



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

(21) **PI0620433-3 A2**

(22) Data de Depósito: 22/12/2006
(43) Data da Publicação: 16/11/2011
(RPI 2132)



(51) *Int.Cl.:*
B61L 3/00

(54) Título: SISTEMA DE MONITORAÇÃO PARA MONITORAR CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E MÉTODO PARA MONITORAÇÃO DE UNIDADES MÓVEIS

(30) Prioridade Unionista: 23/12/2005 US 60/753,593

(73) Titular(es): ASF-Keystone, Inc

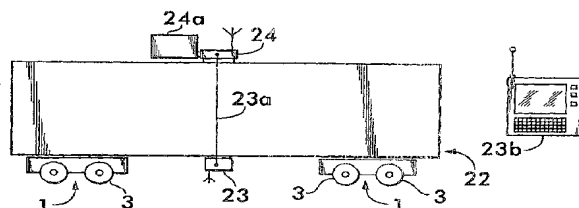
(72) Inventor(es): Michael J. Mc Cann, William Lefebvre

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006049221 de 22/12/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/076107de 05/07/2007

(57) Resumo: SISTEMA DE MONITORAÇÃO PARA MONITORAR CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E MÉTODO PARA MONITORAÇÃO DE UNIDADES MÓVEIS. A presente invenção refere-se a uma monitoração de vagão que utiliza apoios flexíveis instrumentados suportados dentro dos mordentes de pedestal do truque nos adaptadores de mancal. Os apoios contêm sensores para monitorar temperatura, pressão, cargas de mudança, flutuação por estabilidade do truque e similares e têm conjunto de circuitos para processar a informação recebida dos sensores e para processar e relatar divergências das variáveis de desempenho para uma fonte remota. O sistema ativa, de maneira cíclica, a sondagem de cada apoio em um vagão e comunica os sinais de divergências críticas e a identidade do vagão para uma fonte remota.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**SISTEMA DE MONITORAÇÃO PARA MONITORAR CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E MÉTODO PARA MONITORAÇÃO DE UNIDADES MÓVEIS**".

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um sistema de monitoração para trens de ferrovia e semelhantes, e mais particularmente a um sistema que usa um apoio de adaptador de mancal de bastões instrumentado para detectar a ocorrência e causa de fraco desempenho no conjunto de roda, truque, vagão de carga ou nível do trem.

10 Antecedentes da Invenção

 Mais do que nunca, donos e operadores de vagões precisam de um melhor entendimento de como seus bens estão funcionando. Com vagões mais pesados em serviço, existe uma necessidade maior de identificar "agentes ruins" (vagões que podem danificar a infra-estrutura da linha férrea e levar aos descarrilamentos) assim que seu desempenho se torna inaceitável. Existe também uma necessidade de aumentar a velocidade média do trem melhorando o desempenho em alta velocidade e reduzindo interrupções de serviço não planejadas através de falhas mecânicas. Os donos do vagão cada vez mais buscam implementar programas de manutenção preventiva para evitar falhas mecânicas e planejar reparos em uma instalação e tempo de sua escolha. Finalmente, com mais automação das operações da estrada de ferro e regulação crescente para melhorar a segurança, a indústria de ferrovia precisa de novas maneiras para monitorar o desempenho dos trens, vagões e truques de vagão.

25 Alguns dos critérios de desempenho que precisam ser monitorados incluem condição e temperatura do mancal de bastões, deslocamento do adaptador do mancal de bastões, condição da roda, flutuação por instabilidade/deformação/aderência do truque, estado e desempenho do freio, se um descarrilamento parcial ocorreu e condição de linha férrea potencialmente problemática. Desde que alguns desses problemas de desempenho poderiam levar muito rapidamente a uma falha catastrófica do trem, é desejável monitorar e relatar exceções para a locomotiva ou para uma instalação de manipulação de dados central tão rapidamente quanto possível. Além do

30

que, dado o ambiente exigente no qual os trens de ferrovia operam, qualquer sistema deve estar robusto, confiável e capaz de operar por longos períodos com pouca ou nenhuma manutenção. Além disso, para ser eficaz no custo, ele não deve adicionar custo significativo para instalar e manter o sistema.

- 5 Desde que existem mais do que 1,5 milhão de vagões de carga na América do Norte somente, e um sistema de monitoração de todos os vagões em uso é altamente desejável, qualquer tal sistema precisa ser capaz de lidar com um número muito grande de dispositivos potenciais.

- 10 Uma abordagem amplamente adotada na América do Norte é usar detectores de defeito à margem da ferrovia em localizações fixas por toda a rede ferroviária. Detectores medindo a temperatura do mancal (detectores de caixa de mancal superaquecida pelo atrito) são comuns, enquanto outros detectores à margem da ferrovia para medir impactos da roda, condição do mancal (das assinaturas acústicas) e forças laterais estão gradual-
- 15 mente sendo introduzidos. Entretanto, embora um detector possa monitorar muitos vagões de carga quando eles passam, eles podem somente prover uma verificação pontual sobre o desempenho. É muito possível que os defeitos se tornem evidentes e aumentem para um nível crítico somente entre os detectores. Um sistema que está continuamente monitorando o desempenho
- 20 do vagão é necessário.

- Uma outra abordagem para a monitoração do desempenho do vagão tem sido usar instrumentação a bordo. Um tal sistema proeminente foi desenvolvido para a Administração de Ferrovia Federal. Nesse e em outros sistemas similares, um número de instrumentos em áreas diferentes de um
- 25 vagão de carga é usado para fazer medições discretas antes de serem comunicadas para um cubo de roda central no vagão de carga. Embora provendo uma solução superior a essa provida pelos monitores à margem da ferrovia, a fiação, a complexidade e os custos aumentam o investimento requerido para monitorar os vagões.

30 Sumário e Objetivos da Invenção

Essa invenção tem o objetivo de prover meios para continuamente, enquanto em serviço, monitorar o comportamento e a condição dos

truques, rodas e mancais de um vagão de ferrovia e prover ambos a garantia regular de desempenho apropriado e, quando necessário, o aviso de falha iminente ou real em uma maneira em tempo e útil para os operadores e donos do trem do qual ele forma uma parte.

5 É um objetivo adicional dessa invenção que o desempenho do vagão e seus componentes possam ser combinados com os dados de operação da locomotiva para prover um sistema de monitoração de trem completo.

10 É um objetivo adicional dessa invenção prover tal funcionalidade com recurso mínimo para fazer conexões elétricas por fiação entre os componentes montados nos truques do vagão ou entre os componentes montados nos truques e os componentes montados em outras partes do vagão e outras partes do trem, incluindo a locomotiva.

15 É um objetivo adicional dessa invenção que os componentes possam ser inseridos ou removidos para inspeção e reparo ou substituídos durante o trabalho de manutenção normal nos vagões.

20 É um objetivo adicional dessa invenção prover meios para a análise em tempo de medições feitas durante a operação do trem de modo que a informação sobre o desempenho ou a falha possa ser enviada em uma maneira concisa de modo que não exista necessidade que as medições detalhadas sejam transmitidas.

25 É um objetivo adicional dessa invenção que as mensagens enviadas sobre o desempenho ou a falha contenham informação suficiente que a localização exata no trem do item ou itens em questão possa ser determinada de maneira inequívoca, e que a localização do trem ou realmente do vagão de carga possa ser relatada, caso essa informação esteja disponível.

30 É um objetivo adicional da invenção que quando operando de maneira sem fio, isso possa ser expandido para explorar as escolhas disponíveis das frequências de operação (canais) para proporcionar alívio de interferência entre os vagões sucessivos (adjacentes) em um trem ou de outro equipamento operando na mesma faixa de frequências.

Embora a discussão que segue descreva o veículo como um

vagão de carga, será entendido que os mesmos métodos são aplicáveis a qualquer ferrovia ou, em alguns casos, outros veículos de múltiplos eixos. Além do mais, embora a descrição que segue represente um vagão de carga com dois truques (ou boguis), ela é aplicável a quase qualquer configuração com mais ou menos truques ou eixos.

Breve Descrição dos Desenhos

As figuras 1-3 são vistas esquemáticas mostrando a disposição dos componentes adequados para uso na execução dos objetivos da presente invenção,

10 A figura 4 é uma vista em perspectiva explodida de porções de um truque de ferrovia ilustrando a posição de um apoio instrumentado da invenção com relação ao truque de ferrovia e

As figuras 5-7 são vistas esquemáticas ilustrando configurações alternativas dos elementos da invenção.

15 Descrição Detalhada das Modalidades

Com referência agora às figuras 1, 2 e 4, os truques 1, mostrados diagramaticamente, transportam, cada um, dois eixos 2, cada um com duas rodas 3. Os mancais do eixo 2a e os adaptadores de mancal 4, melhor mostrados na figura 4, são configurados de modo que cada mancal transmite a carga que ele transporta e o calor que ele pode gerar através dos apoios 16 e para o truque.

25 A figura 4 ilustra uma porção de um truque de vagão 1 mostrando a relação de um apoio instrumentado 16 em relação a outras partes do truque. Na figura 4, uma extremidade de uma armação lateral do truque 12 é mostrada. Cada armação lateral tem um par de mordentes de pedestal estendidos para baixo 13. Paredes laterais paralelas 14 de cada mordente de pedestal junto com uma seção de teto 15 se combinam para formar uma abertura do mordente de pedestal.

