



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

(11) PI 0416848-8 B1

(22) Data do Depósito: 23/11/2004

(45) Data de Concessão: 05/06/2018



(54) Título: SISTEMA E MÉTODO PARA CORRIGIR ERROS NA INFORMAÇÃO DE MOVIMENTO DE UM TREM CAUSADOS PELO DESGASTE DE UMA RODA DE TREM.

(51) Int.Cl.: G06F 7/00

(30) Prioridade Unionista: 26/11/2003 US 10/721.227

(73) Titular(es): SIEMENS INDUSTRY, INC.

(72) Inventor(es): MARK EDWARD KANE; JAMES FRANCIS SHOCKLEY; HARRISSON THOMAS HICKENLOOPER

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA E MÉTODO PARA CORRIGIR ERROS NA INFORMAÇÃO DE MOVIMENTO DE UM TREM CAUSADOS PELO DESGASTE DE UMA RODA DE TREM"**.

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A invenção diz respeito às ferrovias em geral, e mais particularmente a um sistema e método para determinar o tamanho da roda para compensar o desgaste da roda.

DEBATE DOS ANTECEDENTES

[002] O controle do movimento dos trens em um ambiente moderno é um processo complexo. Colisões com outros trens devem ser evitadas e regulações em áreas como passagens de nível devem estar de acordo. A pressão para aumentar o desempenho dos sistemas de trilho, em termos de velocidade, confiança e segurança, conduziu a muitas propostas para automatizar vários aspectos da operação de trem. Por exemplo, os sistemas do controle de trem positivo (PTC) e do controle de trem automático (ATC) foram debatidos amplamente nos últimos anos.

[003] Alguns sistemas automatizados contam com receptores de sistema de posicionamento global (GPS) para indicações de velocidade e posição do trem (como aqui usado, "sistema de posicionamento global" e "GPS" referem-se a todas as variedades de receptores de sistema de posicionamento global, incluindo, mas não limitados a, receptores de sistema de posicionamento global de diferencial. Ainda outros sistemas usam sistemas de navegação inercial (INSs) para determinar a velocidade e a localização. Porém, os receptores de GPS e INSs às vezes falham, e por isso é desejável ter um sistema de reserva.

[004] Um método que pode ser usado no caso de uma falha do sistema de posicionamento é medir a rotação do motor, eixo ou rota-

ção da roda para determinar a velocidade na qual um trem está percorrendo e/ou a distância que o trem percorreu. Cada vez que a roda faz uma revolução completa, a distância percorrida pela roda é igual a sua circunferência na ausência de qualquer deslizamento. Desse modo, se o raio R da roda for conhecido, a distância percorrida para cada revolução da roda é igual a $2\pi R$. Porém, o raio de uma roda altera com o passar do tempo devido ao desgaste da roda. Por exemplo, uma roda de trem padrão pode diminuir em tamanho de 40 polegadas para 36 polegadas (101,60 cm para 91,44 cm) em sua vida útil. Portanto, a distância percorrida em cada revolução da roda pode variar entre 125,7" (316,27 cm) e 113,1" (287,27 cm), uma diferença de aproximadamente 12,6" (32,00 cm) ou 10 %. Este erro é significativo.

[005] O que é necessário é um método e sistema que compensem o desgaste da roda.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] A presente invenção satisfaz a necessidade acima mencionada em maior proporção provendo um método e sistema para compensar o desgaste da roda em que a informação de rotação da roda de um contador de revolução ou um tacômetro e a informação de posição e/ou de velocidade de um sistema de posicionamento independente como GPS ou INS são medidas em uma distância predeterminada e usadas para determinar o tamanho das rodas do trem. Este processo é executado periodicamente para compensar o desgaste da roda.

[007] Em um aspecto da invenção, o sistema inclui uma base de dados de mapa e a informação de posição do sistema de posicionamento independente é usada como um índice para assegurar que os dados de rotação usados para a comparação de velocidade/posição entre o sistema de posição e dados de rotação são colhidos em uma área de trilho reto e plano para excluir erros nos dados de rotação

causados por deslizamento da roda e revoluções.

[008] Em outro aspecto da invenção, os dados usados para a comparação entre as velocidades/distâncias indicadas pelo sistema de posicionamento e pelos dados de rotação são colhidos em uma distância longa para minimizar os erros conhecidos no sistema de posicionamento. Em ainda outro aspecto da invenção, uma distância total percorrida é calculada usando uma técnica de integração adicionando uma pluralidade de diferenças lineares nas posições sucessivas relacionadas pelo sistema de posicionamento em períodos curtos de tempo. Esta técnica é particularmente vantajosa quando executada em seções curvadas do trilho.

[009] Em outro aspecto da invenção, a informação do sistema de posicionamento é comparada com a informação do sensor da roda para calcular um fator de correção que pode ser usado para corrigir a informação fornecida pelo sensor de roda para desgaste da roda. Em algumas modalidades, o fator de correção é calculado calculando um tamanho real da roda e comparando o tamanho real da roda calculado no tamanho nominal da roda. Em outras modalidades, o fator de correção é calculado independentemente do tamanho da roda comparando a velocidade e/ou distância indicada(s) pelo sensor de roda (usando o tamanho nominal da roda) com velocidade e/ou distância de um sistema de posicionamento.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[010] Uma avaliação mais completa da invenção e muitas das características concomitantes e vantagens destas será facilmente obtida uma vez que a mesma torna-se melhor entendida em referência à descrição detalhada a seguir quando considerada com relação aos desenhos em anexo, em que:

[011] Figura 1 é um diagrama de blocos lógico de um sistema de controle de trem de acordo com uma modalidade da invenção.

[012] Figura 2 é um fluxograma que mostra uma técnica de compensação de desgaste da roda de acordo com uma modalidade da invenção.

[013] Figura 3 é um diagrama de blocos lógico de um sistema de distribuição de sinal da velocidade do trem de acordo com outra modalidade da presente invenção.

[014] Figuras 4(a) e 4(b) são, respectivamente, desenhos esquemáticos da distância calculada por um método linear e um método de integração de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[015] Figura 5 é um fluxograma de uma técnica de compensação de desgaste da roda empregando o método de integração da Figura 4(b) de acordo com uma modalidade da invenção.

[016] Figura 6 é um fluxograma de uma técnica para calcular um fator de correção para um sensor de roda de acordo com uma modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

[017] A presente invenção será debatida com referência às modalidades preferidas dos sistemas de controle de trem. Detalhes específicos, como tamanhos da roda e tipos de sistemas de posicionamento, são expostos para fornecer uma compreensão completa da presente invenção. As modalidades preferidas e detalhes específicos debatidos aqui não devem ser entendidos para limitar a invenção.

[018] Referindo agora aos desenhos, em que tais numerais de referência designam partes idênticas ou correspondentes ao longo das várias vistas, Figura 1 é um diagrama de blocos lógico de um sistema de controle de trem 100 de acordo com a presente invenção.

