



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

(11) PI 0811607-5 B1

(22) Data do Depósito: 12/05/2008

(45) Data de Concessão: 02/10/2018



* B R P I 0 8 1 1 6 0 7 B 1 *

(54) Título: MODELAGEM DE DIAGNÓSTICO REMOTO

(51) Int.Cl.: G07C 5/08; G01M 17/00; G06F 17/50; G06Q 90/00

(30) Prioridade Unionista: 14/05/2007 SE PCT/SE2007/000466

(73) Titular(es): VOLVO TRUCK CORPORATION

(72) Inventor(es): HANSSON, JÖRGEN; SVENSSON, MAGNUS; RÖGNVALDSSON, THORSTEINN;
BYTTNER, STEFAN

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/11/2009

"MODELAGEM DE DIAGNÓSTICO REMOTO"**CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO**

A presente invenção se refere a um método de
5 diagnóstico e de manutenção, a uma montagem de diagnóstico
e de manutenção compreendendo um servidor central e um
sistema, e a um programa de computador para detecção de
falha para uma pluralidade de sistemas, particularmente
para uma pluralidade de veículos, em que cada sistema
10 proporciona pelo menos um sinal relacionado ao sistema que
serve como fundamento para o diagnóstico e/ou a manutenção
do sistema/para o sistema.

Ainda que a presente invenção venha a ser descrita a
seguir em maiores detalhes levando-se em consideração a sua
15 aplicação para veículos, ela é também utilizável para
qualquer outro sistema mecatrônico ou eletrônico. A
descrição detalhada se refere a uma concretização preferida
da presente invenção, unicamente, e não deverá de nenhuma
maneira, ser compreendida como limitação do escopo da
20 presente invenção.

Outros sistemas mecatrônicos ou eletrônicos são, por
exemplo, elevadores, robôs, máquinas registradoras, escadas
rolantes, aviões, embarcações e seus subsistemas. Um
subsistema importante é, por exemplo, uma rede sensorial.
25 Além do mais, a presente invenção pode ser utilizada para
redes de dados ou telecomunicação para monitoramento e
detecção de anomalias em diferentes subsistemas, tais como
roteadores. Adicionalmente, o método da presente invenção
possibilita para classificação de diferentes cenários de
30 direção (tração) e diferente utilização de veículos para
aprimoramento de planejamento e ganho de tempo de serviço.

PANORAMA DO ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO

A partir do estado da técnica existem métodos de

diagnóstico e de manutenção conhecidos que possibilitam um monitoramento de um veículo único ou de uma pluralidade de veículos em que status de veículo, requerimentos de serviço, registros de manutenção e características operacionais são transmitidos a partir do veículo para um centro de serviço que proporciona diagnóstico e manutenção. Os dados coletados são comparados com os dados padrão (*standard*) previamente definidos para cada veículo. Fundamentado sobre desvios detectados a partir dos dados padrão, o centro de serviço determina se reparo, serviço ou manutenção é necessário. O centro de serviço é também possibilitado para transmitir atualizações ou para modificar agendamentos de manutenção para os veículos.

Por exemplo, requerimentos de serviço como substituição de partes de desgaste, tais como óleo de motor, filtros de óleo, discos de freio ou palhetas do limpador de pára-brisa são utilizados para serem definidos por um determinado número de dias ou uma determinada milhagem. Depois de expiração, o veículo é convocado a se dirigir para uma oficina de reparo para execução da manutenção necessária definida. Esta manutenção é executada mesmo que as partes de desgaste ainda estejam utilizáveis. Isto resulta em freqüentes paradas em uma oficina de reparo, o que também significa que o veículo não é utilizável durante este tempo, o que por sua vez resulta em custos aumentados devido ao período inativo forçado, principalmente se veículos comerciais são particularmente considerados.

Por outro lado, os intervalos de serviço para um veículo para garantia da disponibilidade do veículo, devem ser curtos, de maneira a detectar erros ou falhas antes de sua ocorrência. Adicionalmente, no caso em que um veículo venha a estar de fato funcionando mau, a pesquisa para descobrir a falha consome uma grande quantidade de tempo

devido para a pluralidade de diferentes componentes mecânicos e elétricos. Para redução do diagnóstico e subsequente tempo de reparo, um monitoramento constante do veículo por diversos sensores e transmissão da correspondente pluralidade de sinais para o centro de serviço deveriam ser necessários. Mesmo com o auxílio de comunicação sem fio, a massa abrupta de dados a partir de um único veículo para o centro de serviço exclui esta possibilidade. Consequentemente, a maior parte dos métodos utiliza um conjunto limitado de parâmetros que são determinados em avanço (adiantadamente) para monitorar o *status* de um veículo e correspondem para subsistemas pré-selecionados do veículo. No caso em que um parâmetro venha a se desviar a partir de um padrão previamente definido para este parâmetro, o veículo é convocado a se dirigir para a oficina de reparo para reparo, manutenção ou diagnóstico. Mas, no caso em que uma falha venha a ocorrer em um subsistema que não é monitorado, todos os sistemas do veículo devem ser pesquisados para descobrir a origem das falhas, o que é muito consumidor de tempo.