30 O truque também inclui adaptadores de mancal 4, um dos quais é mostrado na figura 4. Os adaptadores têm uma superfície superior geralmente retangular com pernas pendentes que se estendem dos cantos da estrutura superior. As pernas têm superfícies laterais curvadas de revesti-

mento que são configuradas de modo a repousar na superfície externa de um mancal 2a montado na extremidade do eixo de mancal da roda 2. O adaptador é tipicamente compreendido de aço fundido. O apoio do adaptador 16 é geralmente retangular na vista plana e tem pernas pendentes. O apoio 5 do adaptador 16 é preferivelmente compreendido de um polímero elastomérico moldado fundido ou injetado. O apoio do adaptador 16 é formado para se acomodar sobre a superfície superior do adaptador 4 que, como indicado acima, se acomoda por sua vez no mancal. O adaptador e os detalhes do apoio como eles se relacionam com sua função como um recurso de susten- 10 tação e atenuação de carga são mais particularmente descritos no Pedido Publicado U.S. Nº 2005/0268813, datado de 8 de dezembro de 2005.

Com referência também à figura 2, os apoios 4 são acomodados na superfície retangular superior do adaptador de mancal. Cada mancal transmite as cargas que ele transporta e o calor que ele pode gerar através 15 do adaptador para o apoio que ele transporta e assim, para o truque do vagão.

A figura 3 mostra, em forma esquemática, um apoio do adaptador 16 modificado para executar os objetivos da presente invenção. O apoio contém uma pluralidade de sensores 5 que são preferivelmente embutidos 20 no seu lado superior e superfícies inferiores ou em outras localizações tal como suas superfícies de extremidade como pode ser necessário para as finalidades da invenção como explicado mais totalmente abaixo. Na forma preferida, o apoio 16 tem uma porção de fixação estendida 17 localizada de modo a ficar relativamente isolada das forças transmitidas através do adaptador 16. A porção estendida 17 contém uma fonte de potência 18, um re- 25 curso de condicionamento de sinal/analógico e recurso de conversão de analógico para digital e uma unidade de microprocessador associada 19 e uma unidade de comunicações 20 que é preferivelmente um transmissor/receptor de rádio de baixa potência tendo uma antena 21. Os sensores 30 são eletricamente conectados na unidade do circuito de conversão de analógico para digital e a unidade do microprocessador que, por sua vez, é conectada a e controla a unidade de comunicações por meio da qual mensa-

gens podem ser enviadas e recebidas. Vários recursos de fornecimento de potência para o apoio podem ser utilizados. A fonte de potência pode ser uma bateria entregando tensão suficiente e tendo capacidade de armazenamento de energia suficiente de modo que quando ligada periódica e brevemente, como descrito a seguir, o apoio pode ser funcional por vários anos, consistente com o tempo de serviço normal dos componentes de mancal usados nos truques.

Alternativamente, a fonte de potência pode consistir em um dispositivo de purificação de energia que fornece energia para uma bateria recarregável ou capacitor. Uma fonte de potência elétrica gerada por força pode ser utilizada. Embora a fonte de energia possa ser uma fonte montada no chassi do vagão, é preferido que ela fique no truque e mais preferivelmente na extensão para o apoio de modo a evitar a necessidade de fiação elétrica entre partes do vagão relativamente móveis.

As figuras 1-3 também ilustram um vagão de carga de ferrovia tendo truques 1 com apoios 16 com seus sensores associados e as unidades do circuito de controle e comunicação 19 e 20. No exemplo descrito, cada truque transporta quatro apoios 16 (um para cada mancal), cada um tendo uma fonte de potência 18, unidade do circuito de controle 19 e uma unidade de comunicações 20, de preferência compreendendo um transmissor/receptor de rádio.

Montada no chassi do vagão, de preferência em um ponto aproximadamente na metade do caminho entre os dois truques do vagão está uma unidade de controle de dados 23 também tendo um rádio/receptor que tem a capacidade de se comunicar com os rádios nos apoios 4 no seu próprio vagão junto com um microprocessador cujas funções serão descritas a seguir. A unidade de controle de dados 23 é ligada pelo cabo 23a em um dispositivo de comunicações 24 mostrado aqui como estando em cima do vagão, embora outras posições possam ser apropriadas, dependendo de fatores tal como o tipo de vagão no qual a invenção é aplicada. Sob algumas circunstâncias e para alguns tipos de vagão, a unidade de controle de dados e o dispositivo de comunicações podem ficar contíguos.

O dispositivo de comunicações 24 é vantajosamente energizado por uma célula solar representada pelo número de referência 24a ou outro recurso elétrico tendo a capacidade de manter funcionalidade contínua. O dispositivo de comunicações 24 serve para ligar o vagão diretamente na locomotiva que puxa o trem de modo que o engenheiro ou outro pessoal de tripulação tenha notificação imediata de vagões problemáticos. Opcionalmente, a comunicação pode ser via recurso de identificação de equipamento automático no lado da linha férrea ou em um sistema celular ou de rádio por satélite ou outro equipamento de comunicação para estações de monitoração como desejado pelo usuário. Na eventualidade em que a comunicação conectada por fiação da locomotiva esteja disponível por todo o trem como, por exemplo, se a frenagem eletrônica se torna padrão, então o dispositivo de comunicações pode ser conectado nessa linha de comunicação. O fornecimento de potência para o dispositivo de comunicações 24 pode também prover potência para a unidade de controle de dados 23a, em cujo caso a conexão elétrica 23 pode ser uma ligação de múltiplos conectores.

Também mostrada na figura 1 é uma unidade portátil 23b contendo um microprocessador e o rádio para comunicação com o apoio instrumentado 16 por seu rádio e também com a unidade de controle de dados 23. A unidade 23b, a seguir chamada um "registrador", é projetada com capacidade de transmissão de sinal muito limitada de modo que ela deve ser colocada fisicamente próxima dos apoios 16 ou da unidade de comunicações de dados 23 para que a comunicação aconteça. Isso garante que o operador se comunicará com somente um tal dispositivo sem dispositivos similares em outros vagões no mesmo trem ou em um próximo recebendo as transmissões de rádio.

Embora o uso de um rádio para fazer a comunicação pelo registrador seja preferido, o contato elétrico direto poderia ser utilizado. Entretanto, por causa das condições ambientais rigorosas às quais os vagões são expostos, o contato elétrico direto seria responsável por reduzir a confiabilidade e seria mais consumidor de tempo de executar, especialmente quando a comunicação com um grande número de vagões é necessária. O uso do

registrador na execução das funções da invenção será descrito mais abaixo.

Nesse ponto, deve ser observado que um aspecto da invenção é facilitar a determinação do endereço para a comunicação de rádio no momento da instalação de um apoio ou durante a substituição de um apoio ou uma unidade de controle de dados. Para essa finalidade, como uma alternativa à comunicação de rádio, uma etiqueta de identificação de radiofrequência (RFID) ou um código de barras correspondente ou outra versão legível do endereço estendido que pode ser lido e gravado pelo registrador poderia ser utilizado.

Embora as antenas mostradas nas figuras 1 e 3 sejam esquematicamente ilustradas como na forma de fio ou haste, na prática, elas podem ser microfaixas ou formações conformais e podem ser, por exemplo, condutores metálicos em um substrato cerâmico.

Da mesma forma, no lugar da potência de bateria para os apoios instrumentados, um abastecimento elétrico a bordo pode estar disponível no vagão e poderia ser utilizado se disponível. Dispositivos de purificação de energia alternativos que obtêm a energia da rotação das rodas poderiam ser usados para gerar potência elétrica. Como uma matéria prática na escolha de uma fonte de potência, alta prioridade deve ser dada para um abastecimento de potência mais provável de funcionar por vários anos sem a necessidade de substituição da bateria ou a necessidade de executar outro trabalho de manutenção.

Como mencionado acima, é um aspecto da invenção que os rádios dentro dos apoios 16 e das unidades de controle de dados 23 precisem somente se comunicar através de uma faixa muito curta. Para essa finalidade, os rádios em conformidade com o padrão IEEE 802.15.4 para redes de sensor sem fio são preferíveis. Esse é o padrão de faixa curta do qual os sistemas de rede de sensor ZigBee é exemplar. Os níveis de potência são baixos e a faixa é limitada, mas tudo que é requerido é geralmente a capacidade de se comunicar entre os apoios nos truques de um vagão particular e as unidades de controle de dados desse vagão ou com um registrador mantido por um trabalhador próximo do vagão. A existência de padrões para os

formatos de dados e software de fonte aberta para uso desses sistemas com microcontroladores capazes torna essa uma opção preferível. Uma vantagem especialmente atrativa para a transmissão de rádio é que a fiação nos truques e a fiação dos truques para o vagão são indesejáveis como sendo suscetíveis à ruptura e a fiação ao longo do comprimento de um trem de carga muito improvável de ser aceitável a menos que a adoção ampla na indústria de freios eletrônicos ou semelhantes seja universalmente adotada.