[019] O sistema 100 inclui uma unidade de controle 110, que tipicamente, mas não necessariamente, inclui um microprocessador. A unidade de controle 110 é conectada a um contador de revolução 120. O contador de revolução 120 mede a rotação de uma roda da locomo-

tiva (não mostrada na Fig. 1) em um trem. O contador de revolução 120 pode ser de qualquer tipo, incluindo mecânico, magnético e óptico. O contador de revolução 120 pode medir a rotação de uma roda diretamente, ou pode medir a rotação do eixo ao qual a roda está conectada, ou pode medir a rotação de um eixo motor do motor ou engrenagem que aciona a roda.

[020] Também conectado à unidade de controle 110 está um sistema de posicionamento como um receptor de GPS 130. O receptor de GPS 130 pode ser de qualquer tipo, incluindo um receptor de GPS de diferencial. Outros tipos de sistemas de posicionamento, como sistemas de navegação inercial (INSSs) e sistemas de Loran, podem também ser usados. [Como aqui usado, o termo "sistema de posicionamento" refere-se à porção de um sistema de posicionamento que fica comumente localizado em um veículo móvel que pode ou não compreender o sistema inteiro. Desse modo, por exemplo, com relação a um sistema de posicionamento global, o termo "sistema de posicionamento" como aqui usado refere-se a um receptor de GPS e não inclui os satélites que são usados para transmitir a informação para o receptor de GPS]. O receptor de GPS 130 fornece informação de posição e de velocidade à unidade de controle 110.

[021] A unidade de controle 110 usa a informação de posição do receptor de GPS 130 como um índice em uma base de dados de mapa 140. A base de dados de mapa 140 fornece informação incluindo tipo e curvatura do trilho à unidade de controle 110. Como será explicado em mais detalhe abaixo, esta informação é usada em algumas modalidades para assegurar que a informação de rotação do contador de revolução não incluirá a informação de rotação que está corrompida devido ao deslizamento da roda e/ou erros devido à curvatura do trilho.

[022] Referindo agora à Fig. 2, um fluxograma 200 ilustra operação de um método de correção de desgaste da roda de acordo com

uma modalidade da presente invenção. A unidade de controle 110 determina se as condições do trilho são aceitáveis na etapa 210. Em algumas modalidades, isto é realizado obtendo a posição corrente do receptor de GPS 130 e indexando a base de dados de mapa 140 para determinar o tipo e curvatura do trilho em um comprimento predeterminado do trilho de chegada no qual a informação de rotação é para ser colhida.

[023] O comprimento predeterminado do trilho é preferivelmente de um comprimento suficiente de modo que quaisquer erros introduzidos pela inexatidão do receptor de sistema de posicionamento global 130 sejam minimizados. Obviamente, é vantajoso o uso de um comprimento tão grande quanto possível uma vez que o efeito dos erros dos sistemas de posicionamento é diminuído à medida que o comprimento é aumentado. Porém, há uma substitutibilidade que deve ser feita porque se o comprimento for muito grande, o tempo requerido para completar o algoritmo de correção de roda é muito longo e/ou a quantidade de curvatura e tipo no segmento de trilho no qual os dados são para ser extraídos impede a operação do algoritmo em muito trilho no sistema. Em algumas modalidades, o comprimento predeterminado do trilho é 100.000 metros. Em uma tal modalidade, com um sistema de posicionamento global tendo um erro de posição na ordem de 30 metros, o erro total é igual a $(30 + 30)/100.000 = 0,0006 = 0,06 \%$.

[024] Na modalidade descrita pela Fig. 2, a determinação sobre se condições do trilho são aceitáveis é feita no começo do algoritmo. Em outras modalidades, os dados de rotação são apenas colhidos se o trem estiver percorrendo mais que certa quantidade mínima. A razão atrás disso é que a maioria do deslizamento da roda ocorre em velocidades lentas quando uma locomotiva está tentando acelerar. A maioria das locomotivas usa motores de indução elétrica, e a maioria dos motores elétricos usados em locomotivas têm curvas de torque com tor-

ques diminuindo à medida que a velocidade aumenta de modo que não é possível a locomotiva gerar bastante torque para fazer as rodas deslizarem acima de certas velocidades. Em algumas modalidades, a velocidade mínima na qual os dados são para ser colhidos é 15.m.p.h.; em outras modalidades, a velocidade mínima é 20 m.p.h.

[025] Em ainda outras modalidades, a aceleração da roda é monitorada para detectar o deslizamento de roda. Se uma aceleração exceder um limiar, a informação colhida é descartada e o processo inteiro é recomeçado.

[026] Em ainda outras modalidades, o sistema observa as seções de chegada do trilho onde ou o tipo ou a curvatura está acima de um limiar correspondente e não inclui nos cálculos aquelas distâncias e qualquer informação de rotação correspondente colhida naquelas distâncias. Tais modalidades são particularmente úteis para ferrovias em que seções longas, retas ou de nível de trilho não estão presentes em muitas áreas.

[027] Se as condições do trilho não estão favoráveis na etapa 210, o sistema atrasa durante um período de tempo na etapa 220 e repete a etapa 210 até que as condições de trilho estejam favoráveis. Quando as condições do trilho estão favoráveis na etapa 210, a unidade de controle 110 determina uma posição de começo do receptor de posicionamento global 130 na etapa 230 e conta as rotações conforme medidas pelo contador de revolução 120 na etapa 240. Quando um limiar (que pode ser várias rotações e/ou um período de tempo) tiver sido alcançado na etapa 250, a unidade de controle 110 determina uma posição de término do receptor de posicionamento global 130 na etapa 260. Em seguida, na etapa 270, a unidade de controle 110 calcula a distância D percorrida com base nas posições de começo e de término medidas nas etapas 230 e 260, respectivamente. Depois a unidade de controle 130 determina o raio R da roda na etapa 280 de

acordo com a equação $R = D/2\pi T_r$, onde T_r é o número total de rotações contadas na distância D . A unidade de controle 110 depois demora, na etapa 290, durante um período de tempo como um dia (não é necessário operar o algoritmo frequentemente visto que as rodas do trem se desgastam lentamente).

[028] Nas modalidades acima debatidas, uma distância predeterminada é usada. Deve ser observado que a distância predeterminada variará, dependendo da precisão do sistema de posicionamento usado e do ambiente particular em que a invenção é usada.

[029] Nas modalidades anteriores, os dados não são colhidos quando o sistema determinar que as condições do trilho não estão favoráveis. Porém, em casos onde a curvatura exceder o limiar, é também possível permitir a coleta dos dados ocorrer e corrigir os dados para a curvatura.

[030] Em outra modalidade da invenção, uma técnica de integração é utilizada para corrigir a curvatura do trilho. Nesta técnica, a distância total percorrida é determinada adicionando as diferenças lineares entre as posições relatadas pelo sistema de posicionamento em uma pluralidade de intervalos curtos. Desta maneira, a soma das distâncias lineares aproxima-se estreitamente à "distância do trilho" real (a distância real percorrida do trem no trilho). Considere os exemplos mostrados nas Figs. 4(a) e 4(b) que ilustram uma seção de trilho 400 entre dois pontos A e B. Na Fig. 4(a), uma distância linear D_0 entre os pontos A e B é ilustrada. Esta distância D_0 é obviamente menor que a distância real do trilho entre os pontos A e B. Na Fig. 4(b), várias distâncias lineares D_{1-9} entre uma pluralidade de pontos intermediários são calculadas. A soma destas distâncias lineares D_{1-9} é uma aproximação muito mais próxima da distância do trilho entre os pontos A e B. À medida que a distância entre os pontos intermediários l_{0-9} diminui, a aproximação da distância real do trilho fica mais precisa.