Uma desvantagem adicional dos métodos conhecidos a partir do estado da técnica é a de que os valores padrão para os parâmetros monitorados são definidos como valores ideais que não espelham idealmente a realidade e tais métodos não são, em sua maior parte, adaptáveis durante o tempo de vida útil de um veículo, de maneira que efeitos de envelhecimento não podem ser levados em consideração.

É, conseqüentemente, o objetivo da presente invenção o de proporcionar um método e uma montagem de diagnóstico e de manutenção aperfeiçoados que permitem para uma detecção e previsão de erros em uma pluralidade de sistemas em curto tempo e para manutenção otimizada.

Este objetivo é solucionado por um método em concordância com a **reivindicação de patente independente 1**

posteriormente, por uma montagem em concordância com a **reivindicação de patente independente 14** posteriormente, por um servidor central em concordância com a **reivindicação de patente independente 19** posteriormente, por um sistema
5 em concordância com a **reivindicação de patente independente 20** posteriormente, por um programa de computador em concordância com a **reivindicação de patente independente 21** posteriormente e por um meio (uma mídia) de leitura por computador em concordância com a **reivindicação de patente**
10 **independente 22** posteriormente.

O conceito inventivo é fundamentado sobre o fato de que sinais relacionados ao sistema proporcionados por cada sistema que descreve o status do sistema podem ou não podem mostrar uma relação significativa entre eles. A
15 determinação de se uma relação é significativa ou não pode ser desempenhada por comparação das relações compatíveis entre os sistemas. Para esta comparação é preferido utilizar uma métrica apropriada. No caso em que uma relação significativa venha a ser detectada, esta relação
20 significativa pode ser comparada entre sistemas, ou comparada para sistemas únicos ao longo do tempo, e utilizada como um fundamento sobre o qual uma decisão sobre uma necessidade para provisão de manutenção e/ou de reparo para que um sistema individual possa ser alcançado. O
25 método proposto pode também ser atualizado com o tempo, e por consequência, ajustado para, por exemplo, desgaste, e pode monitorar subsistemas que não foram considerados na fase de projeto inicial. Adicionalmente, a relação significativa também se refere para a falha para um
30 subsistema, por intermédio do que o tempo para a pesquisa para descobrir um mau funcionamento pode ser reduzido.

A relação pode ocorrer entre mesmos sinais relacionados ao sistema em diferentes pontos em tempo, que possibilitam uma detecção de um comportamento de

envelhecimento do sistema, ou entre diferentes sinais relacionados ao sistema em mesmos pontos em tempo que podem ser uma indicação para uma interação entre os sistemas ou partes de sistema que são caracterizados pelo correspondente sinal relacionado ao sistema. Adicionalmente, é também possível determinar uma relação entre diferentes sinais relacionados ao sistema em diferentes pontos em tempo que podem indicar um comportamento de envelhecimento da interação entre sistemas ou partes de sistemas.

Em uma concretização preferida da presente invenção, a relação é definida por uma correlação linear ou não linear em que também autocorrelação pode ser considerada. Por exemplo, correlações lineares e não lineares podem ser representadas por vetores inerentes/vetores característicos (*eigenvectors*) de uma matriz de correlação. Uma outra concretização preferida da presente invenção é a distribuição de junção observada de valores observados, que podem preferivelmente ser expressos através de histograma ou agrupamento, em que o último pode estar com ou sem informação topológica.

Adicionalmente, é preferido definir um padrão (uma norma) para a relação significativa detectada, em que vantajosamente o padrão é definido por comparação das relações significativas para a pluralidade de sistemas. Adicionalmente, é preferido detectar um desvio a partir deste padrão definido. A decisão de se manutenção e/ou reparo é necessário pode após isso ser fundamentada sobre a existência de um desvio detectado a partir do padrão e/ou se o desvio detectado é significativo.

A vantagem de definição do padrão por comparação da relação significativa para todos os sistemas é a de que a realidade pode ser levada em consideração. O padrão definido é determinado pelos sistemas em si mesmos sob

condições de operação reais e não através de valores idealizados determinados, por exemplo, sob condições de laboratório ou de bancada de teste. Adicionalmente, na medida em que não é a priori definido que sistema é para ser investigado, mas a ocorrência de uma relação significativa entre sinais relacionados ao sistema é determinada, qualquer sistema pode ser investigado tanto quanto venham a existir sinais relacionados ao sistema disponíveis que são influenciados por uma operação do sistema.

10 A definição do padrão e/ou a detecção de um desvio a partir do padrão são preferivelmente desempenhadas por métodos estatísticos, particularmente métodos de classificação estatísticos, em que a significância do desvio pode ser quantificada por um teste de confiança estatístico.