Os recursos para comunicação sem fio com base no padrão IEEE estão disponíveis e adaptáveis para permitir que os apoios instrumentados e unidades de controle de dados estabeleçam uma rede de conexões sem intervenção externa. Elas podem ser configuradas para reconhecer a relação de localização de truque e eixo em um vagão ou configuradas de modo que a unidade de comunicação digital é informada da configuração provendo dessa maneira um recurso de múltiplos saltos para ligação da rede. Os rádios usados na execução dos aspectos acima da invenção são planejados para serem operados intermitentemente em baixa potência. Várias faixas de frequência são aceitáveis em várias partes do mundo. Uma frequência disponível adequada na qual os rádios estarão operando da América do Norte é aproximadamente 2,4 GHz. Embora seja preferivelmente esperado que o formato e a codificação das mensagens se conformem com o padrão IEEE anteriormente mencionado, outras disposições são possíveis.

Em um sistema exemplar, os apoios instrumentados 4 contêm vários sensores para medição das cargas verticais dinâmicas e estáticas e forças de cisalhamento ou laterais impostas pelo truque do vagão e, portanto pelo vagão de carga pelos adaptadores de mancal. Inversamente, essas são as forças que os eixos, eles próprios presos rigidamente nas rodas, e submetidos a irregularidades da linha férrea, estão aplicando no truque. Os apoios instrumentados exemplares 16 também transportam sensores de temperatura para fornecer uma indicação da temperatura do mancal associado, desde que é importante para a segurança que um mancal não se torne superaquecido.

Com referência novamente às figuras 1-3, em operação, o mi-

croprocessador em um apoio instrumentado 16 está normalmente em um estado de baixa potência passivo, mas é programado para ligar brevemente, de maneira periódica. Ele reúne as leituras de cada um dos sensores e executa a análise preliminar das leituras. O raciocínio para a escolha das frequências de amostragem e a seleção de sensores a serem lidos é baseado no tipo de comportamento sendo monitorado e na aplicação particular. A amostragem deve ficar em uma frequência várias vezes a frequência mais alta a ser detectada a partir dos dados. Amostragem mais frequente não obterá inteligência adicional, mas aumentará o consumo de potência.

As periodicidades de amostragem e da formação do relatório são controladas pela unidade de controle de dados 23. Apesar disso, caso os apoios detectem indicações de defeito ou falha iminente, o microprocessador no apoio pode ser programado para ligar o rádio que ele controla e enviar uma mensagem apropriada via o rádio para a unidade de controle de dados 23. Um exemplo de um tal evento poderia ser uma aumento repentino na temperatura. Um pico de tensão grande gerado pelo dispositivo de purificação de potência pode também ser usado para ativar o microprocessador dos apoios se ele estivesse então em um estado de baixa potência. Na ausência de um tal problema, o microprocessador do apoio segue seu cronograma dado que normalmente resultaria nele ficando em um estado de baixa potência na maior parte do tempo.

A unidade de controle de dados 23 é planejada para servir a várias finalidades. Ela coordena o sincronismo do teste cíclico executado pelo microprocessador do apoio instrumentado e o sincronismo das mensagens emitidas dele. Como um mecanismo de agregação de informação, ela é programada para comparar a informação de todos os truques no vagão e extrair inferências deles como o estado do vagão, por exemplo, a unidade de controle de dados usa técnicas de mecanismo de inferência para identificar o comportamento insatisfatório tais como balanço, pulo ou até mesmo descarilamento parcial. Ela passa adiante a informação do dispositivo de comunicações 24. Por exemplo, o dispositivo de comunicações 24 pode incluir um recurso de medição tal como um sistema de posicionamento global para

prover informação sobre a velocidade do veículo que é útil na verificação do comportamento do truque tal como flutuação por instabilidade. Essa informação pode também ser usada para inibir as verificações do sensor quando nenhuma finalidade é por meio disso, para ser servida a fim de preservar o

5 uso da energia.

Da mesma forma, se desejado, detectores de fatores tais como temperatura ambiente e umidade (chuva, neve e gelo) podem ser embutidos no dispositivo de comunicação 24 ou na unidade de controle de dados 23 nas funções do mecanismo de inferência distribuído para uso descrito abaixo. Adicionalmente, as unidades de controle de dados 23 ou o dispositivo de

10 comunicações 24 podem conter um acelerômetro triaxial ou giro de taxa para disparar certos modos de análise ou leituras de verificação feitas pelo apoio e provendo informação sobre uma variedade de movimentos do chassi do vagão.

Como um conduto, a unidade de controle de dados 23 passa mensagens adiante para o dispositivo de comunicações 24 para transmissão para frente para a locomotiva ou para outros receptores remotos e recebe, por sua vez, com a finalidade de sua própria análise e distribuição para os apoios, quando apropriado, a informação ou instrução como, por exemplo,

15 da locomotiva ou de outras fontes remotas.

Configurações alternativas para o sistema de monitoração descrito nas figuras 1-3 são ilustradas nas figuras 5-7. Na modalidade mostrada na figura 5, cada apoio instrumentado 16 tem seu próprio microprocessador e rádio. Essa disposição é planejada para usar um protocolo para rede que

20 permite que as mensagens sejam passadas entre apoios no seu caminho para e da unidade de comunicações digital 23.

Na modalidade da figura 6, todos os apoios 16 de um truque se comunicam com um único microprocessador e unidade de rádio 24 passando ao longo de cabos de múltiplos núcleos 27. Isso minimiza o número de

25 componentes eletrônicos à custa de fazer um grande número de conexões de fio no truque. Os serviços de computação executados na unidade do microprocessador no truque podem ser um pouco diferentes desses na unida-

30

de do microprocessador da figura 5. Nessa modalidade, todas as funções de conversão de analógico para digital são executadas no microprocessador e quaisquer funções de inferência executadas lá fazem avaliações para todos os sensores para todos os apoios no truque.

5 Uma modalidade alternativa adicional é mostrada na figura 7. Na figura 7, cada apoio instrumentado 16 tem sua própria unidade de conversão de analógico para digital que pode ser incorporada em um microprocessador 28 no apoio particular. Esses microprocessadores podem então se comunicar com a unidade de manipulação de dados única 25 no truque e, portanto, com a unidade de controle de dados 23. Como na configuração da figura 6, 10 quaisquer inferências ou análise de dados executada na unidade 25 considera a informação de todos os sensores em todos os apoios no truque.

Outras opções incluem esquemas de comunicação CANBus padrão onde ligações com fiação são usadas. Além disso, CANBus ou outros 15 padrões podem ser implementados na eventualidade de implementação em ampla escala dos freios pneumáticos eletronicamente controlados potencialmente provendo outras opções para os esquemas de comunicação.

As comunicações ao longo do trem podem ser providas em uma variedade de maneiras. O WiFi (padrão IEEE802.15.11) pode ser apropriado 20 para trens de carga muito longos. Para comunicação ao longo de trens de passageiro, o Padrão de Interface de Veículo de Trânsito de Trilho, IEEE1473-199 seria aplicável.

Além do mais, deve ser observado que, em princípio, seria possível deixar os apoios instrumentados se comunicarem ao longo do trem, 25 passando mensagens de um vagão de carga para o próximo. Entretanto, para trens longos, isso faz com que uma mensagem faça muitos saltos, o que é essencialmente menos confiável do que uma única ligação mais poderosa de cada vagão para a locomotiva ou outra localização remota. Outros problemas incluem a probabilidade que os trens sejam reconfigurados com 30 vagões de carga possivelmente sendo removidos ou misturados ou o trem sendo puxado por uma locomotiva na sua extremidade oposta. Qualquer tal rede dependente das ligações de apoio para apoio de vagão para vagão e-

xigiria a reconfiguração do trem em áreas de ordenação.

Como indicado acima, é um aspecto da invenção ter recursos apropriados de endereçamento e identificação de cada e todo o apoio instrumentado em vagões usados no sistema. Além do mais, é necessário que os apoios instrumentados nos truques em vagões de carga adjacentes, estejam eles no mesmo trem ou não, continuem a funcionar enquanto dentro da faixa de rádio um do outro sem interferência mútua. Deve ser possível formar trens de quaisquer vagões de carga e substituir um único apoio em um truque sem ter que substituir todos os outros apoios no truque ou no vagão de carga. Mesmo se não existem problemas a relatar, é importante que o sistema proveja garantia que ele ainda está funcionando apropriadamente. O sistema preferido descrito aqui usa mensagens iniciadas pelos apoios instrumentados para essa finalidade. A alternativa de uso de sondagem pelas unidades de controle de dados para verificar o estado dos apoios instrumentados exige que os apoios sejam ligados e ajam como receptores em tempos precisamente controlados e por períodos que exigem operação mais longa em potência total do que se eles fossem permitidos de enviar mensagens com base no seu próprio sincronismo com a exigência que as unidades de controle de dados fiquem sempre em um modo de recepção.