[031] Fig. 5 ilustra um fluxograma 500 das etapas executadas pela unidade de controle 110 em uma modalidade empregando esta técnica de integração. O contador de revolução 120 é reajustado para zerar na etapa 502 (em outras modalidades, o contador de revolução é lido simplesmente na etapa 502). A posição é depois obtida do sistema de posicionamento 130 na etapa 504 e temporariamente armazenada como a última posição na etapa 506. A unidade de controle 110 depois demora durante um período de tempo na etapa 508. Como debatido acima, quanto mais curto o período for, mais precisa a aproximação será. Em modalidades preferidas, o período é um segundo.

[032] Após a demora na etapa 508, a unidade de controle 110 novamente obtém a posição corrente na etapa 510. Em seguida, a diferença linear entre a posição corrente e a última posição temporariamente armazenada é calculada na etapa 512 e a diferença é acrescentada a uma distância total na etapa 514.

[033] Se a distância total não exceder um limiar na etapa 516, as etapas 506 et seq. são repetidas. Como debatido acima, a seleção do limiar envolve uma substitutibilidade. Novamente, um limiar de 100.000 metros é usado em algumas modalidades.

[034] Se o limiar for excedido na etapa 516, o contador de revolução é lido na etapa 518. A circunferência da roda é depois calculada dividindo a distância total pelo número de revoluções do contador de revolução 120.

[035] Na modalidade descrita acima, os períodos de tempo durante o qual a distância total foi percorrida foram contíguos de modo que um período começou assim que um período anterior terminou. Isto simplificou o método eliminando a necessidade de ler o contador de revolução no princípio e no final de cada período. Aqueles de habilidade na técnica reconhecerão que não é necessário que os períodos sejam contíguos e que a invenção pode também ser praticada usando

uma pluralidade de períodos não contíguos e lendo o contador de revolução no princípio e no final de cada período (ou, alternativamente, reiniciando o contador de revolução no começo de cada período).

[036] Nas modalidades anteriores, entradas posicionais do sistema de posicionamento são usadas; porém, será facilmente evidente que a velocidade pode também ser usada. Por exemplo, se a velocidade real S do trem for conhecida do sistema de posicionamento, então o tamanho da roda pode ser determinado de acordo com a equação $S = DF_r = 2\pi RF_r$, onde D é a distância percorrida em cada rotação, F_r é a frequência de rotação da roda e R é o raio da roda. Na prática, a velocidade do sistema de posicionamento global pode ser lida várias vezes e o tamanho da roda correspondendo a cada leitura. Deve ser observado que usando a informação de velocidade ao invés da de posição permite determinar o tamanho da roda mais rapidamente que usando a informação de posição e é, portanto preferível quando o tamanho da roda for rapidamente precisado (como quando um erro total foi detectado). Porém, usando a informação de posição, especialmente em uma distância longa, resulta em maior precisão. Consequentemente, em algumas modalidades, a velocidade é usada para rapidamente gerar uma estimativa inicial e a posição é usada para gerar uma estimativa melhor mais tarde.

[037] Além disso, embora a curvatura e o tipo do trilho tenham sido determinados em referência a uma base de dados de mapa nas modalidades debatidas acima, será facilmente reconhecido por aqueles de habilidade na técnica que a curvatura e o tipo podem ser determinados da informação de altitude e direção fornecida pelo sistema de posicionamento global. Por exemplo, a curvatura do trilho pode ser determinada registrando a posição do trem como relatada pelo sistema de posicionamento em várias vezes durante o período em que os dados são colhidos. Esta informação de posição pode ser usada para

construir um perfil de curvatura de forma que a quantidade de curvatura pode ser determinada após os dados serem colhidos. Se a curvatura for maior que um limiar, os dados podem ser ignorados, ou, em algumas modalidades, corrigidos para a curvatura quando usar a técnica de integração debatida aqui. As mesmas técnicas podem ser usadas para construir um perfil de tipo.

[038] Deve também ser observado que a invenção pode ser incorporada em vários tipos dos sistemas de controle de trem, incluindo os sistemas de PTC e de ATC acima mencionados como também muitos outros.

[039] Em outra modalidade da invenção, o método de compensação de desgaste da roda é incorporado em um sistema de distribuição/conversão de sinal de sensor de roda como o sistema de QUIPTM fabricado pelo cessionário da presente invenção, Quantum Engineering. Pode haver vários sistemas a bordo de um trem que entra um sinal representativo da rotação da roda e usa aquele sinal para calcular a velocidade. Por exemplo, muitas locomotivas que foram retroequipadas com um sistema de controle de trem também são equipadas com uma exibição de velocidade separada. Tais sistemas tipicamente requerem do condutor/engenheiro ou pessoal de manutenção medir o diâmetro da roda do trem na qual o sensor da roda está fixado e ajustar os interruptores DIP ou do contrário configurar os dispositivos para indicar o tamanho da roda. Porque o tamanho da roda altera com o passar do tempo como debatido acima, estes outros dispositivos devem ser reconfigurados em alguma base periódica, assim custos de mão-de-obra aumentam.

[040] Porque pode haver vários sistemas que requerem o sinal de sensor de roda que juntos constituem uma carga elétrica maior que o sensor da roda é capaz de manipular, e porque alguns destes sistemas requerem um sinal de entrada de uma forma diferente que é pro-

vida pelo sensor de roda, sistemas de conversão/distribuição de sinal como o sistema de distribuição/conversão acima mencionado QUIP™ foram inventados. Economias substanciais podem ser percebidas modificando estes sistemas de distribuição/conversão para produzir um sinal modificado que é representativo de um sinal de sensor de roda que seria gerado por uma roda de um tamanho fixo. Desse modo, por exemplo, se o sistema de conversão/distribuição produzir um sinal de sensor de roda modificado que é representativo de uma roda de 40 polegadas (101,60 cm), cada um dos outros sistemas que usam o sinal de sensor de roda poderia ser configurado uma vez para uma roda de 40 polegadas (101,60 cm) e não necessitaria ser periodicamente reconfigurado depois disso.

