimação de tipo de movimento de corpo (etapa S601). O
25 processo da etapa S601 é um processo no qual (1) como descrito usando a Figura 16, um componente vertical é extraído de um vetor de aceleração do sensor de aceleração de três eixos 201, (2) o componente vertical extraído é separado em um componente de banda alta e um componente de banda baixa, (3) usando estes componentes, como descrito usando a Figura 17, os

candidatos de posição de pico são identificados, e (4) usando informação dos candidatos de posição de pico identificados, os processos mostrados nas Figuras 20 e 21 são executados para adquirir o estado de ação e o lance de ação do usuário.

5 Note que nos processos mostrados nas Figuras 20 e 21, não é necessário executar um processo de contar o número dos passos. Não é necessário executar o processo das etapas S506 a S508 e o processo da etapa S525.

10 Então, a unidade de controle 210 determina se o estado de ação do usuário mudou (etapa S602). No processo de determinação, por exemplo, como resultados de determinação do estado de ação, o resultado de uma determinação prévia e o resultado de uma determinação atual são mantidos, de forma que seja possível determinar que o estado de ação mudou em um caso onde estes resultados são diferentes.

15 Quando é determinado no processo de determinação da etapa S602 que o estado de ação não mudou, o processo mostrado na Figura 23 é terminado, e uma próxima temporização de execução é esperada. Quando é determinado no processo de determinação da etapa S602 que o estado de ação mudou, é determinado se o estado depois da mudança, isto é, o resultado da determinação atual, é o estado "estacionário" (etapa S603).

20 Se for determinado no processo de determinação da etapa S603 que o resultado da determinação atual é o estado "estacionário", uma lista de reprodução de ocasião estacionária armazenada na unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 é usada, e um pedaço de música (música) é tocado de acordo com a lista de reprodução de ocasião estacionária
25 (etapa S604). Então, o processo mostrado na Figura 23 é terminado, e uma próxima temporização de execução é esperada.

Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S603 que o resultado da determinação atual não é o estado "estacionário", é determinado se o resultado da determinação atual é o

estado de "caminhada/corrída" (etapa S605). Quando é determinado no processo de determinação da etapa S605 que o resultado é o estado de "caminhada/corrída", é determinado se o lance de referência Ps obtido pelos processos nas Figuras 20 e 21, que é o processo da etapa S601, é menos que um valor predefinido (etapa S606).

O valor predefinido usado no processo de determinação da etapa S606 é um valor para determinar se o estado de ação do usuário está caminhando ou está correndo. Em um caso onde o lance de referência Ps não é menos que o valor predefinido, é possível determinar que o lance de referência não é ainda suficientemente rápido e que o estado é o estado de caminhada. Por outro lado, em um caso onde o lance de referência é menos que o valor predefinido, é possível determinar que o lance de referência é suficientemente rápido e que o estado é o estado de corrida.

Assim, quando é determinado no processo de determinação da etapa S606 que o lance de referência PS não é menos que o valor predefinido, o estado de ação do usuário é determinado como o estado de "caminhada", uma lista de reprodução de ocasião de caminhada armazenada na unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 é usada, e um pedaço de música (música) é tocado de acordo com o lista de reprodução de ocasião de caminhada (etapa S607). Então, a unidade de controle 210 termina o processo mostrado na Figura 23, e espera por uma próxima temporização de execução.

Por outro lado, quando é determinado no processo de determinação da etapa S606 que o lance de referência PS é menos que o valor predefinido, o estado de ação do usuário é determinado como o estado de "corrida", um lista de reprodução de ocasião de corrida armazenada na unidade de armazenamento de lista de reprodução 204 é usada, e um pedaço de música (música) é tocado de acordo com o lista de reprodução de ocasião de corrida (etapa S608). Então, a unidade de controle 210 termina o processo mostrado na Figura 23, e espera por uma próxima temporização de execução.

Como acima, o aparelho reproduutor acústico 200 desta concretização é configurado para determinar o estado de ação do usuário apropriadamente e trocar automaticamente a uma lista de reprodução de acordo com o estado de ação do usuário, de forma que seja possível tocar um
5 pedaço de música de acordo com movimento de corpo do usuário.

Note que como descrito mais cedo, há casos onde uma pluralidade de listas de reprodução está preparada individualmente como listas de reprodução de estacionamento ocasião, listas de reprodução de ocasião de caminhada, e listas de reprodução de ocasião de corrida. Em tal caso, a
10 ordem de uso pode ser definida previamente de forma que as listas de reprodução sejam usadas de acordo com a ordem, ou as freqüências de uso das listas de reprodução individuais podem ser armazenadas e uma lista de reprodução com uma baixa freqüência de uso pode ser usada, ou reciprocamente, um lista de reprodução com uma alta freqüência de uso pode
15 ser usada. Alternativamente, o usuário pode especificar previamente listas de reprodução a serem usadas individualmente relativas a listas de reprodução de ocasião estacionária, listas de reprodução de ocasião de caminhada, e listas de reprodução de ocasião de corrida.

Além disso, também no pedômetro 100 descrito mais cedo,
20 executando o processo na Figura 19 antes dos processos nas Figuras 20 e 21, é possível medir o número dos passos precisamente desde o princípio do processo de medir o número de passos.

Além disso, foi descrito que os sensores de aceleração de três eixos 101 e 201 são usados no pedômetro 100 e no aparelho reproduutor acústico 200 descrito acima. Porém, não há nenhuma limitação a isso. Um
25 sensor de aceleração de um eixo pode ser usado, ou um sensor de aceleração de dois eixos pode ser usado. Porém, em um caso onde um eixo ou sensor de aceleração de dois eixos é usado, o sensor de aceleração deve ser arranjado em uma tal direção que componentes principais de movimento de corpo

possam ser captados como sinais.

Porém, é preferível usar um sensor de aceleração de três eixos desde que restrições não surgem relativas à posição de montagem ou direção de montagem usando um sensor de aceleração de três eixos e, como descrito
5 mais cedo, executando processos tal como extração de um componente vertical e consideração de uma relação de energia entre um componente de banda alta e um componente de banda baixa.

Além disso, embora um sensor de aceleração de três eixos seja usado e um componente vertical seja extraído de um vetor de aceleração de
10 três eixos nas concretizações descritas acima, não há nenhuma limitação a isso. Por exemplo, um sinal de um eixo para o qual a intensidade de sinal é mais forte entre os três eixos pode ser considerado e selecionado como um componente vertical.

Além disso, embora um período de lance de movimento de corpo seja obtido detectando posições de pico de um componente vertical de
15 um vetor de aceleração no pedômetro 100 e no aparelho reproduzidor acústico 200 descrito acima, não há nenhuma limitação a isso. Como meio para identificar posições de pico (posições de passo), um tal mecanismo pode ser provido que uma chave é provida no fundo de sapatos e o contato da chave é fechado por
20 andar de um pé durante caminhada ou corrida, ou meio para detectar passo pode ser provido provendo uma medida de distorção no fundo de sapatos.

Além disso, desde que é possível medir precisamente o lance de movimento de corpo (ritmo de caminhada ou ritmo de corrida) do usuário no aparelho reproduzidor acústico 200 da concretização descrita acima, fazendo
25 a unidade de controle 210 controlar a unidade de processamento reprodutora de áudio 205, torna possível controlar o ritmo de reprodução de um pedaço de música que é tocada de acordo com o ritmo de movimento de corpo do usuário.

Controlando o ritmo de reprodução de um pedaço de música que é tocada de acordo com o ritmo de movimento de corpo do usuário como

descrito acima, o usuário sente um senso de envolvimento com o pedaço de música que é tocada, de forma que torna possível executar um exercício eficientemente tal como caminhar ou correr ou continuá-lo confortavelmente.

Além disso, o aparelho de detecção de movimento de corpo, método de detecção de movimento de corpo, e programa de detecção de movimento de corpo das concretizações descritas acima pode ser aplicado a vários tipos de dispositivos eletrônicos que devem ser usados detectando movimento de corpo de um usuário na direção vertical, por exemplo, treinando máquinas tais como máquinas de corrida em casa usadas em academias de ginástica ou similares, ou aparelhos reprodutores acústicos do tipo instalado, como também pedômetros e aparelhos reprodutores acústicos portáteis.

Além disso, Figuras 16 a 21 e Figura 23 são aplicações de métodos e programas de acordo com esta invenção, e é possível usar métodos de acordo com esta invenção executando processos de acordo com os fluxogramas mostrados nas Figuras 16 a 21 e Figura 23, e é possível implementar programas de acordo com esta invenção criando programas de acordo com os fluxogramas mostrado nas Figuras 16 a 21 e Figura 23.

Além disso, definindo processos em uma unidade de controle de forma que as funções das partes individuais mostradas na Figura 1 sejam implementadas, é possível implementar métodos de acordo com esta invenção. Semelhantemente, criando programas a serem executados por uma unidade de controle de forma que as funções das partes individuais mostradas na Figura 1 sejam implementadas, é possível implementar programas de acordo com esta invenção.

De acordo com esta invenção, é possível remover ruído e detectar precisamente movimento de corpo do usuário na direção vertical. Quer dizer, é possível implementar um aparelho, método, e programa para detectar movimento de corpo que são robustos contra ruído (não suscetíveis ao efeito de ruído).

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de detecção de movimento de corpo, caracterizado pelo fato de que inclui:

5 um sensor de aceleração configurado para ser montado em um corpo de um usuário;

meio de extração de componente vertical para extrair um componente vertical de uma aceleração de uma saída de detecção do sensor de aceleração;

10 meio de separação para executar separação de componente do componente vertical extraído pelo meio de extração de componente vertical em um componente de banda alta e um componente de banda baixa;

meio de detecção para detectar um candidato de posição de pico na base do componente de banda baixa do componente vertical separado pelo meio de separação;

15 meio de identificação para identificar o candidato de posição de pico detectado pelo meio de detecção como um candidato de posição de pico em um caso onde uma relação entre a energia do componente de banda baixa e energia do componente de banda alta em uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico é menos que um valor
20 predeterminado; e

meio de detecção de movimento de corpo para detectar movimento de corpo do usuário na base do candidato de posição de pico identificado pelo meio de identificação.

2. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui:

meio de decisão para fixar, porque cada candidato de posição de pico identificado pelo meio de identificação, uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico, executar casamento com uma forma de onda em outra gama predeterminada usando uma forma de onda em cada

gama predeterminada fixa como um assunto, e decidir o candidato de posição de pico incluído na forma de onda usada como o assunto como uma posição de pico em um caso onde um grau de semelhança é alto,

5 em que o meio de detecção de movimento de corpo detecta movimento de corpo do usuário na base da posição de pico decidida pelo meio de decisão.

3. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que inclui:

10 meio de estimação de intervalo para estimar um intervalo de passo executando análise relativa a um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de candidatos de posição de pico identificados pelo meio de identificação ou um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de posições de pico decididas pelo meio de decisão; e

15 meio de discriminação para discriminar pelo menos três estados de "estacionário", "caminhada/corrída", e "indefinido" como estados de ação do usuário na base do intervalo de passo estimado pelo meio de estimação de intervalo.

4. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que:

20 quando o estado é "indefinido", que é diferente do "estado estacionário", onde nenhuma posição de pico é detectada de modo algum, e em que o intervalo de passo não é regular, meio de determinação é capaz de mudar o estado de ação do usuário de "indefinido" para "caminhada/corrída" em um caso onde o intervalo de passo é estimado pelo meio de estimação de intervalo como sendo regular durante vários passos; e

25 meio de cálculo de lance de referência é provido para calcular um lance de referência na base do intervalo de passo estimado pelo meio de estimação de intervalo em um caso onde o estado de ação do usuário foi mudado pelo meio de determinação de "indefinido" para "caminhada/corrída".

5. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que:

o meio de determinação compara um intervalo de passo mais recente estimado pelo meio de estimação de intervalo com o lance de referência, e mantém o estado de " caminhada/corrida" em um caso onde uma diferença disso está dentro de uma gama de erro prefixada ou dentro de uma gama de erro predeterminada relativa a um múltiplo inteiro do lance de referência.

6. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que inclui:

meio de contagem para contar passos do usuário na base do intervalo de passo estimado pelo meio de estimação de intervalo,

em que o meio de contagem executa interpolação de contagem na base de um múltiplo inteiro do lance de referência do intervalo de passo em um caso onde o estado de ação do usuário é discriminado como "caminhada/corrida" pelo meio de discriminação.

7. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que inclui:

meio de determinação para determinar se o estado de ação do usuário é "caminhada" ou "corrida" na base do intervalo de passo estimado pelo meio de estimação de intervalo em um caso onde o estado de ação do usuário é discriminado pelo meio de discriminação como o estado de "caminhada/corrida".

8. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui:

meio de determinação para determinar se o estado de ação do usuário é "caminhada" ou "corrida" na base de um valor de pico do componente de banda baixa obtido pelo meio de obtenção e o intervalo de passo estimado pelo meio de estimação de intervalo em um caso onde o

estado de ação do usuário é discriminado pelo meio de discriminação como o estado de "caminhada/corrida".

9. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que inclui:

5 meio mantendo lista de reprodução de pedaço de música para armazenar e manter uma ou mais listas de reprodução de pedaço de musica formadas em associação com estados de ação do usuário; e

10 meio de seleção para selecionar uma lista de reprodução de pedaço de música usada para reproduzir um pedaço de música do meio de manutenção de lista de reprodução de pedaço de música de acordo com um estado de ação do usuário discriminado pelo meio de discriminação.

10. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que inclui:

15 meio reprodutor para dados de pedaço de música;
meio controlador de reprodução para controlar uma taxa de reprodução de um pedaço de música pelo meio reprodutor de acordo com um período de movimento de corpo do usuário detectado pelo meio de detecção de movimento de corpo,

20 em que o aparelho de detecção de movimento de corpo tem uma função como um aparelho reprodutor de pedaço de música.

11. Aparelho de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

25 o sensor de aceleração é de um tipo de multi-eixo, e o meio de extração de componente vertical calcula um vetor de aceleração gravitacional de um vetor de aceleração que é uma saída de detecção do sensor de aceleração de multi-eixo, e extrai um componente vertical de uma aceleração executando cálculo usando o vetor de aceleração do sensor de aceleração de multi-eixo e o vetor de aceleração gravitacional calculado.

12. Método de detecção de movimento de corpo, caracterizado

pelo fato de que inclui:

um processo de extração de componente vertical de extrair um componente vertical de uma aceleração de uma saída de detecção do sensor de aceleração configurado para ser montado em um corpo de um usuário;

5 um processo de separação de executar separação de componente do componente vertical extraído no processo de extração de componente vertical em um componente de banda alta e um componente de banda baixa;

10 um processo de detecção de detectar um candidato de posição de pico na base do componente de banda baixa do componente vertical separado no processo de separação;

15 um processo de identificação de identificar o candidato de posição de pico detectado no processo de detecção como um candidato de posição de pico em um caso onde uma relação entre a energia do componente de banda baixa e energia do componente de banda alta em uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico é menos que um valor predeterminado; e

20 um processo de detecção de movimento de corpo de detectar movimento de corpo do usuário na base do candidato de posição de pico identificado no processo de identificação.

13. Método de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que inclui:

25 um processo de decisão de fixar, porque cada candidato de posição de pico identificado no processo de identificação, uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico, executar casamento com uma forma de onda em outra gama predeterminada usando uma forma de onda em cada gama predeterminada fixa como um assunto, e decidir o candidato de posição de pico incluído na forma de onda usada como o assunto como uma posição de pico em um caso onde um grau de semelhança é alto,

em que, no processo de detecção de movimento de corpo, movimento de corpo do usuário é detectado na base da posição de pico decidida no processo de decisão.

5 14. Método de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que inclui:

um processo de estimação de intervalo de estimar um intervalo de processo executando análise relativa a um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de candidatos de posição de pico identificados no processo de identificação ou um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de posições de pico decididas no processo de decisão; e

10 um processo de discriminação de discriminar pelo menos três estados de "estacionário", "caminhada/corrída", e "indefinido" como estados de ação do usuário na base do intervalo de processo estimado no processo de estimação de intervalo.

15 15. Método de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que:

o sensor de aceleração configurado para ser montado no corpo do usuário é de um tipo de multi-eixo; e

20 no processo de extração de componente vertical, um vetor de aceleração gravitacional é calculado de um vetor de aceleração que é uma saída de detecção do sensor de aceleração de multi-eixo, e um componente vertical de uma aceleração é extraído executando cálculo usando o vetor de aceleração do sensor de aceleração de multi-eixo e o vetor de aceleração gravitacional calculado.

25 16. Programa de detecção de movimento de corpo caracterizado pelo fato de que faz um computador, o computador estando montado em um aparelho de detecção de movimento de corpo que é provido com um sensor de aceleração configurado para ser montado em um corpo de um usuário e que detecta movimento de corpo do usuário usando uma saída

de detecção do sensor de aceleração, executar:

uma etapa de extração de componente vertical de extrair um componente vertical de uma aceleração da saída de detecção do sensor de aceleração;

5 uma etapa de separação de executar separação do componente vertical extraído na etapa de extração de componente vertical em um componente de banda alta e um componente de banda baixa;

10 uma etapa de detecção de detectar um candidato de posição de pico na base do componente de banda baixa do componente vertical separado na etapa de separação;

15 uma etapa de identificação de identificar o candidato de posição de pico detectado na etapa de detecção como um candidato de posição de pico em um caso onde uma relação entre a energia do componente de banda baixa e energia do componente de banda alta em uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico é menos que um valor predeterminado; e

uma etapa de detecção de movimento de corpo de detectar movimento de corpo do usuário na base do candidato de posição de pico identificado na etapa de identificação.

20 17. Programa de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que inclui:

25 uma etapa de decisão de fixar, porque cada candidato de posição de pico identificado na etapa de identificação, uma gama predeterminada incluindo o candidato de posição de pico, executar casamento com uma forma de onda em outra gama predeterminada usando uma forma de onda em cada gama predeterminada fixa como um assunto, e decidir o candidato de posição de pico incluído na forma de onda usada como o assunto como uma posição de pico em um caso onde um grau de semelhança é alto,

em que, na etapa de detecção de movimento de corpo,

movimento de corpo do usuário é detectado na base da posição de pico decidida na etapa de decisão.

18. Programa de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 16 ou 17, caracterizado pelo fato de que inclui:

5 uma etapa de estimação de intervalo de estimar um intervalo de passo executando análise relativa a um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de candidatos de posição de pico identificados na etapa de identificação ou um padrão de série de tempo formado de uma pluralidade de posições de pico decididas na etapa de decisão; e

10 uma etapa de discriminação de discriminar pelo menos três estados de "estacionário", "caminhada/corrída", e "indefinido" como estados de ação do usuário na base do intervalo de passo estimado na etapa de estimação de intervalo.

19. Programa de detecção de movimento de corpo de acordo com reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que:

o sensor de aceleração configurado para ser montado no corpo do usuário é de um tipo de multi-eixo; e

na etapa de extração de componente vertical, um vetor de aceleração gravitacional é calculado de um vetor de aceleração que é uma saída de detecção do sensor de aceleração de multi-eixo, e um componente vertical de uma aceleração é extraído executando cálculo usando o vetor de aceleração do sensor de aceleração de multi-eixo e o vetor de aceleração gravitacional calculado.