Os apoios instrumentados que devem ser mutuamente interoperáveis com as unidades de controle de dados correspondentes devem todos usar frequências equilibradoras. O padrão IEEE802.15.4 acima mencionado indica frequências ou canais em cada faixa de frequência. Por exemplo, na faixa ISM, em 2,4 GHz existem 26 canais. Existe também um padrão para o modelo de mensagens tal que cada uma forma um pacote de uma multiplicidade de bytes de dados de 8 bits onde cada byte tem um significado pré-atribuído. Dentro desse modelo, um byte é atribuído para um número de grupo e dois bytes são atribuídos para um endereço dentro de um grupo. Um outro byte é atribuído para o tipo de mensagem que poderia ser interpretada como um comando. Os receptores de rádio associados e seus microprocessadores de controle são projetados para ignorar mensagens recebidas de uma fonte em um grupo diferente. Eles não detectam mensagens em outras

freqüências além de suas freqüências de operação escolhidas. Entretanto, eles podem mudar os canais de operação (freqüência) sob controle do programa. Eles podem agir apropriadamente nas mensagens que pertencem ao seu próprio grupo. Para uso em ferrovias, um grande número de dispositivos
5 que podem ser cobertos pelo endereço de dois bytes será necessário e, além do mais, recurso tem que ser provido de modo que uma unidade de controle de dados possa reconhecer as mensagens dos apoios instrumentados no seu próprio vagão de carga. Os apoios instrumentados devem ser capazes de reconhecer mensagens da sua própria unidade de controle de dados
10 e ambos têm que ser capazes de tolerar interferência potencial de apoios instrumentados e unidades de controle de dados em outros vagões de carga próximos no mesmo trem ou em um trem passando. Eles também têm que ser capazes de tolerar interferência potencial de outros dispositivos operando na mesma faixa não licenciada.

15 O número de identificação ou endereço pode ser programado no módulo de eletrônica na fabricação.

O endereço dado para um apoio instrumentado pode adicional ou alternativamente ser armazenado em uma etiqueta RFID (identificação de radiofreqüência) em ou embutida em cada apoio 4. A colocação física do
20 apoio no truque resulta nele ficando próximo do lado da linha férrea. Especificamente, ele poderia ficar no lado externo da armação lateral do truque e, assim, perto de qualquer equipamento de monitoração ao lado da linha férrea. Isso provê a oportunidade, pelo menos, para o reconhecimento de dispositivos passando pelo equipamento fixo e, se a tecnologia da etiqueta
25 RFID ativa é usada, permitir uma rota de comunicação alternativa de vagão para repositório de dados central ou os donos.

O endereço dado pode ficar convenientemente visível como um número legível opcionalmente com um código de barras para a conveniência dos usuários, embora o ambiente de operação exigente possa tornar essa
30 alternativa de uso limitado.

Será evidente que qualquer esquema de endereçamento que proveja endereços individuais suficientes ou identidades pode ser usado. O

endereço do apoio pode ser feito se conformando com o esquema de endereçamento do Protocolo de Internet estendido (IPv6), usando 6 bytes de modo que esses dispositivos podem ter seus próprios endereços IP.

5 A modalidade preferida descrita abaixo pode ser ampliada para usar múltiplos canais (frequências de rádio), dessa maneira provendo um recurso para virtualmente eliminar a interferência entre vagões adjacentes em um trem.

10 A finalidade fundamental da invenção é ser capaz de monitorar o comportamento de todos os truques e mancais e rodas em um trem. Uma mensagem de alarme deve passar através de qualquer vagão para a locomotiva ou para o serviço de manipulação de dados remoto tão rapidamente quanto possível, de preferência dentro de uns poucos segundos.

15 Entretanto, o fardo da transmissão de todos os dados que poderiam ser amostrados na execução de tal monitoração é extremamente grande e, para a maior parte, os dados detalhados não são significativos. De preferência, somente as observações que implicam em alguma falha ou má conduta são reconhecidas. Para reduzir o tráfego de rádio para proporções controláveis, o sistema é projetado para processar os dados do sensor brutos, procurando sinais de problema e a seguir enviar somente informação
20 indicativa essencial. Para esse fim, um mecanismo de inferência distribuído é usado, compartilhando as funções essenciais entre os microprocessadores nos apoios instrumentados e na unidade de controle de dados 23. É uma finalidade dessa invenção reduzir o tráfego de rádio entre apoios e unidade de controle de dados, de modo que parte da análise dos dados é feita nos
25 apoios e somente a informação relevante é transmitida para a unidade de controle de dados dos apoios para análise adicional e reconhecimento de falhas.

30 No sistema exemplar ilustrado acima, os microprocessadores 19 nos apoios instrumentados 16 adotam uma série de medições e as tratam como uma série de tempo. Os algoritmos de busca, formando um mecanismo de inferência, podem identificar, por exemplo, periodicidades e correlações cruzadas em e entre a série de tempo de modo que qualquer compor-

tamento detectável no nível do apoio será observado. Por exemplo, a flutuação por instabilidade de um truque de um lado para o outro através da linha dos trilhos, fica em uma frequência determinada pela geometria do truque e velocidade de rotação da roda. O balanço e a oscilação do vagão ficam em

5 frequências dominadas pelos sistemas de mola de massa da suspensão e carga. Até várias extensões, dependendo do projeto do veículo, essas irregularidades no comportamento serão evidentes na troca de carga e distribuição da carga no apoio instrumentado, que pode sentir, por exemplo, as forças verticais e de cisalhamento e frenagem. As irregularidades da roda criam

10 modelos repetitivos de forças na frequência de rotação que podem ser calculadas a partir da velocidade do veículo. Defeitos na linha férrea podem gerar forças grandes e repentinas nas rodas, mancais e truque e no vagão e sua carga.

Se tal comportamento é deduzido no apoio instrumentado e a

15 magnitude é suficiente para causar alarme, atributos relevantes e sincronismo (em relação ao tempo de transmissão do relatório) podem ser passados para a unidade de controle de dados do vagão.

Dado que mais do que um apoio instrumentado pode relatar má conduta, então os componentes do mecanismo de inferência na unidade de

20 controle de dados tomam a responsabilidade para fazer avaliações para todo o truque e finalmente para o vagão de carga. Quando um problema sério é deduzido, então mensagens são enviadas via o elo de comunicações 23a, 24 para a locomotiva, etc.

Exemplos de desempenho que o sistema é capaz de monitorar

25 incluem:

Temperatura de mancal – um sensor de temperatura no apoio instrumentado 16 monitora as mudanças relativas na temperatura contra outros mancais e provê um limiar de alarme ou tendências a longo prazo para ligar à condição do mancal. O conforto de um mancal de bastões pode

30 ser deduzido usando tendências ou níveis de alarme, evitando uma remoção de mancal potencial e possível descarrilamento e provendo uma medição direta que pode ser usada para evitar falsos alarmes de detectores de caixa

de mancal superaquecida pelo atrito à margem da ferrovia. Como uma finalidade adicional dessa invenção, as observações dos detectores à margem da ferrovia para temperatura e outros efeitos podem ser comparadas com essas do sistema a bordo para calibragem mútua e finalidades de verificação.

5 Condição do mancal – usar um sensor de carga no topo do apoio instrumentado 16 para monitorar as vibrações emitidas do mancal (transmitidas através do adaptador do mancal de bastões). Defeitos específicos do mancal podem ser deduzidos a partir da análise do espectro de frequência. A identificação de um mancal defeituoso nos seus estágios precoces é importante nos programas de manutenção preventivos.

10 Condição da roda – um sensor de carga no apoio instrumentado para detectar cargas de alta amplitude (comparadas com o segundo plano) que repetem periodicamente (função do diâmetro da roda e velocidade) para identificar um ponto plano ou face de rolamento de roda descascada. Também pode ser possível identificar rodas desgastadas ocas usando alguns dos outros sensores no apoio instrumentado. A monitoração dos impactos da roda pode permitir que um dono programe uma mudança da roda antes que ela seja identificada por um detector de carga de impacto de roda no lado da linha férrea resultando em manutenção não programada. Isso pode

15 também prover uma compreensão da causa da falha.

20 Descarrilamento da roda – usando a mesma instrumentação como para a condição da roda, mas buscando uma frequência mais alta e um sinal similar de ambas as rodas no conjunto de roda. A identificação de quando um conjunto de roda descarrilou previne um possível descarrilamento total e conseqüências catastróficas possíveis.

25 Flutuação por instabilidade do truque – usando sensores de carga montados no apoio instrumentado de modo a detectar forças longitudinais, laterais e de guinada, monitorar cargas rapidamente mudando (e, portanto, o ângulo de ataque do conjunto de roda) indicativo de flutuação por

30 instabilidade do eixo ou truque. Pela análise de tais cargas monitoradas de ambos os conjuntos de rodas em um truque, e ambos os truques em um vagão, a flutuação por instabilidade do truque e eixo, bem como a deformação

do truque, pode ser identificada. Adicionalmente pela avaliação do ângulo de ataque dos conjuntos de roda em cada truque, o alto atrito rotacional causado pela ligação de mancais laterais ou cavidades centrais secas pode ser identificado. A identificação dessas condições ajuda a prevenir danos nos truques do vagão de carga e carregamento, bem como à infra-estrutura da linha férrea.

Peso do vagão – somar a carga medida em todos os oito apoios instrumentados em um vagão de carga para determinar o seu peso. Mesmo uma medição rudimentar (quer dizer mais ou menos 10% da carga total) proverá informação útil para esses encarregados de avaliar o desempenho dos vagões de carga e seus componentes. Um benefício adicional vem da detecção de desequilíbrios da carga devido ao carregamento impróprio ou mudança no trânsito.

Adaptador de mancal de bastões deslocado – pela monitoração da carga nas pernas do apoio instrumentado é possível identificar quando um adaptador do mancal de bastões ficou deslocado. Isso provê informação sobre o que causou o deslocamento, bem como chama a atenção para uma necessidade de manutenção urgente para evitar danos no mancal de bastões.