15 Em uma concretização preferida da presente invenção, a determinação de uma relação entre sinais relacionados ao sistema é desempenhada por montagem de um modelo para os sinais, modelo por intermédio do que, parâmetros de modelo associados, uma produção de modelo e uma qualidade de montagem são definidos. O modelo captura as relações entre os sinais relacionados ao sistema e, conseqüentemente, representa uma representação reduzida dos dados, na medida em que, por exemplo, somente os parâmetros de modelo ou produções de modelo necessitam ser considerados para ganho de informação no sistema. Se as relações são significativas ou não, pode após isso, ser determinado por consideração da qualidade de montagem e da variância dos modelos dentro da pluralidade de sistemas. Em adição, uma validação cruzada dos modelos pode ser desempenhada.

20 25 30 Analisando as mudanças no modelo montado possibilita, por exemplo, para detecção de um mau funcionamento em um sistema e aperfeiçoamento/adaptação de modelos existentes proporciona uma possibilidade para adaptação do modelo para

efeitos de envelhecimento dos sistemas.

Em uma concretização preferida da presente invenção, os modelos são montados pelos sistemas em si mesmos, em que adicionalmente os sistemas também desempenham uma seleção
5 em que sensores e sinais relacionados ao sistema são monitorados, e subsequentemente uma comparação entre os modelos montados é desempenhada. Fundamentado sobre o resultado da comparação, um melhor modelo ou modelo padrão pode ser definido que serve como fundamento para a decisão
10 de se manutenção ou reparo é necessário.

Adicionalmente, pode ser vantajoso definir o padrão por definição de valores padrão para os parâmetros de modelo e/ou produção de modelo, em que para a determinação dos valores padrão os parâmetros/produções de modelo de
15 todos os sistemas são considerados.

Em uma concretização preferida da presente invenção, a definição dos valores padrão para os parâmetros de modelo e/ou a produção de modelo são desempenhados por métodos estatísticos. Uma possibilidade simples, mas eficiente, é
20 calcular valores médios para os parâmetros e/ou produções de modelo. Se um desvio a partir do padrão ocorre, pode então ser determinado por detecção se o parâmetro/produção de modelo sob investigação está fora de uma faixa definida por uma distribuição parametrizada adequada em torno do
25 valor médio, por exemplo, determinado por um modelo de densidade de probabilidade de Gauss (gaussiano).

Em uma concretização preferida adicional da presente invenção, a relação significativa é monitorada, particularmente por determinação constantemente dos
30 parâmetros e/ou produções de modelo para a relação significativa e comparação dos parâmetros e/ou produções de modelo com os valores padrão correspondentes, por intermédio do que um desvio a partir dos valores padrão pode ser detectado. Adicionalmente, é preferido continuar a

adaptar o modelo para espelhamento de mudanças, por exemplo, devidas aos efeitos de envelhecimento. Isto é feito por montagem repetidamente de diferentes modelos e seleção de modelos adequados. Isto possui a vantagem de que
5 uma interação entre sistemas pode ser detectada que ocorre somente depois de alguma utilização ou somente durante utilização em determinados ambientes. Por exemplo, o desgaste de um veículo em um ambiente seco e quente, tal como um deserto, difere a partir do desgaste de um veículo
10 em ambientes úmidos. Consequentemente, as relações significativas e seus padrões diferem não unicamente a partir do início, mas também durante operação do veículo.

Em uma concretização preferida da presente invenção, o sistema desempenha a etapa de determinação da relação e/ou
15 da montagem do modelo em si mesmo. Isto resulta em uma redução de volume de dados que é transmitido para um servidor central, particularmente um centro de serviço, para a decisão de se manutenção ou reparo necessita ser desempenhado. As etapas remanescentes, tais como comparação
20 das relações, determinação das relações significativas, detecção de um desvio e decisão de se o desvio detectado é significativo para a necessidade de manutenção ou reparo, são preferivelmente desempenhadas pelo servidor central, que pode levar em consideração as relações de uma
25 pluralidade de sistemas. Mas, é também possível que o servidor central venha a desempenhar todas as etapas e os sistemas exatamente proporcionar os sinais relacionados ao sistema para o servidor central, ou, *vice versa*, que os sistemas venham a desempenhar todas as etapas, ou que a
30 autorização das etapas para sistema/servidor central venha a diferir.

Em concordância com uma outra concretização preferida da presente invenção, unidades de comunicação sem fio são proporcionadas para a comunicação entre servidor central e

sistemas.

Para uma redução adicional de volume de dados, pode ser vantajoso enviar uma requisição para a determinação de uma relação entre sinais relacionados ao sistema pré-determinados, em que a seleção entre quais sinais relacionados ao sistema uma relação deveria ser determinada, pode ser desempenhada por utilização métodos de pesquisa randômicos e/ou determinísticos.

Vantagens adicionais e concretizações preferidas são definidas nas **reivindicações de patente** posteriormente, na presente descrição e na **Figura do Desenho** acompanhante.

A presente invenção irá ser mais prontamente evidenciada para aqueles especializados no estado da técnica durante o curso da descrição a seguir, em que referência é feita para a **Figura do Desenho** acompanhante que ilustra uma concretização preferida da presente invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DO DESENHO DA PRESENTE INVENÇÃO

A **Figura** única acompanhante mostra:

Figura 1 um fluxograma para uma concretização preferida do método em concordância com a presente invenção.