[041] Um tal sistema de conversão/distribuição 300 é ilustrado na Fig. 3. O sistema inclui uma unidade de controle 1/0 conectada a um sensor de revolução da roda 320. Em algumas modalidades, o sensor da roda 320 produz uma onda quadrada, com cada borda de subida representando uma revolução da roda. Desse modo, o tempo entre as bordas principais representa o tempo levado para uma revolução total da roda. Será facilmente entendido que o sinal produzido pelo sensor de roda 320 pode ser de muitas formas, analógico ou digital, e que a forma particular do sinal não é importante. Também conectado à unidade de controle 110 está um receptor de GPS 130 e uma base de dados de mapa 140. A unidade de controle 110 é configurada para determinar o tamanho da roda usando o método descrito na Fig. 2 ou um dos outros métodos descritos aqui. A unidade de controle 110 determina a velocidade do trem que pode ser tirada do receptor de GPS 130 ou pode ser determinada com o conhecimento do tamanho da roda previamente determinado. Usando a velocidade real do trem, a unidade de controle 110 depois determina os parâmetros necessários para um sinal que seria representativo do sinal que seria gerado pelo

sensor de roda 320 se a roda fosse de tamanho predeterminado como 40" (101,60 cm). Por exemplo, onde o sensor da roda produzir um sinal de onda quadrada como debatido acima, o período da onda quadrada quando o trem estiver percorrendo a 30 m.p.h. seria a distância percorrida por uma revolução, $2\pi \times 20$ polegadas (50,80 cm), dividida pela velocidade do trem, 30 m.p.h. ou 528 polegadas/seg (13,41 m/seg), que é igual a $125,7/528 = 0,238$ segundo. Este período de 0,238 segundos é provido pela unidade de controle 110 a um gerador de sinal 180 que gera uma onda quadrada do tipo debatida acima com um período de 0,238 segundo. O sinal gerado pelo gerador de sinal 180 é depois provido para outros sistemas A, B e C 191-193. Porque o sinal produzido através do gerador de sinal 180 sempre será representativo de uma roda de 40 polegadas (101,60 cm), não é necessário reconfigurar os outros sistemas 191-193 uma vez eles foram configurados para uma roda de 40 polegadas (101,60 cm), assim reduzindo substancialmente os custos de mão-de-obra associados a estas operações.

[042] Na modalidade debatida acima, a velocidade é determinada como parte do processo de determinar os parâmetros do sinal a ser gerado pelo gerador de sinal 180. Será facilmente evidente para aqueles de habilidade na técnica que os parâmetros podem ser determinados sem calcular a velocidade de fato. Por exemplo, uma vez o tamanho de roda é determinado usando o método da Fig. 2, aquele tamanho da roda pode ser usado para formar uma razão do tamanho predeterminado da roda para o tamanho real da roda. Desse modo, por exemplo, se o tamanho predeterminado da roda for 40 polegadas (101,60 cm), e o tamanho real da roda for 36, a razão seria 40/36. A unidade de controle pode depois medir o período da onda quadrada e multiplicar o período pela razão para determinar o período do sinal que seria gerado pelo sensor de roda 320 se a roda fosse de fato de 40

polegadas (101,60 cm), e provê este período ao gerador de sinal 180 para gerar este sinal.

[043] Como debatido acima, é possível gerar um sinal para os outros dispositivos sem usar o sinal do sensor da roda 320. Ou seja, a velocidade pode ser determinada do sistema de posicionamento (e.g., receptor de GPS 130) e os parâmetros do sinal desejado podem ser enviados ao gerador de sinal de forma que um sinal pode ser gerado e distribuído aos outros sistemas, tudo sem um sensor de rotação da roda real 320. Isto permite o sistema servir como uma reserva para situações onde o sensor da roda falhar. Isto também permite substituir o sensor da roda, mas um tal sistema tem o inconveniente que não fornecerá um sinal correto quando o sistema de GPS não for operacional.

[044] Quando um trem for equipado com um sensor de roda como um contador de revolução, pode não ser possível devido ao modo em que o sensor é configurado diretamente ler a contagem de revolução. Do contrário, tais sensores calculam uma distância automaticamente multiplicando o número de revoluções pelo tamanho da roda. Similarmente, a velocidade é calculada dividindo esta distância pelo tempo. À medida que o tamanho real da roda altera, a distância e velocidade calculadas usando um tamanho nominal da roda alterarão em uma quantidade proporcional. Um modo para corrigir esta alteração é substituir o tamanho real da roda pelo tamanho nominal da roda nos cálculos debatidos acima (e.g., os interruptores DIP nos dispositivos podem ser reconfigurados para equiparar ao tamanho real da roda, ou uma memória retendo o tamanho da roda pode ser atualizada com o tamanho real da roda como determinado usando quaisquer dos métodos debatidos aqui).

[045] Porém, nem sempre pode ser possível ou prático reconfigurar o sensor com um tamanho de roda novo. Aqueles de habilidade na

técnica reconhecerão que é também possível calcular fatores de correção que podem ser usados para compensar a velocidade ou a distância indicada por tais sensores pelo desgaste da roda. Estes fatores de correção podem ser calculados com ou sem cálculo do tamanho da roda. Por exemplo, um fator de correção pode ser calculado com base no tamanho real da roda (que pode ser determinado usando os métodos debatidos acima) e o tamanho nominal da roda usado pelo dispositivo. O fator de correção pode ser, por exemplo, uma razão do tamanho nominal da roda e tamanho real da roda. A velocidade/distância recebida(s) de um sensor usando o tamanho nominal da roda é/são depois multiplicada(s) pelo fator de correção. Esta técnica é particularmente útil quando usar sensores de roda que não são reconfiguráveis ou que requerem reconfiguração manual (e.g., manualmente alterando os interruptores DIP ou outros). Desse modo, por exemplo, se o tamanho real da roda fosse 36 polegadas (91,44 cm) e o tamanho nominal da roda usado pelo dispositivo fosse 40 polegadas (101,60 cm), então o fator de correção seria $36/40 = 0,9$. Este fator de correção é depois armazenado e usado para corrigir a distância ou velocidade de um tal sensor de roda multiplicando-o por 4,9. Novamente, o tamanho real da roda usado nesta técnica pode ser determinado usando os métodos debatidos aqui.

[046] O fator de correção pode também ser calculado sem calcular o tamanho real da roda comparando a distância ou velocidade de um sensor usando um tamanho nominal da roda com uma distância ou velocidade de um sistema de posicionamento. Um método exemplar para calcular um tal fator de correção com o sistema de 100 da Figura 1 é ilustrado no fluxograma 600 da Figura 6. Na etapa 602, a unidade de controle 110 consulta a base de dados de mapa 140 para determinar se as condições do trilho são favoráveis (similarmente para a etapa 210 da Figura 2). Se as condições do trilho não estiverem favorá-

veis na etapa 602, a unidade de controle 110 demoras durante um período de tempo na etapa 604 e repete a etapa 602 até que as condições do trilho estejam favoráveis. Em algumas modalidades, uma verificação de velocidade mínima (não ilustrada na Figura 6) é também executada pelas razões debatidas acima. Quando as condições do trilho estiverem favoráveis na etapa 602, a unidade de controle 110 determina uma posição de começo do receptor de posicionamento global 130 na etapa 606 e obtém uma posição de começo correspondente do sensor da roda na etapa 608. A unidade de controle 110 obtém a posição corrente do sistema de posicionamento 130 na etapa 612 após tardar durante um período de tempo na etapa 610. Se a diferença entre a posição corrente e a posição de começo ainda não alcançou um limiar na etapa 614, a etapa 612 é repetida. Quando o limiar foi alcançado na etapa 614, a unidade de controle 110 determina umas posições de término do receptor de posicionamento global 130 e do sensor da roda 120 na etapa 616. Em seguida, na etapa 618, a unidade de controle 110 calcula um fator de correção dividindo a distância indicada pelo sistema de posicionamento (que é a diferença entre as posições de começo e de término indicadas pelo sistema de posicionamento nas etapas 606 e 616) pela distância indicada pelo sensor de roda. Desse modo, se o sistema de posicionamento indicar que a distância é 1,8 milhão, e (devido ao desgaste da roda) o sensor da roda indica que a distância é 2,0 milhas, então o fator de correção é $1,8/2,0 = 0,9$. Este fator de correção é depois armazenado e usado para corrigir qualquer velocidade ou distância do sensor da roda até o procedimento da Figura 6 ter sido executado novamente em uma base periódica para atualizar o fator de correção pelo desgaste adicional da roda.