20

FIG. 1

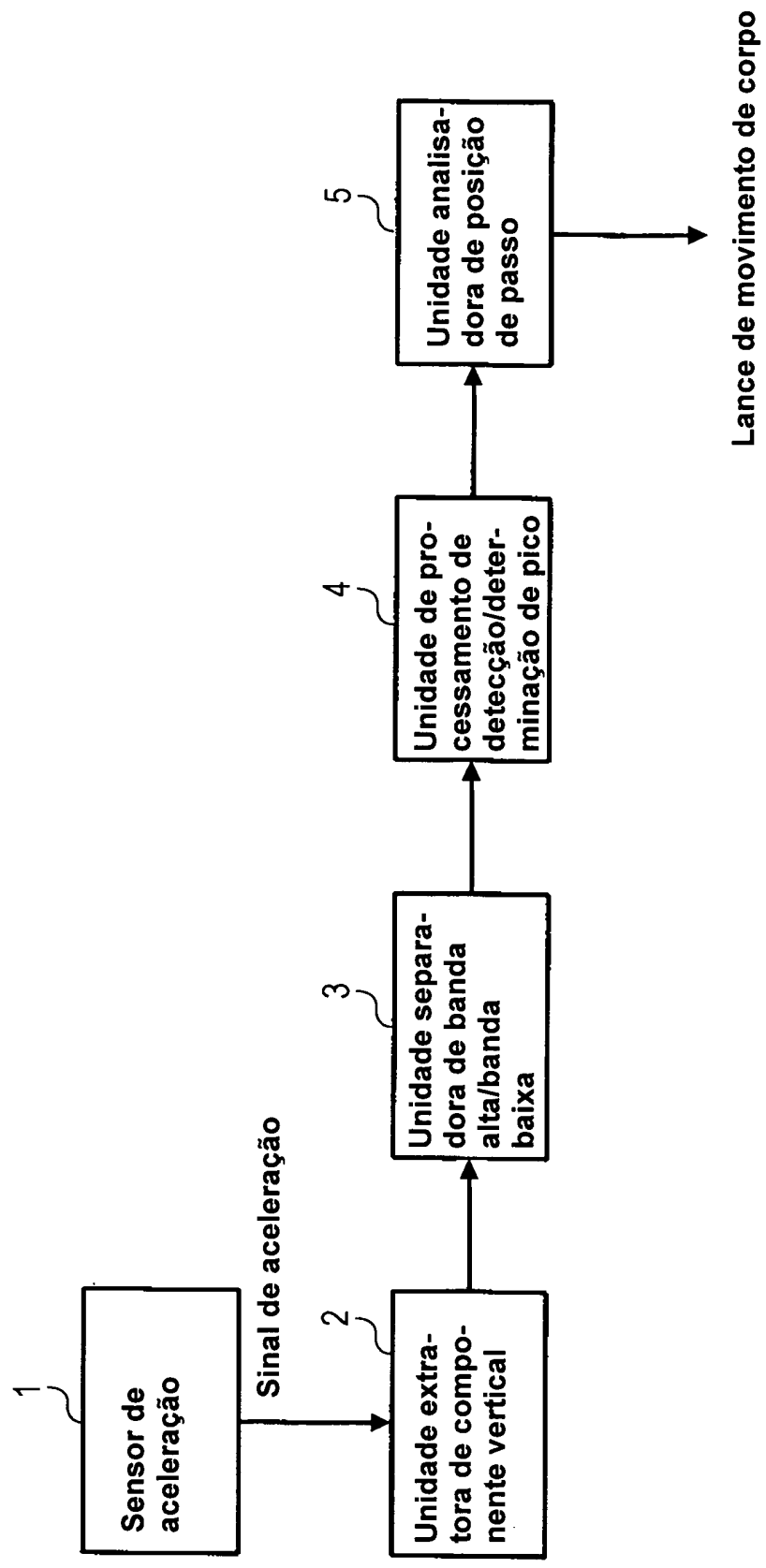


FIG. 2

$$a_n = \begin{pmatrix} a_{xn} \\ a_{yn} \\ a_{zn} \end{pmatrix} \quad \dots (1-1)$$

$$g = \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{pmatrix} \quad \dots (1-2)$$

$$v_n = \frac{g^T a_n}{|g|} \quad \dots (1-3)$$

FIG. 3

$$\theta = \tan^{-1} \frac{g_y}{g_x} \quad \dots (2-1)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{g_z}{\sqrt{(g_x)^2 + (g_y)^2}} \quad \dots (2-2)$$

$$\begin{pmatrix} a'_{xn} \\ a'_{yn} \\ a'_{zn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\phi & 0 & \cos\phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} a_n \quad \dots (2-3)$$

FIG. 4

$$h_n = \sqrt{(a'_{yn})^2 + (a'_{zn})^2} \quad \dots (3-1)$$

$$h_n = \sqrt{(a_{xn})^2 + (a_{yn})^2 - (v_n)^2} \quad \dots (3-2)$$

FIG. 5

$$a_n = \begin{pmatrix} a_{xn} \\ a_{yn} \end{pmatrix} \dots (4-1) \quad , \quad g = \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \end{pmatrix} \dots (4-2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{g_y}{g_x} \dots (4-3)$$

$$\begin{pmatrix} a'_{xn} \\ a'_{yn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} a_n \quad \dots (4-4)$$