Desempenho e estado do freio – a monitoração das forças longitudinais em um apoio instrumentado provê informação sobre a força sendo aplicada dos apoios do freio às rodas. Isso pode prover compreensão da eficiência de frenagem (cargas de freio excessivamente altas indicando que os freios podem fazer com que as rodas se aglomerem, cargas de freio excessivamente baixas indicando que os freios não estão funcionando apropriadamente). Além disso, a verificação do estado do freio pode ser usada para enviar um alarme se o trem é movido com alguns dos freios de mão aplicados.

Defeitos da linha férrea – a monitoração das cargas verticais nos apoios instrumentados e a comparação desses entre os conjuntos de roda fornece aos donos do vagão a compreensão dos defeitos da linha férrea que podem causar danos aos vagões de carga ou seu carregamento.

Embora várias alternativas tenham sido identificadas acima para a configuração dos dispositivos e para a comunicação entre eles, a modalidade preferida é descrita a seguir.

Será evidente para aqueles familiarizados com a programação de microcontroladores e os protocolos e capacidades de ambas as comunicações de baixa potência e de satélite ou telefone celular que as funções descritas aqui são possíveis com a tecnologia e os componentes existentes. Por exemplo, os ciscos de baixa potência Micaz, fabricados por Crossbow Corp., de Palo Alto, Califórnia, com seus rádios Chipcon embutidos podem executar as funções dos apoios e da unidade de controle de dados. O dispositivo de comunicações 24 é um modelo DS300-RDT fabricado por Stellar-Sat, Inc. Esse dispositivo tem potência de computação significativa, de modo que algumas das funções designadas aqui para a unidade de controle de dados 23 podem ser executadas no DS300-RDT. Na realidade, os dois dispositivos 15 podem bem ser combinados ou suas funções compartilhadas, de modo que a distinção poderia se tornar desnecessária.

A fonte de potência consiste em um dispositivo de purificação de energia, tal como uma película piezelétrica de Measurement Specialties, Inc., de Hampton, Virgínia, junto com um capacitor de armazenamento de carga ou uma bateria recarregável. 20

Os apoios instrumentados são programados na fabricação com um número de grupo, um número de canal e um endereço único estendido que é armazenado em memória não-volátil e combina os dados na etiqueta RFID e código de barras se usado. Com programação apropriada, o número de endereços disponíveis para apoios instrumentados distintos pode ser 25 aumentado tanto quanto necessário.

O número do grupo serve, como é o padrão com tais sistemas IEEE802.15.4, para distinguir essa aplicação de quaisquer outras que poderiam usar a mesma frequência de rádio (canal).

Quando os apoios são instalados, seus endereços estendidos 30 são lidos pelo registrador 23b que é equipado para reunir os dados da RFID ou código de barras. O usuário instrui o registrador, por meio de seu bloco

de teclas e tela quanto a qual localização no truque e, portanto, no vagão de carga é ocupado por cada apoio. O registrador é então colocado em proximidade com a unidade de controle de dados 23, e usando o canal de rádio, passa o endereço e os dados de localização para os apoios no próprio vagão de carga dessa unidade de controle de dados para a unidade de controle de dados.

Para evitar o uso de recurso de RFID ou código de barras, o registrador pode alternativamente explorar a funcionalidade do apoio e eletrônica que é programada sempre para enviar mensagens sempre que ela tenha potência disponível. Essas mensagens, como são explicadas a seguir, sempre contêm o endereço estendido do apoio, de modo que o registrador pode deduzi-lo quando ele está perto do apoio. Esse modo de operação tem a desvantagem de requerer que o apoio seja eletricamente energizado para o diálogo acontecer, o que não é conveniente se o apoio é para ser energizado em operação normal pelo recurso de purificação de energia. Se recursos extras são providos para prover energia elétrica, por exemplo, pela indução, então o uso da comunicação de rádio se torna preferível.

O registro dos dados de apoio poderia ser alternativamente transportado para a unidade de controle de dados por outros recursos, tal como o uso da ligação de dados 24. Em qualquer caso, os dados são gravados na unidade de controle de dados na memória não-volátil de modo que a perda temporária de potência não força a repetição do registro. O processo de registro permite o acompanhamento dos dispositivos por todo o sistema de ferrovia.

Depois que as identidades do apoio são gravadas na unidade de controle de dados, transmissões subseqüentes dos apoios instrumentados serão reconhecidas pela unidade de controle de dados se elas emanam de um apoio instrumentado registrado. Da mesma maneira, transmissões subseqüentes da unidade de controle de dados podem ser direcionadas para os apoios instrumentados corretos.

Mensagens irrelevantes que são captadas de apoios instrumentados próximos e unidades de controle de dados não são um problema se

elas não colidem no tempo com as mensagens desejadas. Elas podem simplesmente ser ignoradas. Se elas colidem, então as mensagens serão corrompidas. Entretanto, pelo uso dos padrões IEEE802.15.4 normais para verificação de redundância cíclica da validade da mensagem, elas não serão reconhecidas e, portanto, serão perdidas. Para minimizar esse problema, a

5 unidade de controle de dados gerencia o sincronismo das mensagens para e de seus próprios apoios instrumentados.

Inicialmente, os apoios instrumentados começarão a enviar mensagens na taxa de uma por minuto ou taxa similar, logo depois que eles

10 são energizados. Essa mensagem, difundida como se para qualquer receptor, mas com o número de grupo correto e no canal apropriado transporta o endereço do apoio como o endereço do remetente. Esse é o único tipo de mensagem que é enviado como uma difusão nesse esquema. O apoio então aguarda brevemente por uma resposta. A unidade de controle de dados,

15 quando energizada, age como um receptor de modo que ela capta a mensagem. Pelo fato de que ela pode reconhecer o endereço do remetente como pertencente a um dos apoios para os quais ela é responsável, ela responde imediatamente com uma mensagem que instrui o apoio quanto a qual tarefa de coleta de dados executar e quando (o tempo posterior) relatar de volta. O

20 apoio é programado de modo que qualquer mensagem que ele recebe que usa seu próprio endereço completo é aceita como tendo vindo direta ou indiretamente da sua unidade de controle de dados controladora e automaticamente envia as respostas de volta para esse remetente. Como um resultado, os apoios não precisarão mais da instrução de endereçamento para o resto

25 de suas vidas úteis, desde que eles automaticamente pegarão a instrução de e relatarão de volta para qualquer que seja o dispositivo que os endereça diretamente e estejam próximos o suficiente. Tendo recebido uma mensagem da unidade de controle de dados, o apoio pode reverter para baixa potência (modo de espera) até que ele tenha que executar sua próxima tarefa.

30 Esse esquema permite que os apoios parem de funcionar devido à perda de potência purificada e ainda retornem e sejam conectados na sua unidade de controle de dados apropriada quando a potência é restaurada.

O esquema permite que uma unidade de controle de dados seja substituída na rede fornecendo para ela os endereços dos apoios para os quais ela é responsável. Um único apoio pode ser substituído na rede fornecendo o seu ID para a unidade de controle de dados apropriada.

- 5 O esquema também permite que outros dispositivos sejam operados na rede, contanto que eles tenham uma unidade de controle de dados próxima associada.

10 No momento em que todos os apoios instrumentados pertencentes a uma unidade de controle de dados tenham tido uma rodada de comunicação, eles ficam em um cronograma que os instaura sucessivamente nos momentos em que a unidade de controle de dados pode prever. Os apoios instrumentados ficam essencialmente incomunicáveis no período intermédio para economizar potência.

15 O esquema para programar mensagens no sistema deliberadamente mantém as mensagens dos apoios instrumentados em um único vagão de carga separado no tempo, de modo que as colisões do sinal de rádio são evitadas. Pelo fato de que os próprios apoios instrumentados estão somente agindo como receptores muito brevemente, o risco deles receberem mensagens falsas é também pequeno. Pelo fato de que as transmissões de
20 rádio programadas dos apoios instrumentados são muito curtas, por exemplo, uns poucos milissegundos, comparado com o período silencioso intermediário, as chances de colisões de sinal de rádio de vagões de carga adjacentes ou outros dispositivos completamente independentes são também pequenas. Entretanto, elas eventualmente ocorrerão. A abordagem padrão
25 para o esquema IEEE é que um rádio pronto para enviar um sinal primeiro entra em um modo receptor para ver se qualquer outro está transmitindo no canal. Se afirmativo, ele retarda o envio por uma quantidade de tempo aleatória relacionada com o comprimento da mensagem. Esse procedimento elimina a maior parte das colisões.

30 Se uma mensagem programada esperada de um apoio instrumentado não chega dentro de um quadro de tempo razoável, então a unidade de controle de dados pode adotar um número de ações diferentes. Ela

pode detectar algumas vezes que uma mensagem foi recebida, mas estava corrompida. Sabendo que o apoio instrumentado emissor estará esperando uma resposta por um tempo, ela pode enviar uma mensagem instruindo uma mudança aleatória leve no sincronismo de modo que se o problema vem de
 5 um vagão de carga adjacente, então a próxima mensagem muito provavelmente atravessará.