[047] Deve ser entendido que a técnica acima pode também ser usada com a técnica de integração descrita acima com relação às Fi-

guras 4 e 5. Aqueles de habilidade na técnica reconhecerão que a técnica acima descrita pode ser modificada para calcular o fator de correção comparando as velocidades (ao invés das distâncias) do sistema de posicionamento e do sensor da roda.

[048] Obviamente, numerosas modificações e variações da presente invenção são possíveis levando em conta os ensinamentos acima. É, portanto para ser entendido que dentro do escopo das reivindicações em anexo, a invenção pode ser praticada diferente que especificamente descrita aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para corrigir erros na informação de movimento de um trem causados pelo desgaste de uma roda de trem, compreendendo:

uma unidade de controle;

uma memória conectada à unidade de controle;

um sistema de posicionamento em comunicação com a unidade de controle, o sistema de posicionamento sendo configurado para fornecer à unidade de controle informação de posição relativa ao trem; e

um sensor da roda conectado à unidade de controle, o sensor da roda sendo configurado para medir a rotação de uma roda de trem;

em que a unidade de controle é configurada para executar as etapas de:

determinar uma distância percorrida pelo trem em um intervalo, calculando uma diferença nas posições relatadas pelo sistema de posicionamento no começo do intervalo e no fim do intervalo;

obter informação de rotação da roda do sensor da roda no intervalo;

caracterizado pelo fato de compreender ainda,

determinar um tamanho novo da roda com base na distância percorrida e informação de rotação da roda;

calcular um fator de correção com base no tamanho de roda novo e um tamanho de roda nominal; e

corrigir a informação de movimento do trem indicada pelo sensor da roda usando o fator de correção.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na eta-

pa de correção é distância.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na etapa de correção é velocidade.

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a distância percorrida é determinada usando uma posição de começo e uma posição de fim do sistema de posicionamento.

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação inclui várias rotações da roda na distância.

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é também configurada para ignorar dados de rotação da roda e dados de distância quando uma velocidade do trem estiver abaixo de um limiar de velocidade.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende uma base de dados de mapa conectada à unidade de controle, em que a unidade de controle é também configurada para executar as etapas de usar informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para a base de dados de mapa para determinar uma curvatura de uma seção de chegada de trilho sobre a qual a informação de rotação da roda é para ser colhida e ignorar os dados de rotação da roda se a curvatura estiver acima de um limiar de curvatura.

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende uma base de dados de mapa conectada à unidade de controle, em que a unidade de controle é também configurada para executar as etapas de usar a informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para determinar um tipo de uma seção de chegada de trilho sobre a qual a informação de rotação da roda será colhida e ignorar os dados de ro-

tação da roda que correspondem às porções do trilho que têm um tipo acima de um limiar de tipo.

9. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é também configurada para corrigir os dados de rotação da roda que correspondem às porções do trilho que têm uma curvatura em um limiar de curvatura.

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é também configurada para monitorar uma aceleração da roda e ignorar qualquer informação de rotação que corresponde a uma aceleração acima de um limiar predefinido.

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação da roda diretamente.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um eixo ao qual a roda está conectada.

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um eixo motor que fornece uma força motriz à roda.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de uma engrenagem que faz parte de um sistema motriz para uma roda.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um motor conectado para acionar a roda.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as etapas de determinar uma distância percorrida pelo trem e obter a informação de rotação da roda do sensor da roda

são repetidas para uma pluralidade de intervalos, e o fator de correção é calculado com base na distância percorrida e informação de rotação da roda para todos os intervalos.

17. Método para corrigir erros na informação de movimento de um trem causados pelo desgaste de uma roda de trem, compreendendo as etapas de:

determinar uma distância percorrida pelo trem em um intervalo calculando uma diferença nas posições relatadas por um sistema de posicionamento localizado no trem no começo do intervalo e no fim do intervalo;

obter informação de rotação da roda do sensor da roda no intervalo;

caracterizado pelo fato de que inclui ainda as etapas de, determinar um tamanho novo da roda com base na informação de distância percorrida e de rotação da roda;

calcular um fator de correção com base no tamanho de roda novo e um tamanho de roda nominal; e

corrigir a informação de movimento do trem indicada pelo sensor da roda usando o fator de correção.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na etapa de correção é distância.

19. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na etapa de correção é velocidade.

20. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a distância percorrida é determinada usando uma posição de começo e uma posição de fim do sistema de posicionamento.

21. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracteriza-

do pelo fato de que a informação de rotação inclui várias rotações da roda no intervalo.

22. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que os dados de rotação da roda e os dados de distância são ignorados quando uma velocidade do trem estiver abaixo de um limiar de velocidade.

23. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de usar a informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para uma base de dados para determinar uma curvatura de uma seção de chegada de trilho, da qual a informação de rotação da roda será colhida, e ignorar os dados de rotação da roda se a curvatura estiver acima de um limiar de curvatura.

24. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de usar a informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para uma base de dados para determinar um tipo de uma seção de chegada de trilho sobre a qual a informação de rotação da roda é para ser colhida e ignorar os dados de rotação da roda que correspondem às porções de trilho tendo um tipo acima de um tipo de limiar classificado.

25. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende a etapa de corrigir informação de rotação da roda que corresponde às porções de trilho tendo uma curvatura em um limiar de curvatura.

26. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de monitorar uma aceleração da roda e ignorar qualquer informação de rotação da roda que corresponde a uma aceleração acima de um limiar predeterminado.

27. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação da roda é medida diretamente.

28. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação da roda é medida medindo uma rotação de um eixo ao qual a roda está conectada.

29. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação da roda é medida medindo uma rotação de um eixo motor que fornece uma força motriz à roda.

30. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação da roda é medida medindo uma rotação de uma engrenagem que faz parte de um sistema motoriz para uma roda.

31. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação da roda é medida medindo uma rotação de um motor conectado para acionar a roda.

32. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que as etapas de determinar uma distância percorrida pelo trem e obter informação de rotação da roda do sensor da roda, são repetidas para uma pluralidade de intervalos, e o fator de correção é calculado com base na informação de distância percorrida e de rotação da roda para todos os intervalos.

33. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o fator de correção é calculado formando uma razão do tamanho de roda nominal e o tamanho de roda novo.