FIG. 6

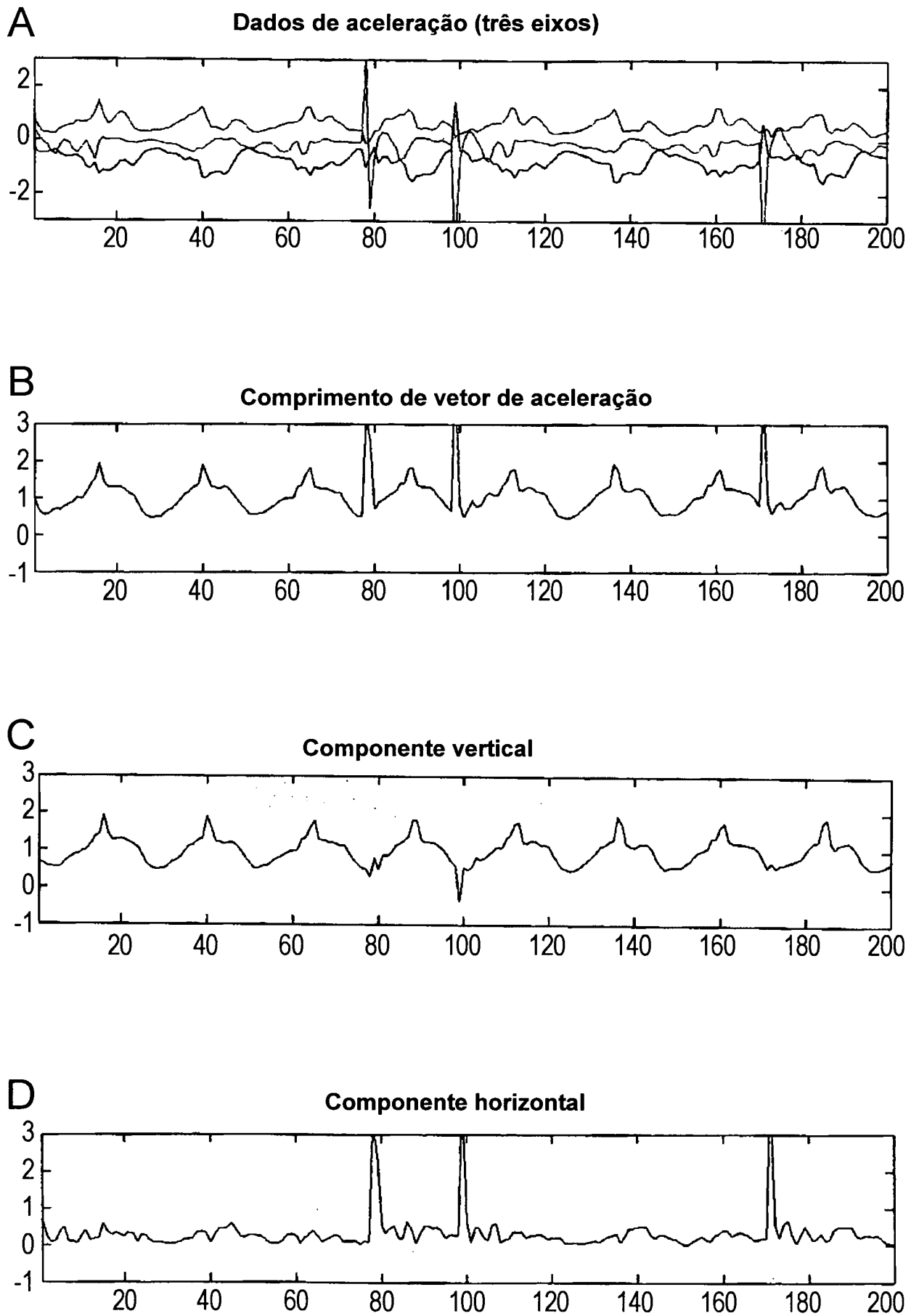


FIG. 7

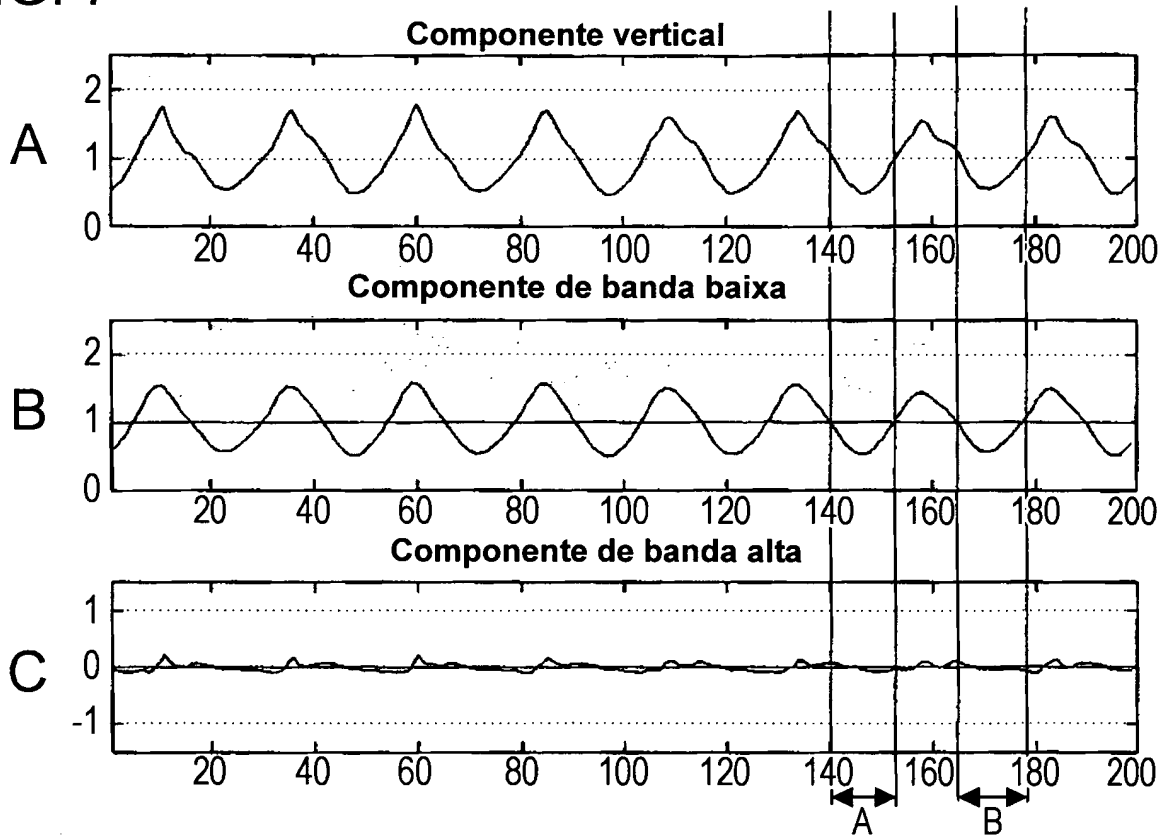


FIG. 8

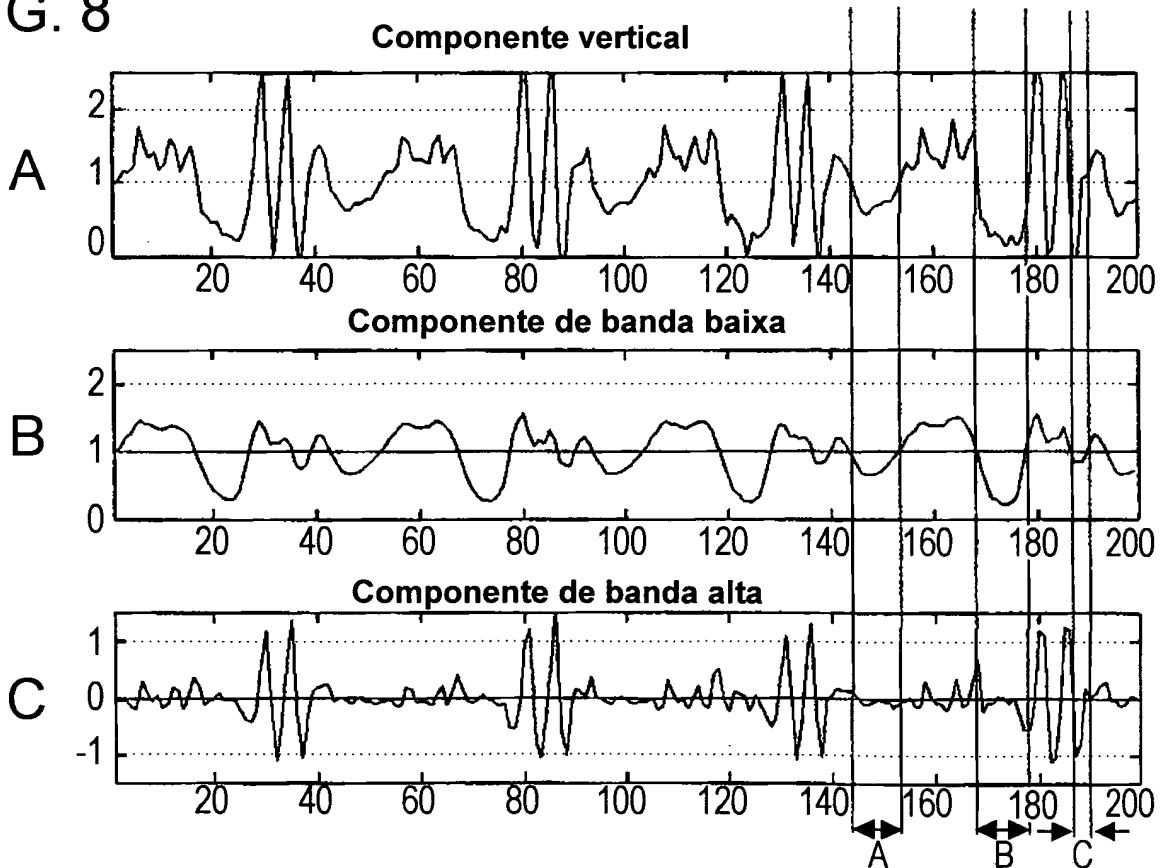


FIG. 9

$$eh = \sum_{i=n1}^{n2} (xh(i))^2 \quad \dots (5-1)$$

$$el = \sum_{i=n1}^{n2} (xl(i))^2 \quad \dots (5-2)$$

$$d = \frac{eh}{el} \quad \dots (5-3)$$

FIG. 10

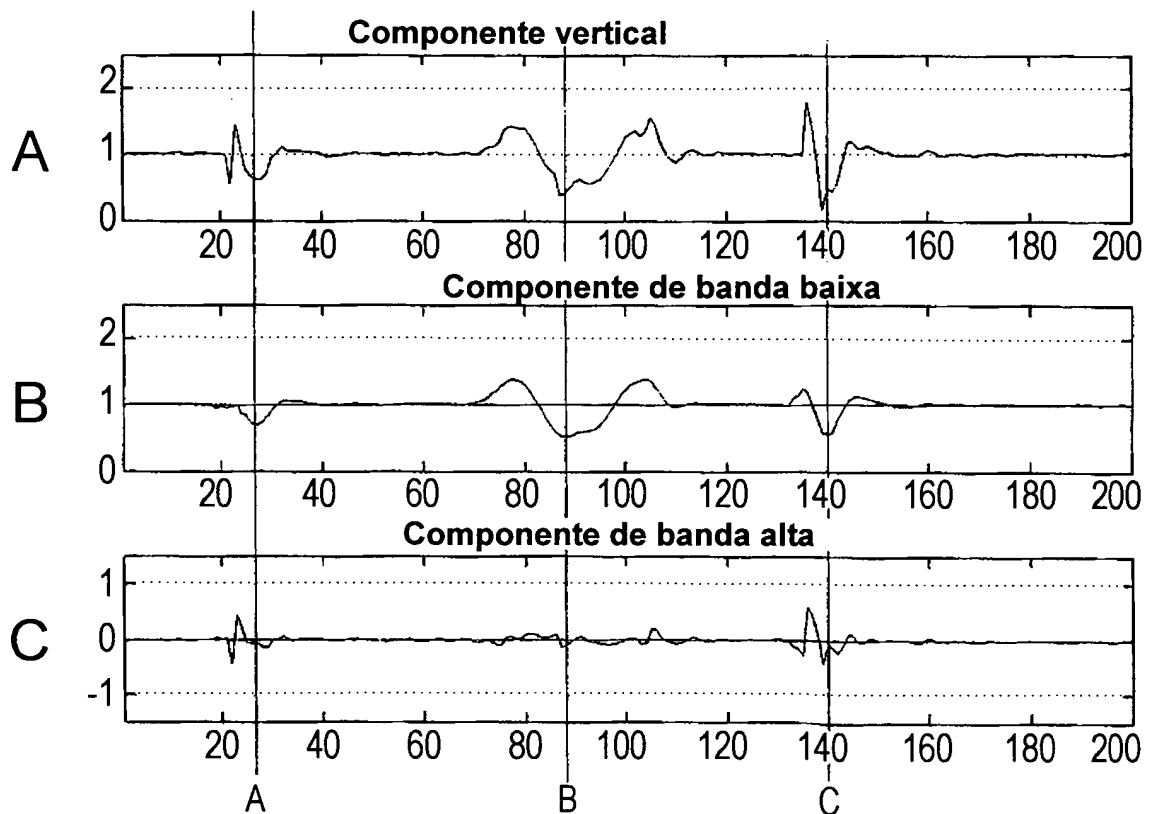


FIG. 11

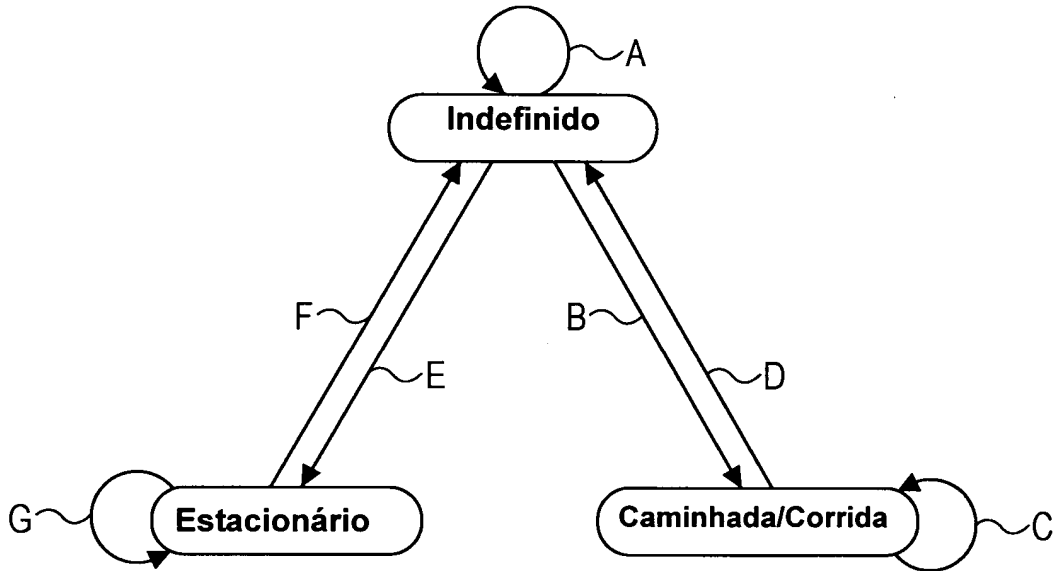