A **Figura do Desenho** é somente uma representação esquemática e a presente invenção não está limitada para a concretização preferida ilustrativa nela representada.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA PRESENTE INVENÇÃO

A seguir, a presente invenção é descrita para uma frota (= pluralidade) de veículos, cada um dos veículos compreendendo diversos subsistemas para os quais manutenção e diagnóstico deveriam ser proporcionados. O subsistema

considerado a seguir, como concretização preferida, é um sistema de suspensão a ar para o qual diagnóstico e manutenção são desempenhados. O sistema de suspensão a ar serve como sistema exemplificativo unicamente. Cada um
5 outro subsistema incluído em um veículo ou até mesmo o veículo em si mesmo poderiam ser considerados.

Mesmo que a presente invenção seja descrita para uma frota de veículos, ela é também utilizável para qualquer sistema mecatrônico ou eletrônico como, por exemplo,
10 elevadores, robôs, máquinas registradoras, escadas rolantes, aviões, embarcações e seus subsistemas. Um subsistema importante é, por exemplo, uma rede sensorial. Além do mais, a presente invenção pode ser utilizada para redes de dados ou telecomunicação para monitoramento e
15 detecção de anomalias em diferentes subsistemas, tais como roteadores. Adicionalmente, o método da presente invenção possibilita classificação de cenários de diferentes cenários de direção (tração) e diferente utilização de veículos para aprimoramento de planejamento e ganho de
20 tempo de serviço.

O sistema de suspensão a ar exemplificativo considerado proporciona sinais relacionados ao sistema como, por exemplo, pressão (P) e nível (L) em uma pressão de coifa (fole) e tanque acumulador (P_w), sinais que são
25 proporcionados, por exemplo, por sensores dispostos na coifa e no tanque úmido. Se um sistema de refrigeração a ar é investigado, sinais relacionados ao sistema tais como, por exemplo, v_{fan} (velocidade de ventilador), t (torque de motor) e T_{cm} (temperatura do meio de refrigeração) podem ser
30 considerados exatamente como tais. Os sinais relacionados ao sistema podem ser escolhidos randomicamente ou deterministicamente por um engenheiro e/ou um especialista para o sistema.

Com o método da presente invenção é também possível

descobrir relações desconhecidas entre sinais relacionados ao sistema que podem ocorrer em veículos novos em folha, mas também relações que se desenvolvem ao longo do tempo de vida útil de um veículo. Conseqüentemente, até mesmo
5 relações que indicam efeitos de envelhecimento podem ser utilizadas para manutenção e diagnóstico.

Para a descoberta de relações desconhecidas, os sinais relacionados ao sistema para os quais relações são determinadas são randomicamente escolhidos. Por intermédio
10 disso, é também possível determinar relações entre sinais relacionados ao sistema de um primeiro subsistema e sinais relacionados ao sistema de um segundo subsistema, em que os subsistemas fazem parte de um sistema principal. Por exemplo, é possível descobrir se poderia existir uma
15 relação entre a temperatura dos discos de freio (= sinal relacionado ao sistema para um sistema de frenagem = subsistema 1) em um veículo (= sistema principal) e a temperatura de um meio de refrigeração a ar (= sinal relacionado ao sistema para um sistema de refrigeração a ar
20 = subsistema 2) no mesmo veículo (= sistema principal).

Isto para não dizer que não somente dois subsistemas ou dois sinais relacionados ao sistema de subsistemas, como descrito anteriormente, podem ser investigados, mas uma pluralidade de subsistemas e/ou uma pluralidade de sinais
25 relacionados ao sistema. É também compreendido que é possível considerar um veículo único e no veículo, por exemplo, um motor compreendendo pelo menos dois injetores, em que os injetores servem como a pluralidade de sistemas, e os sinais relacionados ao sistema são, por exemplo, a
30 abertura de bocal de injeção e a temperatura de injetor. A partir disto, é evidenciado que cada produto que pode ser considerado como produto de massa, da maneira a mais superficial pode servir como sistema.

Se existe uma relação, não é determinada pelo único

sistema (principal) investigado, mas por uma pluralidade de sistemas (principais) que determinam relações para os mesmos sinais relacionados ao sistema escolhidos do sistema (principal) ou de subsistemas do sistema principal. No
5 caso, por exemplo, em que a maior parte dos sistemas (principais) mostra uma relação entre os sinais relacionados ao sistema escolhidos, é plausível que a relação é também uma relação significativa.

Até mesmo se não existe nenhuma relação detectada
10 entre sinais relacionados ao sistema para um veículo novo em folha, uma relação poderia ser desenvolvida durante o tempo de vida útil do veículo. Conseqüentemente, é possível, e até mesmo desejável, re-determinar relações entre sinais relacionados ao sistema depois de um
15 determinado período de tempo.