Adequadamente, o apoio instrumentado pode repetir a sua mensagem, fora do cronograma, se ele não obtém uma resposta de modo que a unidade de controle de dados, sempre energizada e normalmente agindo
 10 como um receptor, logo captará a conexão e pode, como no processo de partida inicial, atribuir um novo tempo de cronograma para a transmissão. A unidade de controle de dados pode aguardar um outro ciclo para ver se foi um evento de acaso, ela pode silenciar seus outros apoios instrumentados por um tempo quando eles chamam, de modo que eles não interfiram com
 15 as transmissões do dispositivo ausente. Por esses e outros estratagemas similares, os apoios instrumentados e os dados podem adotar etapas para restaurar as comunicações. Eventualmente, se todos esses falham, a unidade de controle de dados relatará a perda de comunicação via a ligação de troca de mensagens 23a.

20 É um aspecto dessa invenção que os apoios nunca parem de tentar fazer contato com uma unidade de controle de dados contanto que eles tenham potência suficiente e nenhuma mensagem externa para um apoio seja capaz de parar esse processo embora um longo retardo, porém não indeterminado, antes do próximo relatório seja naturalmente permitido.

25 Com as comunicações estabelecidas, a unidade de controle de dados instrui os apoios quanto a qual tarefa de aquisição de dados executar e quando relatar de volta de modo a prover informação para possibilitar que as inferências indicadas acima sejam executadas. Tais tarefas incluem, mas não são limitadas a: medir temperaturas, obter forças médias, entregar da-
 30 dos espectrais sobre forças laterais ou verticais ou longitudinais, medir as forças verticais através de ciclos na frequência de rotação da roda. Cada uma dessas seqüências de medição corresponde com uma inferência parti-

cular que pode ser deduzida se os dados a justificam.

Para cada tarefa, um tempo de espera antes do retorno do relatório é atribuído. Para cada tarefa, um tempo no qual a medição deve ser efetuada é atribuído ou a periodicidade é atribuída.

- 5 As tarefas podem exigir que os apoios façam medições intermediárias e as armazenem temporariamente entre os intervalos de relatório de rádio. Essas ações sincronizadas intermediárias podem ser empreendidas sem a intervenção da unidade de controle de dados. Entre tais atividades, os apoios reverterem para o modo de espera de baixa potência, contanto que
10 exista tempo suficiente para reiniciar, o processo resulta em economia de energia.

Cada relatório enviado de volta por um apoio identifica a tarefa que foi solicitada e o tempo decorrido desde que os dados no conjunto foram coletados.

- 15 Cada relatório inclui informação de estado (byte de estado) sobre a funcionalidade dos componentes do apoio, especialmente os sensores.

O conjunto de solicitações inclui a opção para solicitar o relatório da intensidade do sinal recebido como uma verificação sobre as comunicações.

- 20 A unidade de controle de dados planeja os tempos de relatório de modo que as transmissões de rádio não conflitem entre si.

- A unidade de controle de dados pode colocar em parâmetros as solicitações dos dados com informação relevante tais como temperatura ambiente ou velocidade do veículo. Os comandos, que selecionam a tarefa
25 de medição, podem ser feitos dependentes da localização pelo uso da informação de GPS. Os comandos podem ser influenciados pelas acelerações medidas na unidade de controle de dados quando tal facilidade existe.

- A unidade de controle de dados tem um programa padrão de medições para experimentar, usando os seus apoios como coletores de dados de modo que avaliações regulares do comportamento do vagão de carga são feitas em uma maneira adequada. Entretanto, esse padrão regular
30 pode ser substituído pelos comandos enviados para a unidade de controle

de dados a partir do repositório de dados central ou pelo comando dos donos ou operadores.

A unidade de controle de dados na sua função como mecanismo de agregação de informação junta os dados dos apoios e faz ajustes quando necessário para os tempos ligeiramente diferentes nos quais os dados foram relatados e coletados. A unidade de controle de dados então executa as avaliações descritas acima para o mecanismo de inferência verificar se o vagão de carga, seus truques ou rodas ou eixos estão se comportando de maneira suficientemente deficiente que um relatório para a localização de manipulação de dados central ou dono ou operador ou locomotiva é necessário. Se afirmativo, então o relatório pode ser enviado. É importante minimizar os dados sendo enviados porque a transmissão dos dados pode ser cobrada por quantidade, e podem existir muitos vagões enviando dados. Contudo, a unidade de controle de dados programará o envio de uma mensagem que "tudo está bem" em intervalos adequados caso nada esteja incorreto.

As regras para avaliar o desempenho do vagão de carga são projetadas para serem tolerantes aos dados ausentes, desde que será evidente a partir da descrição acima do sistema que devido às dificuldades de comunicações ou aos rigores do ambiente, os componentes podem falhar em prover todos os dados solicitados.

Pelo fato de que essa modalidade preferida delega a iniciação do diálogo dos dados para os apoios, uma vantagem adicional é que caso alguma condição extrema ocorra, o apoio pode enviar um relatório não solicitado a qualquer momento entre intervalos de relatório programados. Para minimizar o tráfego de dados, a mesma abordagem é adotada no envio dos dados da unidade de controle de dados para a base de dados central.

Para uma versão da invenção que pode tirar vantagem da escolha de várias frequências de operação disponíveis (por exemplo, 26 na faixa de 2,4 GHz), os seguintes aspectos adicionais são adicionados. O controle de dados central pode extrair dos dados do GPS enviados pelos vagões, quais pares de vagões são realmente adjacentes. Se os vagões estão rela-

- tando problemas de comunicações, então um de um tal par pode ser instruído pela comunicação, do centro para o vagão, a mudar para um outro canal. Redes de dispositivos IEEE802.15.4 podem ser programadas para fazer o salto de frequência pela concordância mútua para evitar interferência. Na
- 5 eventualidade em que as comunicações sejam perdidas, tais dispositivos difundirão mensagens em uma seqüência de frequências diferentes até que uma resposta proveja a base para o restabelecimento das comunicações. Limitar a escolha e predefinir a seqüência de frequências que serão tentadas
- 10 do para prover mudanças deliberadas de frequência enviando as instruções como parte do diálogo regular entre os apoios e a unidade de controle de dados.

Assim, pelo recurso descrito, os objetivos da invenção são executados.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de monitoração para monitorar critérios de desempenho de um vagão, dito vagão incluindo um chassi de vagão e uma pluralidade de truques (1) cada um incluindo um ou mais conjuntos de rodas (3) montados no dito vagão, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma ou mais unidades sensoras (16,17) dispostas em um vagão;

um ou mais sensores (5) dispostos na unidade sensora (16,17), tais sensores (5) medindo parâmetros relevantes ao desempenho operacional do vagão;

um elemento computacional (19) disposto na unidade sensora (16,17), programado para controlar a periodicidade e frequência de amostragem das leituras dos um ou mais sensores (5) e para realizar análise dos dados obtidos por meio das ditas leituras; e

um elemento de comunicação (20) disposto na unidade sensora (16,17) para transmitir dados selecionados por resultado da dita análise.

2. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as ditas uma ou mais unidades sensoras (16,17) estão em comunicação com uma ou mais de outras unidades sensoras (16,17) e ainda onde os dados transmitidos por qualquer uma das unidades sensoras (16,17) pode ser retransmitido por outra das unidades sensoras (16,17) para uma localização específica.

3. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que ainda compreende:

uma unidade de controle de dados (23), montada no vagão, para receber dados transmitidos por uma ou mais das unidades sensoras (16,17), para analisar tais dados, e para seletivamente comunicar tais dados para um receptor disposto em um local remoto do vagão.

4. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que as uma ou mais unidades sensoras (16,17) estão todas localizadas no mesmo vagão, e ainda onde os dados transmitidos por qualquer uma das unidades sensoras (16,17) pode ser retransmitido

para outra das unidades sensoras antes de alcançar a unidade de controle de dados (23).

5 5. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que uma ou mais das ditas unidades sensoras (16,17) consiste de um apoio (16) disposto entre um conjunto de rodas (3) e seu truque (1) correspondente.

6. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que ainda compreende:

10 uma unidade de controle de dados (23), montada no trem, para receber dados transmitidos por uma ou mais das unidades sensoras (16,17), para analisar tais dados, e para seletivamente comunicar tais dados para um receptor disposto em um local remoto do trem;

15 onde as uma ou mais unidades sensoras (16,17) podem estar localizadas em múltiplos vagões e ainda onde dita localização específica para a qual os dados são transmitidos é a unidade de controle de dados (23).

20 7. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que uma ou mais das ditas unidades sensoras (16,17) consiste de um apoio (16) disposto entre um conjunto de rodas (3) e seu truque (1) correspondente.

8. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende:

25 uma unidade de controle de dados (23), montada no vagão, para receber dados transmitidos por uma ou mais das unidades sensoras (16,17), para analisar tais dados, e para seletivamente comunicar tais dados para um receptor remoto;

 onde a unidade de controle de dados (23) programa o dito elemento computacional (19) em cada uma das unidades sensoras (16,17) para controlar:

30 (i) a frequência de amostragem para cada sensor (5) associado com a unidade sensora (16,17);

 (ii) a periodicidade de amostragem para cada sensor (5) associ-

ado com a unidade sensora (16,17); e

(iii) com que frequência os dados coletados deverão ser transmitidos por meio do elemento de comunicação (20) para a unidade de controle de dados (23).