34. Sistema para corrigir erros na informação de movimento de um trem causados pelo desgaste de uma roda de trem, compreendendo:

uma unidade de controle;

uma memória conectada à unidade de controle; e
um sistema de posicionamento em comunicação com a unidade de controle, o sistema de posicionamento sendo configurado para fornecer à unidade de controle informação de posição relativa ao trem;

onde a unidade de controle é configurada para executar a etapa de:

determinar uma distância do sistema de posicionamento percorrida pelo trem em um intervalo, calculando uma diferença nas posições relatadas pelo sistema de posicionamento no começo do intervalo e no fim do intervalo;

caracterizado pelo fato de que o sistema ainda inclui,
um sensor da roda conectado à unidade de controle, o sensor da roda sendo configurado para medir rotação de uma roda de trem e fornecer informação de movimento do trem com base em um tamanho de roda nominal;

e que a unidade de controle realiza ainda as etapas de,

determinar uma distância do sensor da roda percorrida pelo trem no intervalo com base na informação de movimento do trem do sensor da roda;

calcular um fator de correção com base na distância do sistema de posicionamento e na distância do sensor da roda; e

usar o fator de correção para corrigir a informação de movimento do trem indicada pelo sensor da roda.

35. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na etapa de correção é distância.

36. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na

etapa de correção é velocidade.

37. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a distância percorrida é determinada usando uma posição de começo e uma posição de fim do sistema de posicionamento.

38. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação inclui várias rotações da roda no intervalo.

39. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é também configurada para ignorar a distância da rotação da roda e a distância do sistema de posicionamento, quando uma velocidade do trem estiver abaixo de um limiar de velocidade.

40. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende uma base de dados de mapa conectada à unidade de controle, em que a unidade de controle é também configurada para executar as etapas de usar a informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para a base de dados de mapa para determinar uma curvatura de uma seção de chegada de trilho, e ignorar a distância do sensor da roda e a distância do sistema de posicionamento para seções de trilho para a qual a curvatura está acima de um limiar de curvatura.

41. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende uma base de dados de mapa conectada à unidade de controle, em que a unidade de controle é também configurada para executar as etapas de usar a informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para a base de dados de mapa para determinar um tipo de uma seção de chegada de trilho, e ignorar a distância do sensor da roda e distância do sistema de posicionamento, que corresponde às porções de trilho

que têm um tipo acima de um limiar de tipo.

42. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é também configurada para corrigir a distância do sensor da roda que corresponde às porções de trilho que têm uma curvatura em um limiar de curvatura.

43. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é também configurada para monitorar uma aceleração da roda e ignorar quaisquer distâncias do sensor da roda e distâncias do sistema de posicionamento que correspondem a uma aceleração acima de um limiar predeterminado.

44. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação da roda diretamente.

45. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um eixo ao qual a roda está conectada.

46. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um eixo motor que fornece uma força motriz à roda.

47. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de uma engrenagem que faz parte de um sistema motriz para uma roda.

48. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um motor conectado para acionar a roda.

49. Sistema, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que as etapas de determinar uma distância do sistema de posicionamento e determinar uma distância do sensor da roda são repetidas para uma pluralidade de intervalos, e o fator de correção

é calculado com base na distância do sistema de posicionamento percorrida e na distância do sensor da roda para todos os intervalos.

50. Método para corrigir erros na informação de movimento de um trem causados pelo desgaste de uma roda de trem, compreendendo as etapas de:

determinar uma distância do sistema de posicionamento percorrida pelo trem em um intervalo, calculando uma diferença nas posições relatadas por um sistema de posicionamento localizado no trem no começo do intervalo e no fim do intervalo;

caracterizado pelo fato de que inclui ainda as etapas de, determinar uma distância do sensor da roda percorrida pelo trem no intervalo, com base na informação de movimento do trem do sensor da roda;

calcular um fator de correção com base na distância do sistema de posicionamento e na distância do sensor da roda; e

corrigir a informação de movimento do trem indicada pelo sensor da roda usando o fator de correção.

51. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na etapa de correção é distância.

52. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que a informação de movimento do trem corrigida na etapa de correção é velocidade.

53. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que a distância percorrida é determinada usando uma posição de começo e uma posição de fim do sistema de posicionamento.

54. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que a informação de rotação inclui várias rotações da roda no intervalo.

55. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que a distância do sensor da roda e a distância do sistema de posicionamento são ignoradas quando uma velocidade do trem estiver abaixo de um limiar de velocidade.

56. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de usar a informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para uma base de dados, para determinar uma curvatura de uma seção de chegada de trilho, e ignorar a distância do sensor da roda e a distância do sistema de posicionamento para seções de trilho para as quais a curvatura está acima de um limiar de curvatura.

57. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de usar informação de posição do sistema de posicionamento como um índice para uma base de dados, para determinar um tipo de uma seção de chegada de trilho, e ignorar a distância do sensor da roda e a distância do sistema de posicionamento que correspondem às porções de trilho que têm um tipo acima de um limiar de tipo.

58. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende a etapa de corrigir as distâncias de sensor da roda que correspondem às porções de trilho que têm uma curvatura em um limiar de curvatura.

59. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de monitorar uma aceleração da roda e ignorar quaisquer distâncias do sensor da roda e distâncias de sistema de posição que correspondem a uma aceleração acima de um limiar predeterminado.

60. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação da roda diretamente.

61. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um eixo ao qual a roda está conectada.

62. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um eixo motor que fornece uma força motriz à roda.

63. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de uma engrenagem que faz parte de um sistema motriz para uma roda.

64. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que o sensor da roda é configurado para medir uma rotação de um motor conectado para acionar a roda.

65. Método, de acordo com a reivindicação 50, caracterizado pelo fato de que as etapas de determinar uma distância do sistema de posicionamento e determinar uma distância do sensor da roda são repetidas para uma pluralidade de intervalos, e o fator de correção é calculado com base na distância do sistema de posicionamento percorrida e na distância do sensor da roda para todos os intervalos.