Na concretização preferida da presente invenção, descrita com referência para o fluxograma mostrado na **Figura 1**, a determinação de se existe/existem uma relação/ões é desempenhada por montagem de um modelo para
20 os sinais relacionados ao sistema a serem investigados, por intermédio do que o modelo, parâmetros de modelo associados, uma produção de modelo e uma qualidade de montagem podem ser definidos. O modelo codifica as relações entre os sinais relacionados ao sistema que são parte do
25 sistema. Por exemplo, como definido anteriormente, o subsistema investigado pode ser o sistema de suspensão a ar de um veículo.

O veículo em si mesmo compreende uma unidade de determinação, por exemplo, um computador embarcado, que é
30 adaptado para montar um modelo para sinais relacionados ao sistema. Os sinais relacionados ao sistema por sua vez podem ser derivados a partir de uma rede sensorial ou um sensor único dentro do veículo, em que os sinais podem ser transmitidos a partir dos sensores para a unidade de

determinação, por exemplo, por ônibus (*busses*) de comunicação ou uma rede de comunicação interna do veículo.

A **Figura 1** mostra um fluxograma de uma concretização preferida do método da presente invenção, em que em uma primeira etapa **(1)** os sinais relacionados ao sistema para os quais uma relação deveria ser determinada são selecionados. Esta seleção pode ser desempenhada, por exemplo, por um engenheiro de serviço ou um trabalhador especialista em um centro de serviço (compreendendo um servidor central) que proporciona manutenção e diagnóstico para uma frota de veículos. Os sinais relacionados ao sistema que são utilizados podem também ser configurados automaticamente, por exemplo, pelo centro de serviço em si mesmo. Para a seleção de sinais relacionados ao sistema um método de pesquisa randômico ou determinístico pode ser utilizado, em que o método de pesquisa determinístico pode ser fundamentado sobre os dados coletados de um único veículo.

Em uma segunda etapa **(2)**, o centro de serviço especifica uma estrutura de modelo para os sinais relacionados ao sistema, que descreve as relações a serem investigadas e, conseqüentemente, caracteriza sistemas, subsistemas ou relações cruzadas entre sistemas. Esta especificação de modelo é transmitida para a pluralidade de sistemas ou no caso considerado para cada veículo na frota. É também possível enviar diferentes configurações de sinal para cada veículo (sistema) e deixar um algoritmo de otimização em cada montagem de veículo um modelo para os dados mensurados durante operação dos veículos [etapa **(3)**]. A montagem do modelo cria dados sobre o modelo, sobre os parâmetros de modelo, sobre a produção de modelo e sobre a qualidade de montagem.

Por exemplo, o sistema de suspensão a ar considerado

compreende um número de sinais relacionados ao sistema que são continuamente mensurados, por exemplo, pressão (**P**) e nível (**L**) em uma pressão de coifa (fole) e tanque acumulador (**P_w**). Estes sinais relacionados ao sistema
5 formam uma lista de sinais potencialmente interessantes.

$$S \in \begin{bmatrix} P(t) \\ P(t_1) \\ M \\ P(t_k) \\ L(t) \\ L(t_1) \\ M \\ L(t_k) \\ P_w(t) \\ P_w(t_1) \\ M \\ P_w(t_k) \end{bmatrix} \quad (\text{Equação 1})$$

onde os sinais são mensurados em tempos (**t₁**) até (**t₂**).

10

A partir da lista de sinais e da especificação de modelo é possível montar um modelo, por exemplo, uma equação de diferença, que descreve as relações entre todos ou alguns destes sinais, por intermédio do que o centro de
15 serviço pode controlar quais os sinais na lista que irão ser uma parte do modelo, e todas as possíveis combinações podem ser montadas.

Por exemplo:

20

Modelo 1:

$$L(t) = a \cdot L(t_1) + b \cdot P(t) + c \quad (\text{Equação 2})$$

ou **Modelo 2:**

$$L(t) = a \cdot L(t_1) + b \cdot P(t) + c \cdot P_w(t) + d \quad (\text{Equação 3})$$

5 em que os parâmetros de modelo $M = [a \ b \ c]$ (ou
 $M = [a \ b \ c \ d]$ para o último caso) podem ser descobertos
através de um método de otimização (tal como o método dos
quadrados mínimos) aplicado para os dados mensurados sobre
um único veículo. Esta montagem de parâmetro pode ser feita
10 sobre o veículo e cada veículo retorna um conjunto de
parâmetros descrevendo as relações observadas para aquele
veículo específico.

Cuidado especial tem que ser tomado para sinais com um
valor constante. Dependendo do modelo, eles devem ser
15 explicitamente excluídos, por exemplo, para modelos
lineares fundamentados em retardos. Em outros modelos, uma
exclusão explícita não é necessária, devido para o fato de
que eles são automaticamente descarregados, por exemplo,
devido para o fato de que eles não possuem nenhuma
20 covariância.

Os parâmetros de modelo montados por cada veículo e
bem como a produção de modelo e a qualidade de montagem são
transmitidos em uma etapa adicional (4) a partir de cada
veículo de volta para o centro de serviço.