5 9. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que uma ou mais das ditas unidades sensoras (16,17) consiste de um apoio (16) disposto entre um conjunto de rodas (3) e seu truque (1) correspondente.

10 10. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a dita unidade de controle de dados (23) comunica os dados para dito receptor disposto em local remoto sem o uso de fios.

15 11. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o elemento de comunicação (20) transmite os dados coletados para a unidade de controle de dados (23) sem o uso de fios.

20 12. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que cada uma dos sensores (5) reage a uma de uma pluralidade de variáveis, incluindo mudanças na força de compressão, força de cisalhamento e na temperatura dentro do dito apoio (16).

25 13. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a unidade sensora (16,17) pode transmitir uma mensagem não-solicitada ou não-agendada se o elemento computacional (19) determinar que os dados coletados estão fora da faixa aceitável para um parâmetro particular sendo monitorado.

 14. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle de dados (23) também possui um elemento computacional, ainda compreendendo:

30 um mecanismo de inferência lógica distribuído entre os um ou mais elementos computacionais (19) das unidades sensoras (16,17) e dito elemento computacional da unidade de controle de dados (23), dito mecanismo de inferência lógica fazendo inferências sobre o estado do vagão com

base nos dados coletados por uma pluralidade de sensores (5) localizados em uma pluralidade de unidades sensoras (16,17).

15 15. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle de dados (23) transmite uma mensagem para o dito receptor remoto quando esta determina que o dito estado inferido indica um problema com a operação ou desempenho do vagão.

10 16. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o a unidade de controle de dados (23) periodicamente transmite uma mensagem de estado para dito receptor remoto quando dito estado inferido indica que o vagão está operando dentro de fronteiras aceitáveis.

15 17. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o mecanismo de inferência lógica usa informações disponibilizadas por fontes externas em adição a todos os dados coletados sobre o vagão na determinação das inferências sobre o comportamento do vagão.

20 18. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que as fontes externas são selecionadas de um grupo que consiste de um dispositivo de GPS, um sensor de temperatura ambiente, um sensor de velocidade, um sensor de humidade ambiente, um acelerômetro e um giroscópio.

25 19. Sistema de monitoração, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que as unidades sensoras (16,17) são alimentadas por elementos de potência (18) que geram energia a partir do movimento dos vagões.

30 20. Método para monitoração do desempenho de unidades móveis dispondo de rodas (3) e interligadas com rodas tendo chassis suportados pelas rodas (3), onde uma das ditas unidades móveis é um motor principal controlável e o restante das ditas unidades são interligadas na dita uma das ditas unidades, o dito método caracterizado pelo fato de compreender:

prover apoios de interface (16) entre as rodas e os chassis das

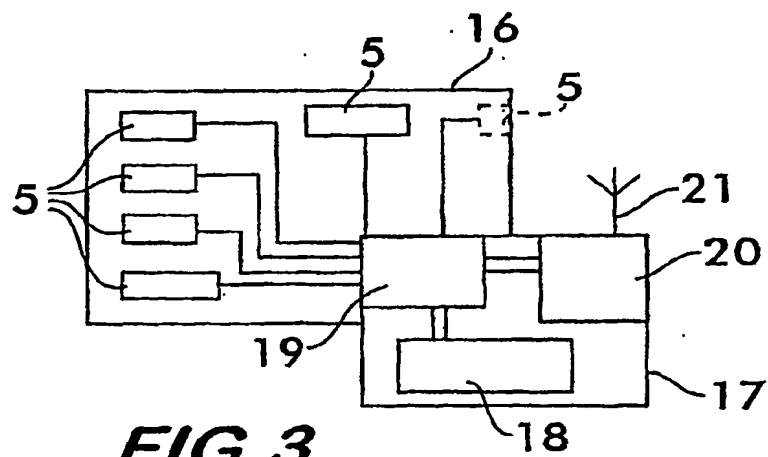
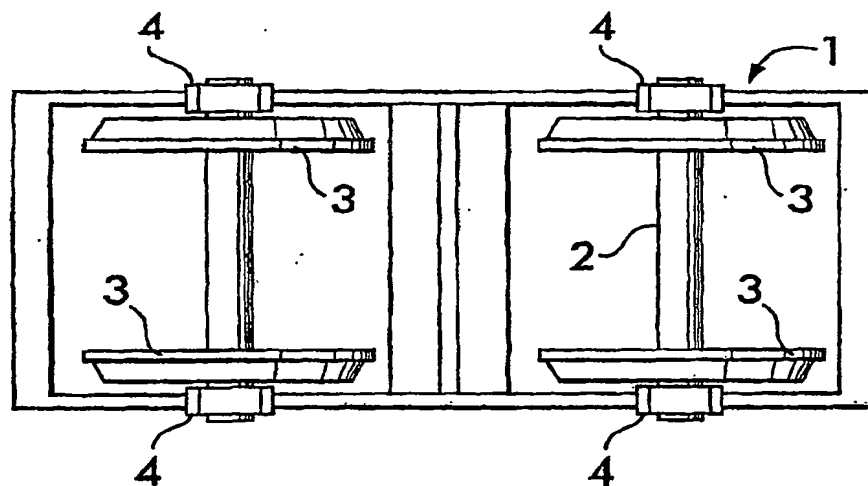
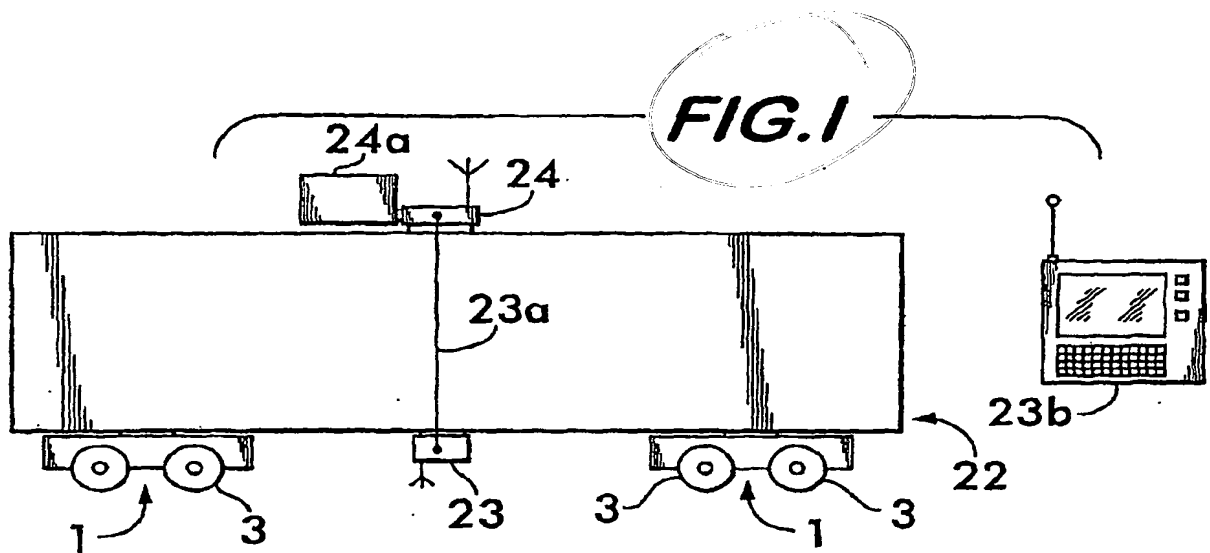
unidades móveis com rodas (3), os ditos apoios (16) tendo sensores (5) embutidos para medir parâmetros operacionais das unidades móveis com rodas, os ditos apoios sendo programáveis para controlar a frequência de amostragem para cada sensor e a periodicidade de amostragem para cada sensor; e