FIG. 12

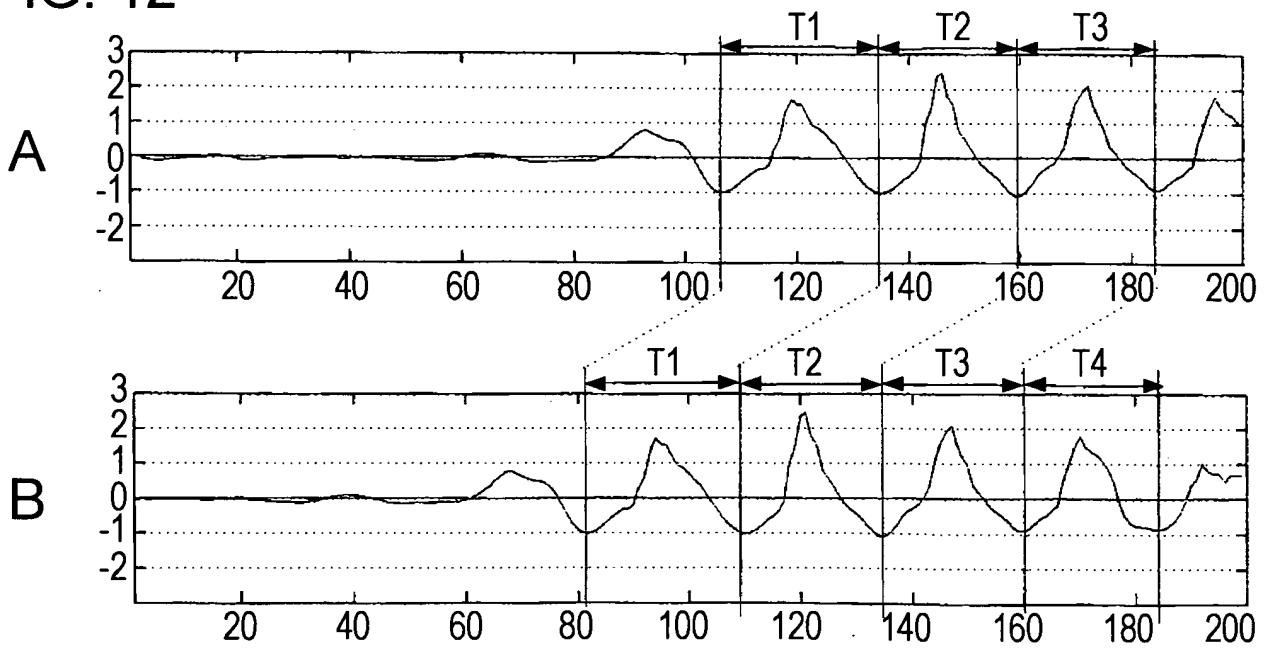


FIG. 13

$$P_s = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \quad \dots (6-1)$$

FIG. 14

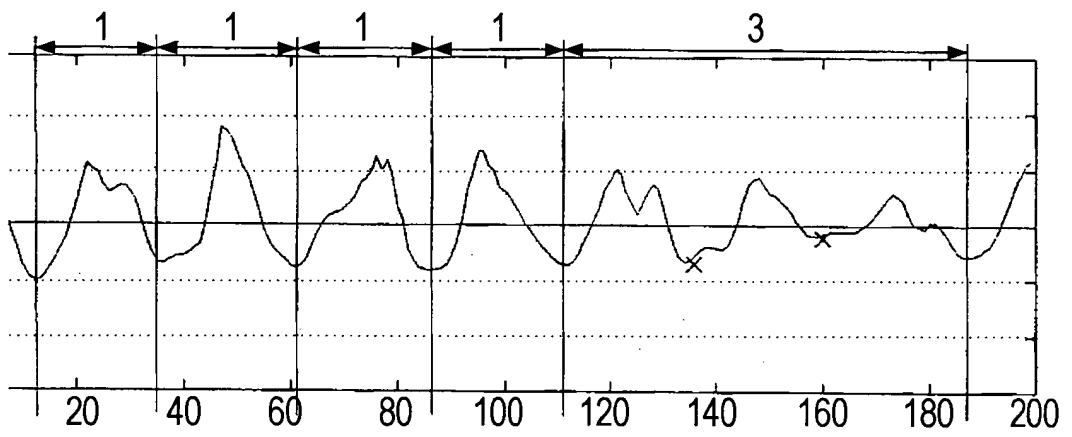
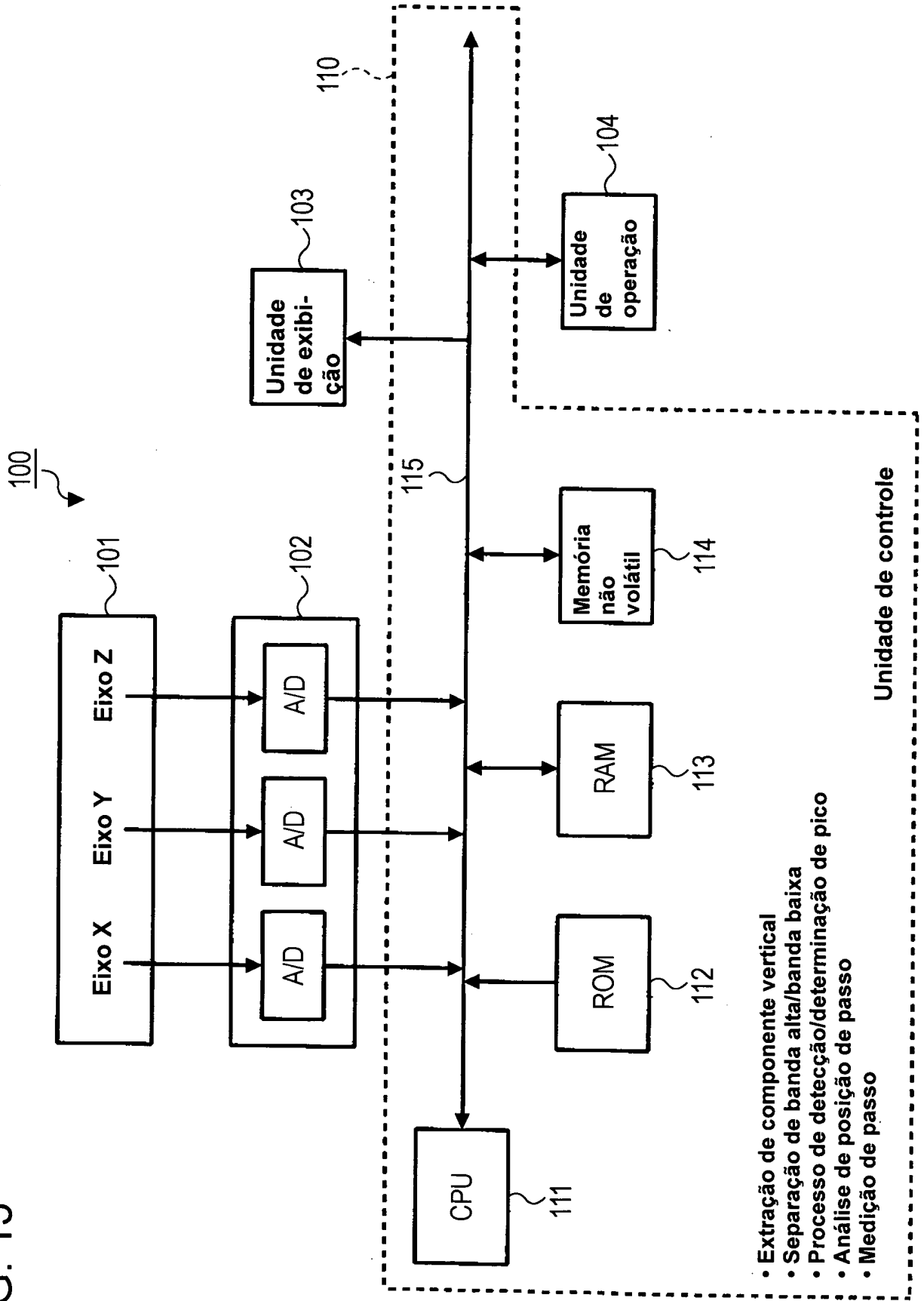


FIG. 15



- Extração de componente vertical
- Separação de banda alta/banda baixa
- Processo de detecção/determinação de pico
- Análise de posição de passo
- Medição de passo