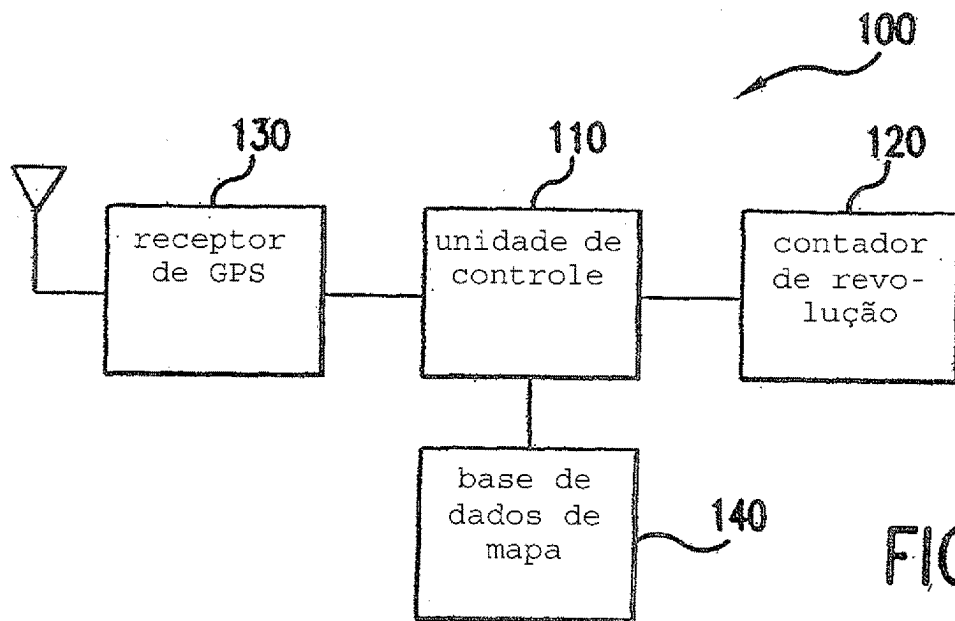


FIG.1

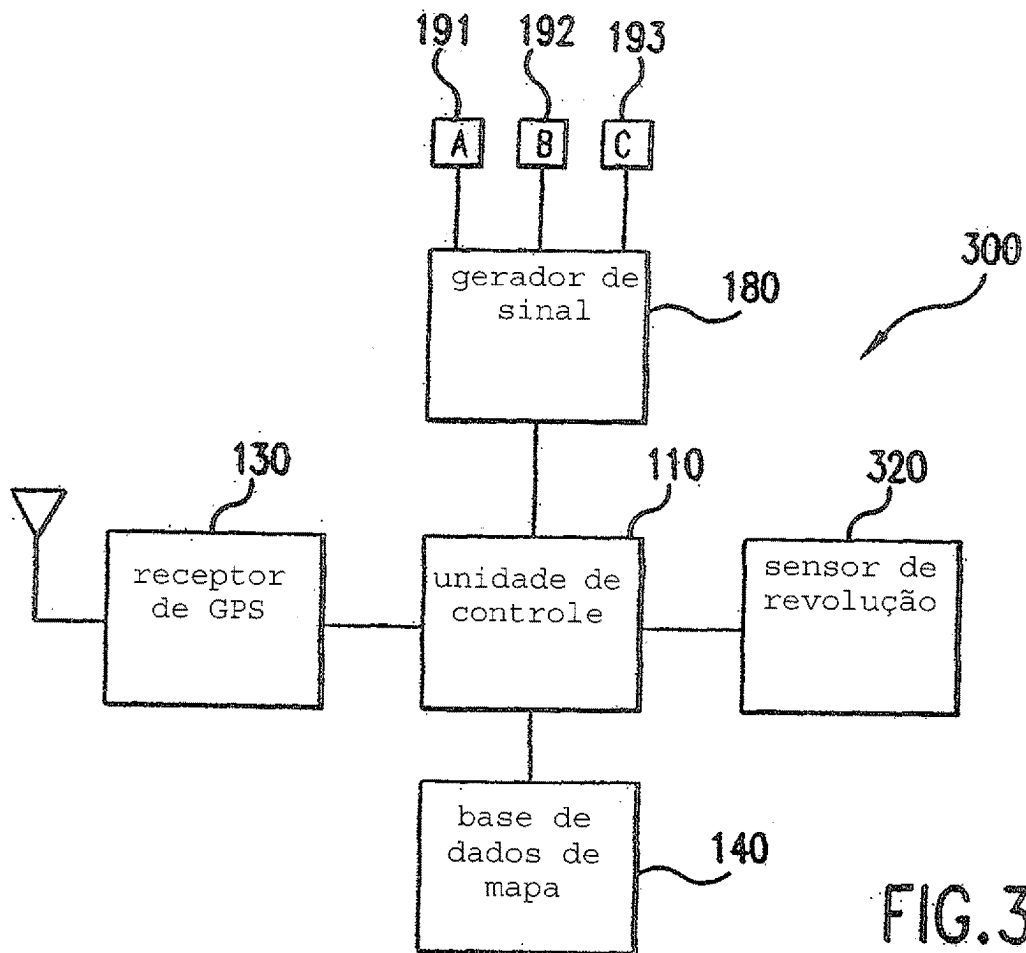
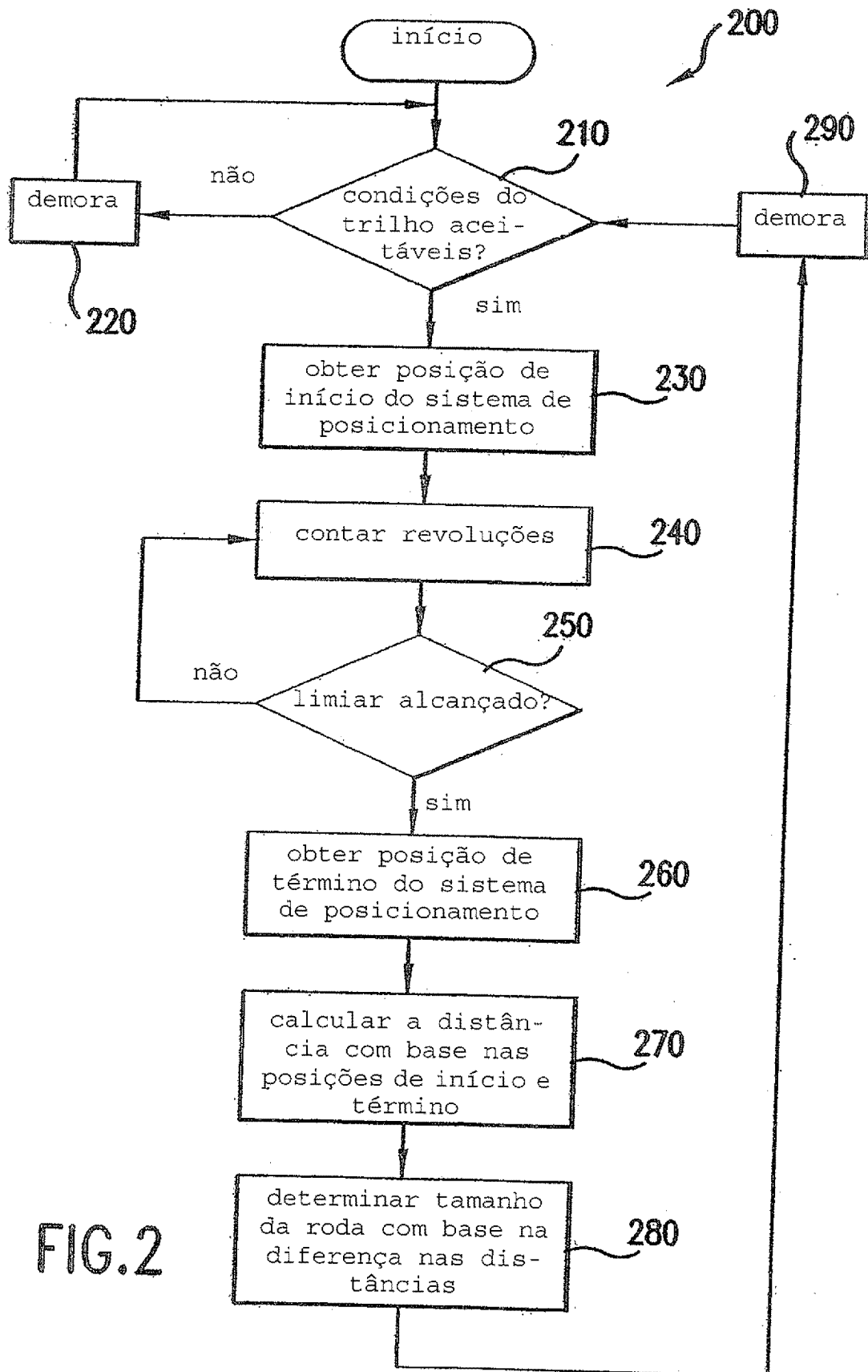