25 O centro de serviço compara, na etapa (5), como
veículos bem diferentes montaram seus modelos
especificados, e após isso seleciona a especificação modelo
a melhor por comparação de modelos, parâmetros de modelo,
produções de modelo, qualidades de montagem e como os
30 parâmetros de modelo variam entre os veículos [etapa (6)].

Na etapa (6), o centro de serviço determina se as
relações descritas pela configuração de modelo são
significativas ou não por comparação das qualidades de
montagem, calculando e comparando a variância dos modelos e

desempenhando uma validação cruzada para os modelos de todos os veículos. É também possível que o centro de serviço venha a testar como configurações de sinal bem diferentes podem ser montadas por envio das configurações para todos os veículos em uma frota, onde cada veículo então somente envia de volta quanto bem ele gerenciou para fazer uma montagem (qualidade de montagem). Desta maneira, a configuração a mais adequada pode ser verificada como a configuração com o erro de montagem o mais baixo e/ou o espalhamento de parâmetros o maior. Isto para não dizer que, uma configuração pode também ser considerada como a configuração a mais adequada que mostra valores razoáveis somente para um único veículo, mas mostra uma relação muito estável e de alta qualidade (por exemplo, baixo ruído) de maneira que a configuração é merecedora de uma tentativa. Por aceitação também de uma tal configuração como a configuração a mais adequada é, por exemplo, possível desconsiderar influências ambientais, na medida em que é possível que o veículo mostrando a relação estável seja operado sob condições completamente diferentes do que todos os outros veículos na frota.

No caso em que uma configuração venha a ser descoberta que corresponde para uma relação significativa entre os sinais relacionados ao sistema com um espalhamento significativo nestas relações entre veículos, esta configuração é marcada como configuração de "interesse". É possível selecionar mais do que uma configuração como uma configuração de "interesse", se, por exemplo, não for possível discriminar entre as mesmas (por exemplo, se a faixa de confiança da sobreposição de erro de montagem com a faixa de um diferente modelo).

Em uma próxima etapa (7), o/s modelo/s de "interesse" escolhido/s é/são transmitido/s para todos os veículos na frota e é/são continuamente adaptado/s (montado/s) por

todos os veículos na frota [etapa (8)]. Subseqüentemente, cada veículo transmite de volta parâmetros de modelo, produções de modelo e qualidades de montagem constantemente calculados [etapa (8)]. Sobre o fundamento destes dados, é
5 então possível proporcionar decisões sobre necessidades para manutenção ou diagnóstico para cada veículo individual.

Depois de uma determinada quantidade de tempo de adaptação, ou suficientes veículos observados, suficientes
10 parâmetros de modelo, produções de modelo e qualidades de montagem se acumularam no centro de serviço, de maneira que o centro de serviço pode determinar, na etapa (9) e na etapa (10), um padrão (uma norma) para os parâmetros de modelo e/ou produções de modelo por comparação dos
15 parâmetros de modelo de todos os veículos, por intermédio do que um método estatístico adequado pode ser utilizado. Por exemplo, é possível simplificar médias de cálculo e desvios padrão para os parâmetros de modelo. A comparação de modelos é feita utilizando uma métrica de distância
20 apropriada para o tipo de modelo, por exemplo, uma métrica de Euclides (euclidiana) entre parâmetros, uma métrica de *Mahalanobis* entre parâmetros de modelo, uma similaridade de *Krzanowski* para vetores, uma distância entre centros de agrupamento, uma métrica de *Hausdorff* entre superfícies
25 topológicas, etc. É evidente que não somente um modelo linear, como descrito na concretização preferida da presente invenção, pode ser utilizado, mas também outros métodos estatísticos como, por exemplo, Análise de Componente Principal (*Principal Component Analysis*), Mapas de Organização Em Si Mesma (*Self Organising Maps*) ou Método de Consenso de Amostragem Randômica (*Random Sample Consensus Method*)) são aplicáveis.
30

Uma vez que os valores padrão sejam definidos, os dados transmitidos a partir dos veículos podem ser

monitorados a partir de então, e podem ser constantemente comparados com o valor padrão correspondente [etapa (11)]. Se um (ou diversos) dos parâmetros/produções de modelo se desvia/m significativamente a partir do padrão, um problema

5 no sistema considerado daquele veículo é plausível. Ações necessárias podem após isso ser tomadas, tal como partida de *software* de *downloading* a partir do centro de serviço para o veículo para proporcionar um diagnóstico mais detalhado para aquele sistema.