FIG. 16

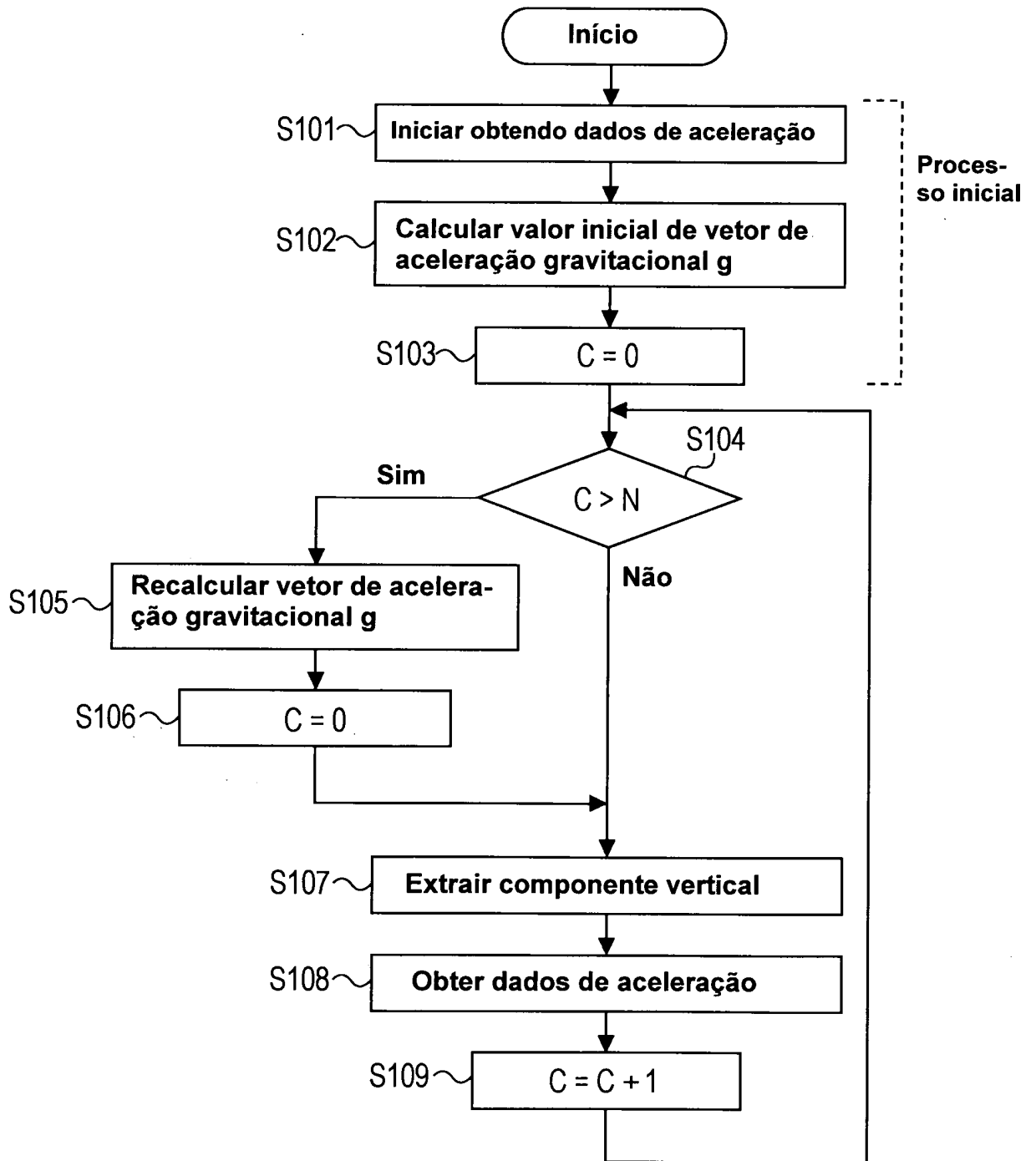


FIG. 17

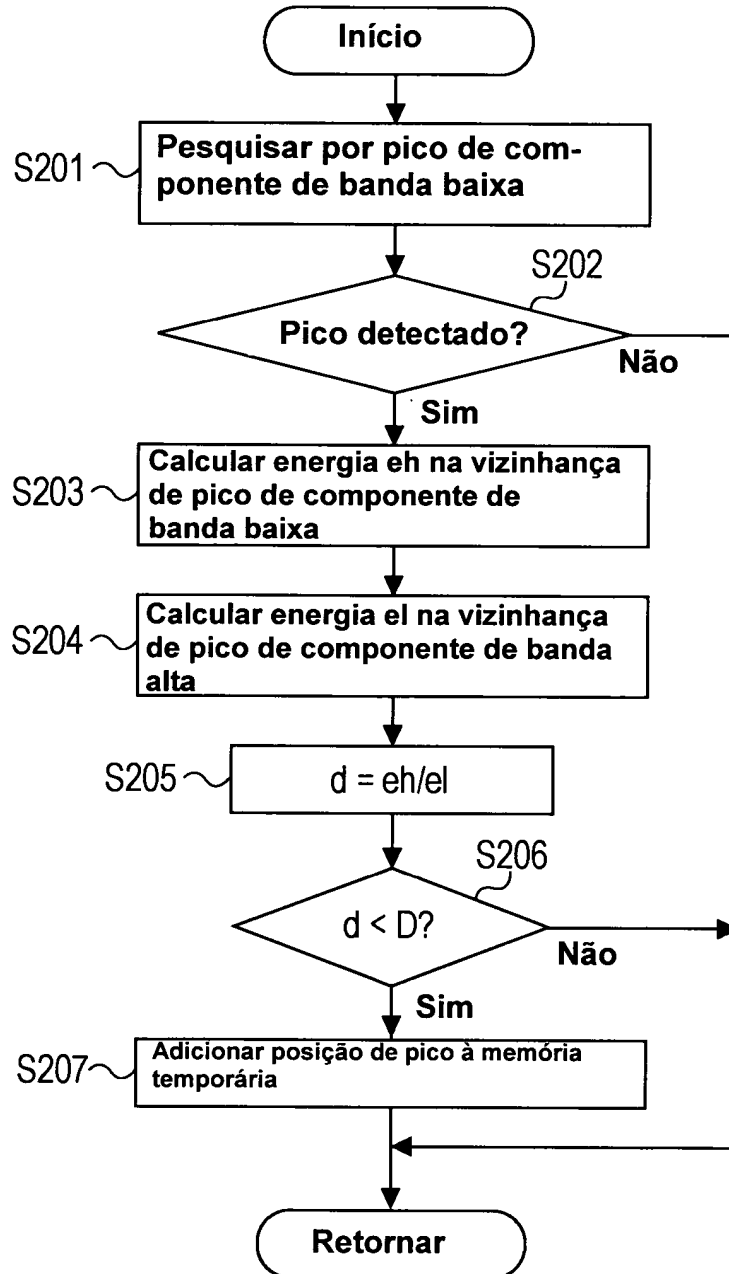


FIG. 18

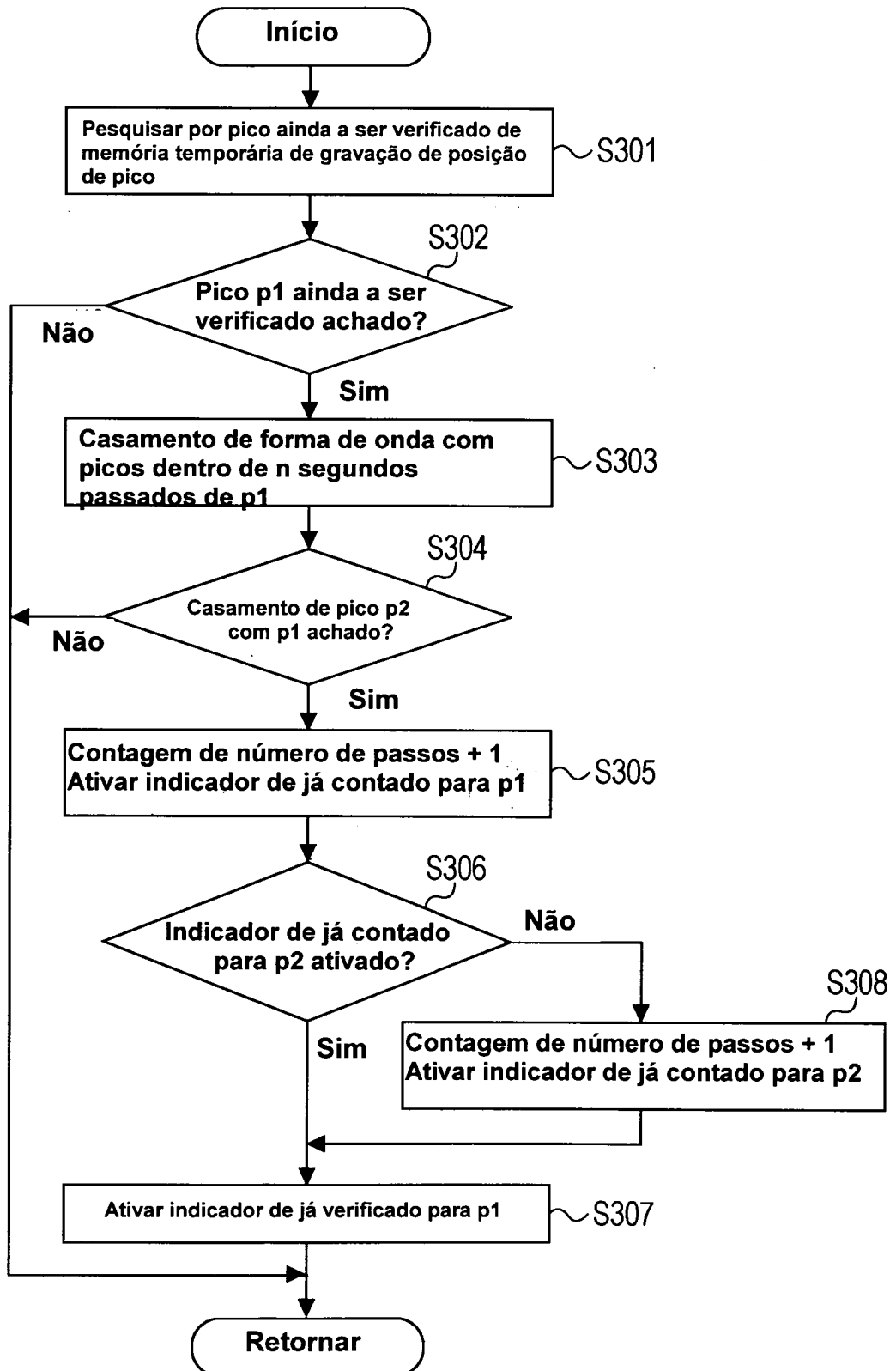


FIG. 19

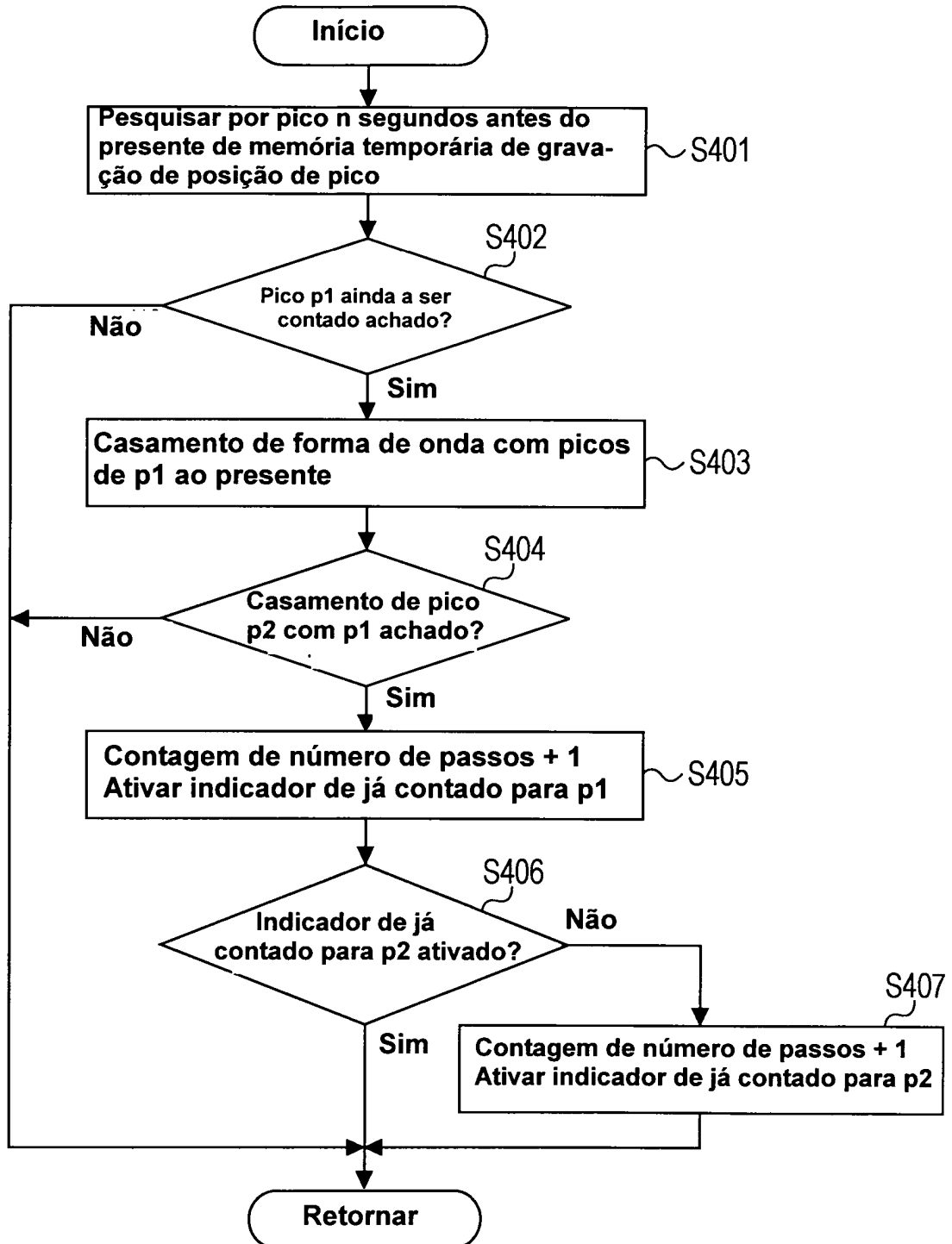


FIG. 20

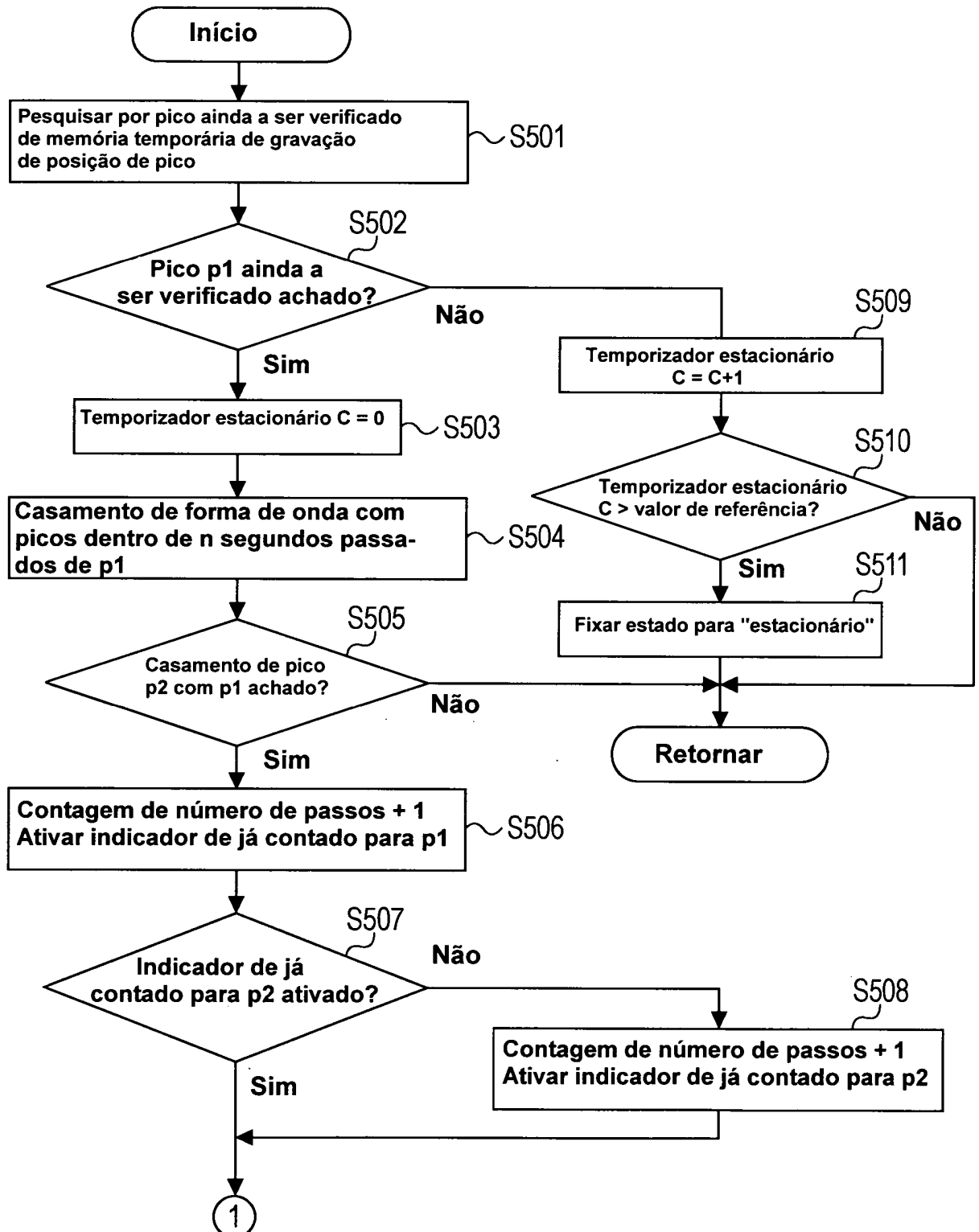


FIG. 21

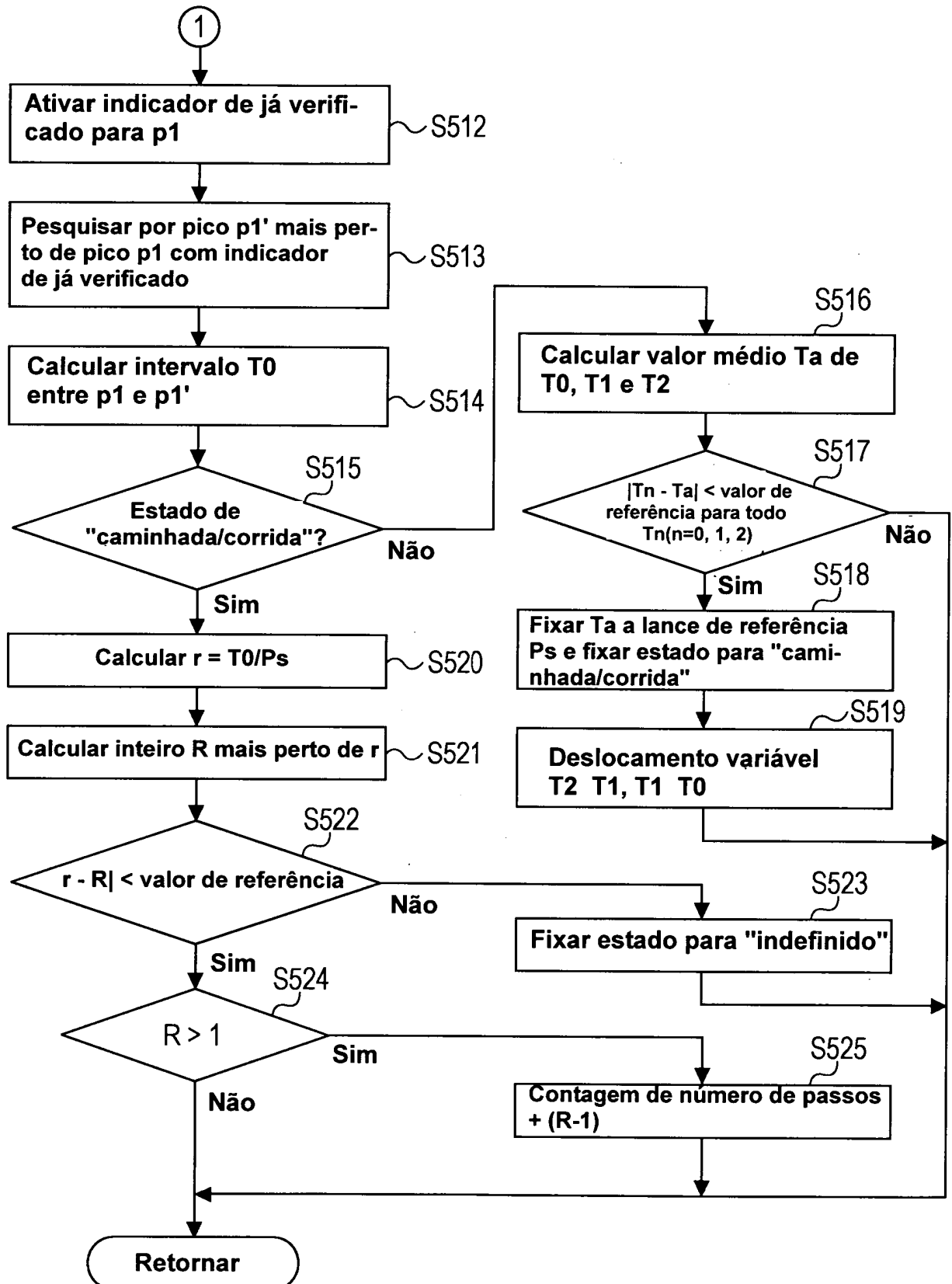


FIG. 22

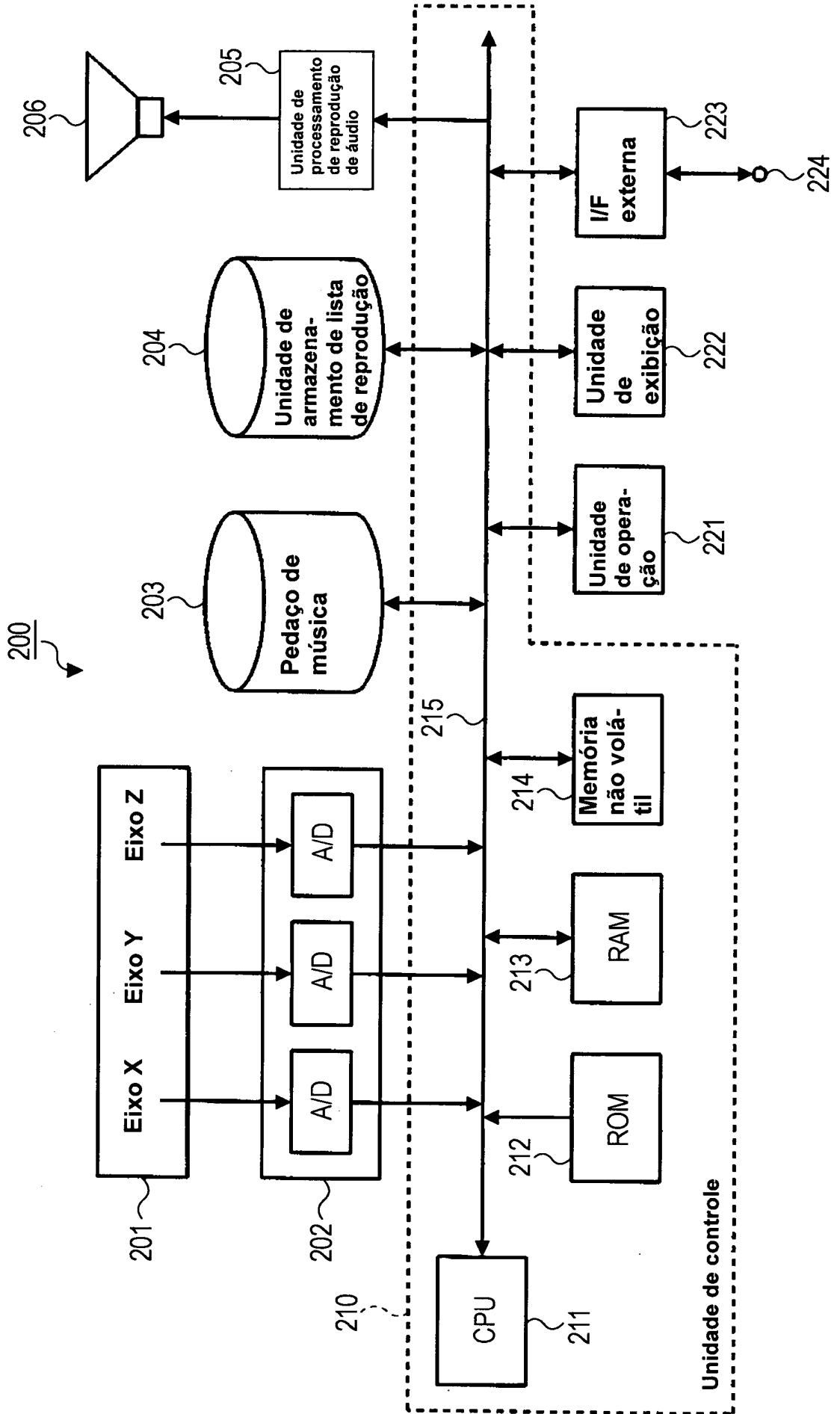
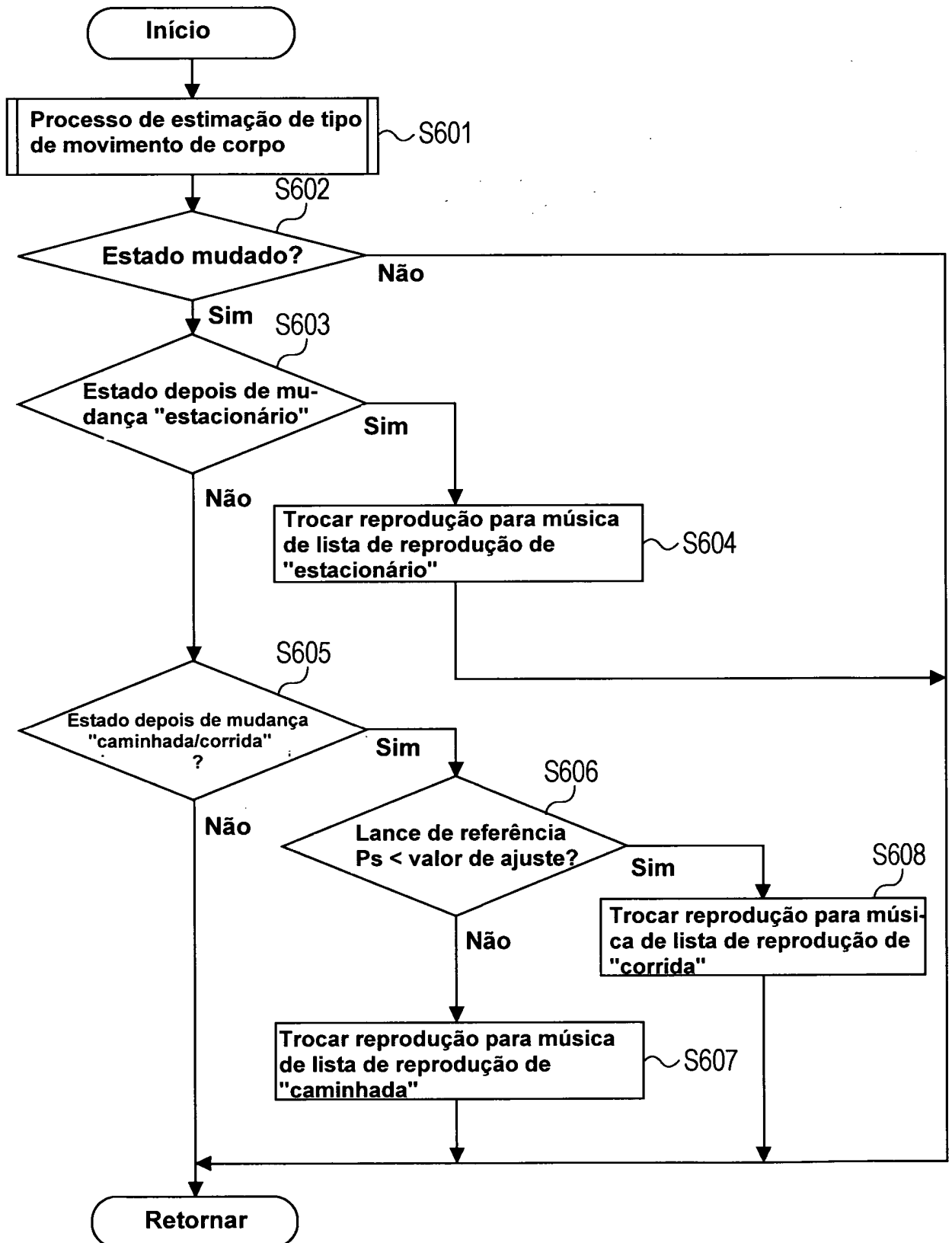


FIG. 23



RESUMO

“APARELHO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, MÉTODO DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO, E, PROGRAMA DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO DE CORPO”

5 Meio de extração de componente vertical (2) extrai um componente vertical de um vetor de aceleração correspondendo a movimento de corpo de um usuário de um sensor de aceleração de três eixos (1), e o componente vertical é separado por uma unidade separadora de banda alta/banda baixa (3) em um componente de banda alta e um componente de

10 banda baixa. Usando estes componentes, uma unidade de processamento de detecção/determinação de pico (4) detecta candidato de posição de pico de ação do usuário na direção vertical, identifica um candidato de posição de pico na base de uma relação de energia entre o componente de banda alta e o componente de banda baixa, executa casamento de forma de onda relativo a

15 uma gama predeterminada incluindo cada candidato de posição de pico, por esse meio determinando uma posição de pico, e detecta movimento de corpo na base da posição de pico, e uma unidade analisadora de posição de passo (5) detecta um lance de movimento de corpo. Por conseguinte, sem ser afetado por vários tipos de ruído, se torna possível detectar precisamente movimento

20 de corpo do usuário na direção vertical, e também detectar precisamente o lance de movimento de corpo do usuário como precisado.