FIG.3



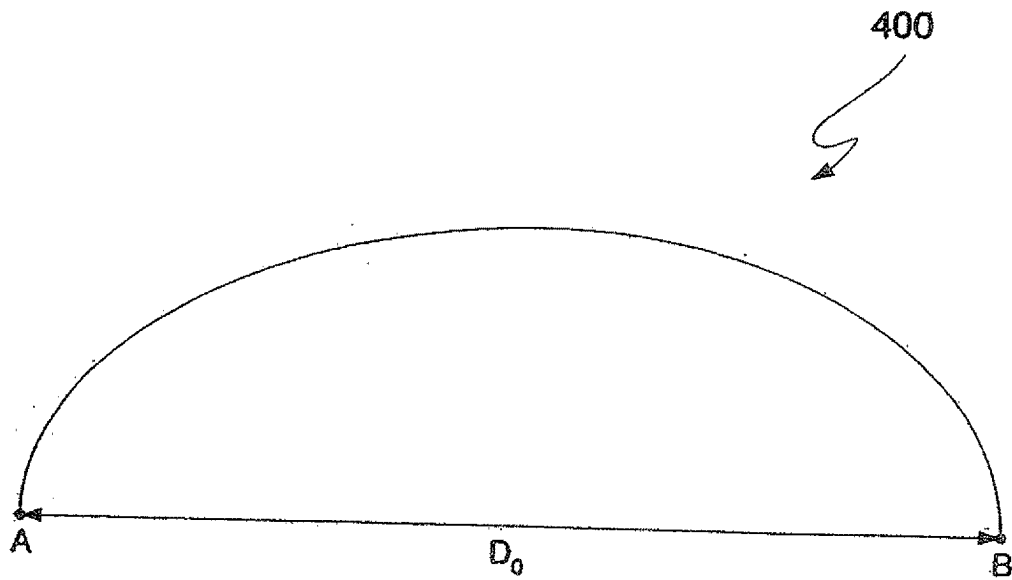


FIGURA 4 (a)

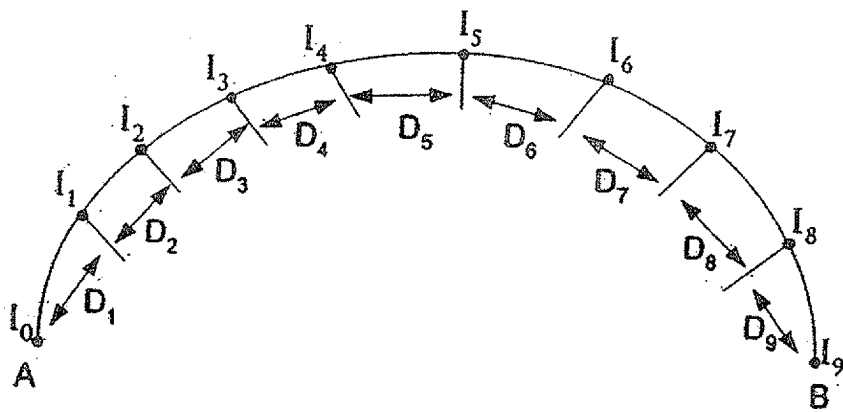


FIGURA 4 (b)

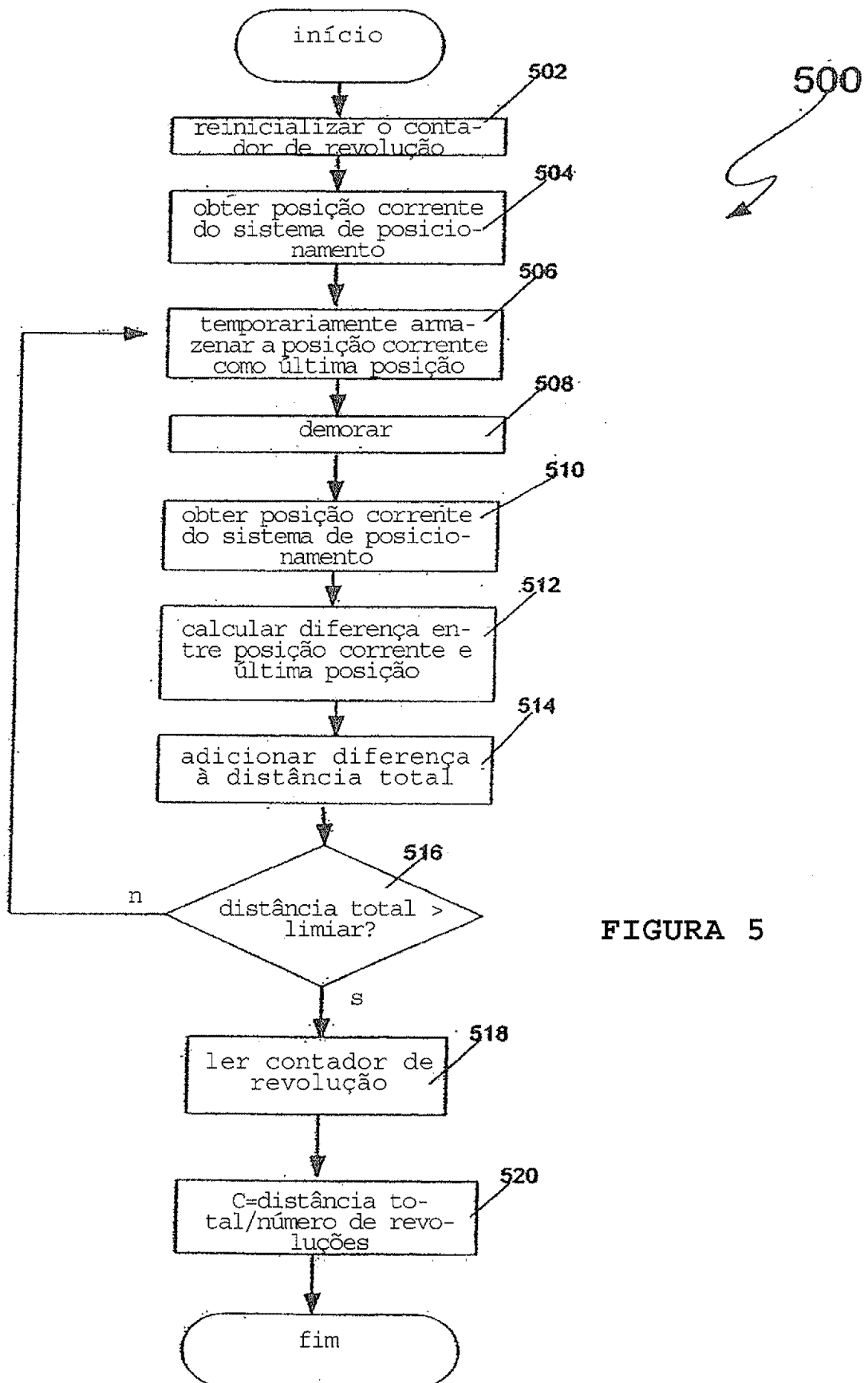


FIGURA 5