10 Para a determinação [etapa (12)] de se existe um desvio significativo, é também preferível utilizar métodos estatísticos. A determinação de um desvio significativo pode ser desempenhada, por exemplo, por uma experimentação de validação cruzada, utilizando uma matriz de covariância

15 M_{std} para os parâmetros de modelo M_k (onde k é um índice para uma população de K veículos) que são enviados continuamente de volta para o centro de serviço. É também possível que os modelos venham a ser calculados continuamente e são somente transmitidos, por exemplo, no

20 caso de uma mudança em parâmetros ou produções de modelo venha a ser detectada ou depois de um determinado período de tempo pré-determinado.

$$M_{std} = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (M_k - \bar{M})(M_k - \bar{M})^T \quad (\text{Equação 4})$$

em que M_{std} é a matriz de covariância para os parâmetros de

25 modelo para um subconjunto dos veículos e $\bar{M}$ é o valor médio dos parâmetros de modelo para o mesmo subconjunto de veículos. A significância pode após isso ser determinada, por exemplo, por um teste de confiança estatístico que determina, se os parâmetros de um modelo a partir de um

30 veículo são significativamente diferentes a partir daqueles no subconjunto (frota) de modelos (veículos). Um possível teste estatístico é o de computar a probabilidade para o

desvio observado entre o veículo único e o subconjunto sob a suposição de, por exemplo, uma distribuição normal de multivariação.

5 No caso em que um desvio significativo venha a ser detectado, o centro de serviço pode ajustar na etapa (13) um sinal de "falha" para aquele sistema para o qual o desvio foi detectado e transmitir uma mensagem para o veículo, por exemplo, de que manutenção, reparo e/ou diagnóstico adicional [etapa (14)] é necessário.

10 Adicionalmente, o centro de serviço pode compreender um mecanismo que possibilita que o centro de serviço venha a remover modelos a partir dos veículos na população que foi utilizada em um ambiente ou de uma maneira que se desvia a partir dos outros veículos antes que os valores
15 venham a ser determinados. Por exemplo, um veículo está inativo durante um período de tempo mais longo, por exemplo, devido para reparo ou férias do usuário, ou um veículo é inesperadamente utilizado em um diferente ambiente, por exemplo, se um veículo é utilizado em um
20 deserto levando-se em consideração que este veículo é normalmente utilizado em um clima temperado.

Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência para uma concretização específica preferida, deverá ser observado por aqueles especializados no estado
25 da técnica que a mesma não deve ser considerada como sendo limitada para esta concretização exemplificativa e vantajosa descrita anteriormente, mas certamente, um número de mudanças, de variações e de modificações adicionais é conceptível sem se afastar do espírito e do escopo de
30 proteção da presente invenção que é unicamente limitada pela matéria estabelecida nas **reivindicações de patente** posteriormente.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fornecimento de diagnóstico e/ou manutenção para uma pluralidade de sistemas, cada sistema fornecendo pelo menos um sinal relacionado ao sistema,

5 **caracterizado pelo fato** de que compreende as etapas de:

- determinar para cada sistema pelo menos uma relação entre os sinais relacionados ao sistema;
- comparar as referidas relações determinadas;
- determinar, com base no resultado da comparação,
10 quais relações são relações significativas;
- fornecer uma decisão de diagnóstico e/ou de manutenção com base nas relações significativas determinadas, em que a determinação da relação é desempenhada através da montagem de um modelo
15 para os sinais, através do qual o modelo, parâmetros de modelo associados, uma produção de modelo e uma qualidade do modelo montado são definidos; e
- determinar uma variância dos modelos montados
20 dentro da pluralidade de sistemas, em que a determinação da relação significativa leva em consideração a qualidade do modelo montado e/ou a variância dos modelos.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1,
25 **caracterizado pelo fato** de que a etapa de determinar pelo menos uma relação para cada sistema é desempenhada:

- entre mesmos sinais relacionados ao sistema em diferente ponto em tempo; e/ou
- entre diferentes sinais relacionados ao sistema

no mesmo ponto em tempo e/ou em diferentes pontos em tempo.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato** de que a relação é uma correlação linear ou não linear, e/ou a relação é particularmente expressada por histograma ou agrupamento com ou sem informação topológica.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato** de que compreende adicionalmente pelo menos uma das seguintes etapas adicionais de:

- definir um padrão para a relação significativa determinada, particularmente através da comparação das relações significativas para a pluralidade de sistemas;
- detectar um desvio a partir do padrão; e
- determinar uma significância do desvio a partir do padrão, em que as etapas de detectar um desvio e de determinar sua significância são preferivelmente desempenhadas por métodos estatísticos, particularmente por métodos de classificação estatísticos, em que particularmente a etapa de determinar uma significância do desvio é desempenhada por um teste de confiança estatístico.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato** de que a decisão de diagnóstico e/ou de manutenção é fornecida para um sistema individual a partir da pluralidade de sistemas, em que a decisão de diagnóstico e/ou de manutenção é preferivelmente fornecida com base no desvio detectado da

relação significativa a partir de seu padrão.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato** de que compreende adicionalmente a etapa adicional de:

- 5 • desempenhar uma validação cruzada para os modelos montados.

7. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato** de que a etapa de definir o padrão compreende:

- 10 • definir valores padrão para os parâmetros de modelo e/ou para a produção de modelo, em que os referidos valores padrão são determinados particularmente a partir dos parâmetros de modelo e/ou produções de modelo de todos os sistemas.