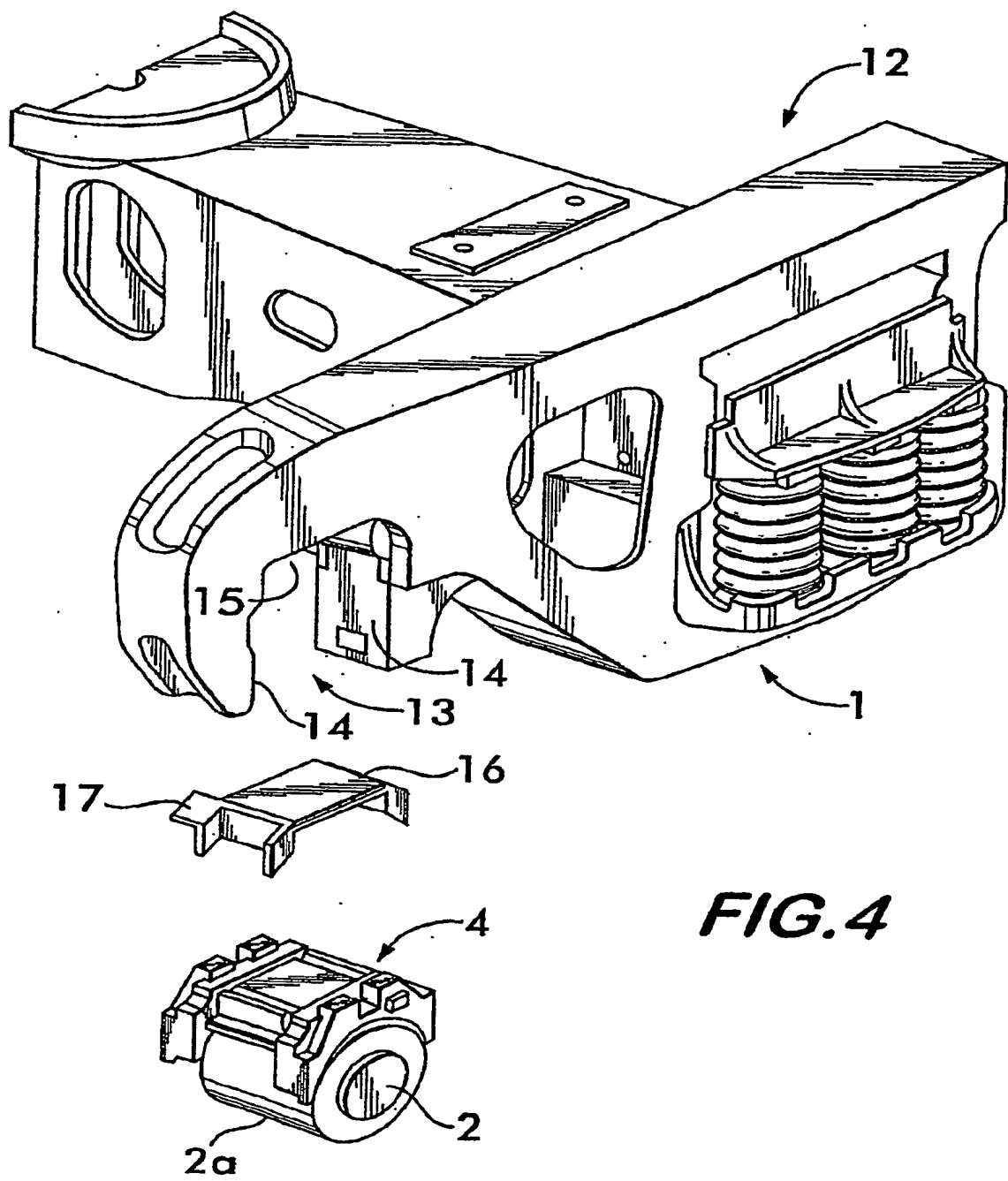
5 prover, nos ditos apoios (16), uma capacidade computacional para avaliar os parâmetros operacionais medidos, e para identificar determinados comportamentos de desempenho a partir dos parâmetros operacionais medidos considerados suficientes para causar alarme; e

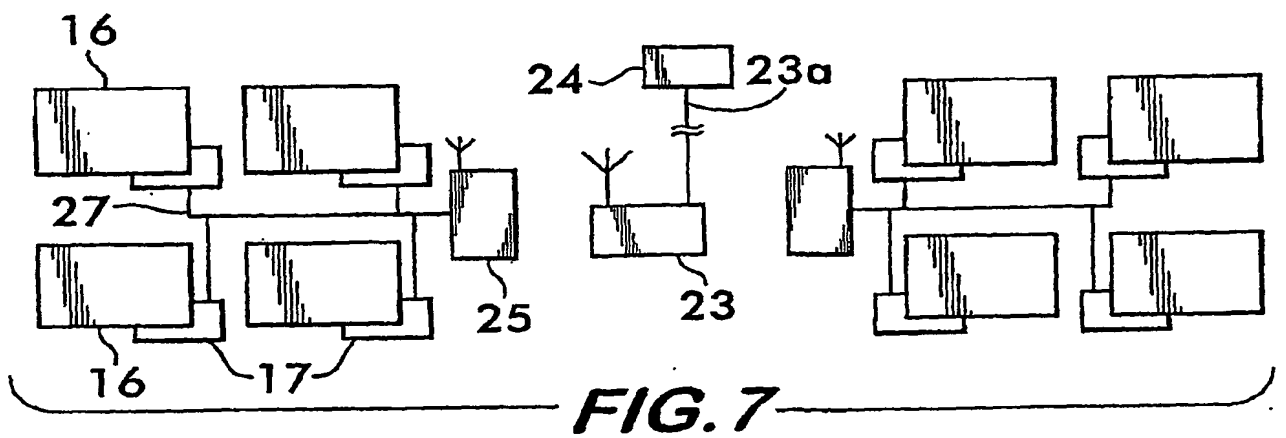
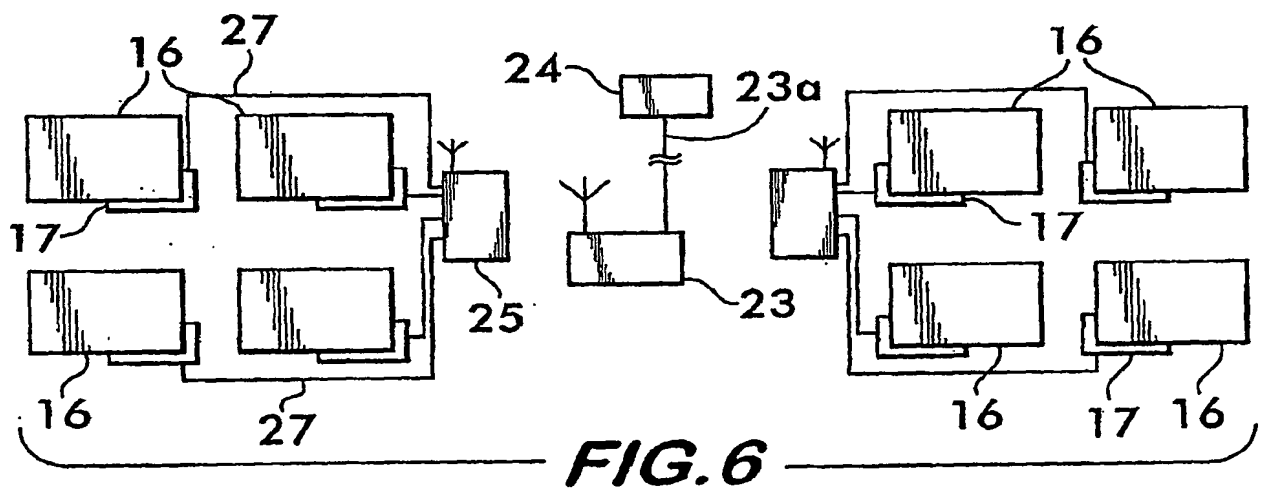
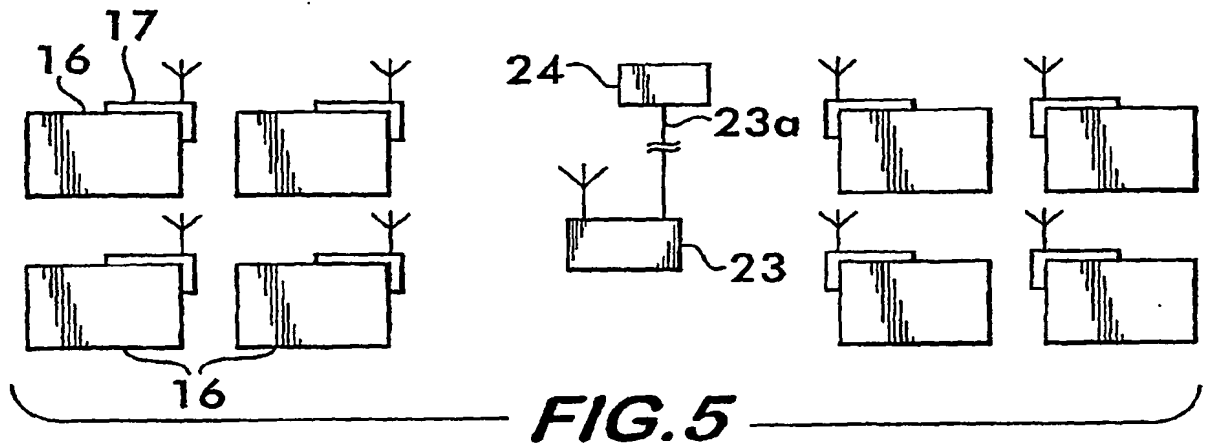
10 comunicar ao motor principal mensagens identificando apenas os comportamentos de desempenho suficientes para causar alarme.

21. Método para monitoração, de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de ainda incluir a etapa de incluir nas mensagens comunicadas para o motor principal um código de identificação único para a

15 unidade móvel da qual os sinais identificando o comportamento considerado como sendo suficiente para causar o alarme se originam.



**FIG. 4**



RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA DE MONITORAÇÃO PARA MONITORAR CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E MÉTODO PARA MONITORAÇÃO DE UNIDADES MÓVEIS"**.

- 5 A presente invenção refere-se a uma monitoração de vagão que utiliza apoios flexíveis instrumentados suportados dentro dos mordentes de pedestal do truque nos adaptadores de mancal. Os apoios contêm sensores para monitorar temperatura, pressão, cargas de mudança, flutuação por estabilidade do truque e similares e têm conjunto de circuitos para processar a
- 10 informação recebida dos sensores e para processar e relatar divergências das variáveis de desempenho para uma fonte remota. O sistema ativa, de maneira cíclica, a sondagem de cada apoio em um vagão e comunica os sinais de divergências críticas e a identidade do vagão para uma fonte remota.