- 15 8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato** de que os valores padrão para o parâmetro de modelo e/ou produções de modelo são definidos por métodos estatísticos, particularmente calculando valores médios $\overline{M}$, em que $M = [a \ b \ c]$ e $a, b, c =$
 20 parâmetros/produções de modelo, e/ou matrizes de co-variância para o parâmetro/produções de modelo de todos os sistemas, e em que preferivelmente o desvio significativo a partir do padrão é definido se os parâmetros e/ou produções de modelo estão fora de uma faixa permitida definida por
 25 uma distribuição parametrizada adequada, particularmente por um modelo de densidade de probabilidade normal.

- 9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizado pelo fato** de que a relação significativa é monitorada para detectar um desvio
 30 a partir do padrão, em que o monitoramento é desempenhado através da montagem constantemente de diferentes modelos,

seleção de um modelo adequado a partir dos modelos montados e comparação dos parâmetros de modelo do modelo montado adequado com valores padrão.

10 10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado pelo fato** de que a determinação da relação e/ou a montagem do modelo é desempenhada por cada sistema em si, e as outras etapas são preferivelmente desempenhadas por um centro de serviço, em que o centro de serviço preferivelmente envia uma
15 requisição para a determinação da relação para cada sistema, particularmente por comunicação sem fio.

15 11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado pelo fato** de que pelo menos um sinal relacionado ao sistema para o qual uma
15 relação é determinada é randomicamente e/ou deterministicamente selecionado.

20 12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, **caracterizado pelo fato** de que o sistema é um sistema mecatrônico ou eletrônico, particularmente um veículo ou equipamento de construção, uma rede de comunicação e/ou uma rede sensorial.

25 13. Montagem para desempenhar um método de diagnóstico e de manutenção conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 12, **caracterizada** pelo fato de
25 que compreende:

- pelo menos dois sistemas para os quais diagnóstico e/ou manutenção são desempenhados, em que cada sistema fornece pelo menos um sinal relacionado ao sistema e cada sistema é adaptado
30 para determinar pelo menos uma relação entre os sinais relacionados ao sistema;

- um servidor central incluindo:
 - o uma unidade de comparação para comparar as relações determinadas compatíveis;
 - o uma unidade de determinação para determinar com base no resultado da comparação quais relações são relações significativas;
 - o uma unidade de diagnóstico/manutenção para fornecer uma decisão de diagnóstico e/ou de manutenção com base nas relações significativas determinadas.

14. Montagem, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizada pelo fato** de que o servidor central e cada sistema adicional incluem um dispositivo de comunicação, preferivelmente compreendendo unidades de comunicação sem fio, em que o dispositivo de comunicação do servidor central é adaptado para transmitir para cada sistema uma requisição para pelo menos uma relação entre sinais relacionados ao sistema, o dispositivo de comunicação de cada sistema é adaptado para receber a requisição e transmitir a relação requisitada, e o dispositivo de comunicação do servidor central é adicionalmente adaptado para receber a relação requisitada transmitida.

15. Montagem, de acordo a reivindicação 13 ou 14, **caracterizada pelo fato** de que cada sistema é adaptado para determinar a pelo menos uma relação entre mesmos sinais relacionados ao sistema em diferentes pontos em tempo e/ou entre diferentes sinais relacionados ao sistema em mesmos e/ou em diferentes pontos de tempo.

16. Montagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 15, **caracterizada pelo fato** de que cada

um dos sistemas é adicionalmente adaptado para desempenhar uma montagem de um modelo para os sinais, através do qual o modelo, os parâmetros de modelo associados, uma produção de modelo e uma qualidade de montagem são definidos.

5 **17.** Montagem, de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 16, **caracterizada pelo fato** de que o servidor central é adicionalmente adaptado para desempenhar as etapas do método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 3 a 11, em que é preferido que o servidor
10 central e/ou pelo menos um dos sistemas seja adaptado para desempenhar uma seleção dos sinais relacionados ao sistema para os quais uma relação é determinada, em que referida seleção preferivelmente é desempenhada através da utilização de métodos de pesquisa randômicos e/ou
15 determinísticos.

18. Servidor central, **caracterizado pelo fato** de que é adaptado para ser parte de uma montagem conforme definida em qualquer uma das reivindicações 13 a 17 e para desempenhar as correspondentes etapas do método conforme
20 definido em qualquer uma das reivindicações 1 ou 3 a 11.

19. Sistema, **caracterizado pelo fato** de que fornece pelo menos um sinal relacionado ao sistema que é adaptado para ser parte de uma montagem conforme definida em qualquer uma das reivindicações 13 a 17 e de para
25 desempenhar as correspondentes etapas do método conforme definido nas reivindicações 1 ou 2 ou 10, em que o sistema preferivelmente é um sistema mecatrônico ou eletrônico, particularmente um veículo ou equipamento de construção,

uma rede de comunicação e/ou uma rede sensorial.

20. Memória, **caracterizada pelo fato** de que compreende instruções que, quando executadas por uma unidade de processamento central (*CPU*) sendo parte de um
5 servidor central conforme definido na reivindicação 18 e/ou um sistema conforme definido na reivindicação 19 para fornecimento de diagnóstico e/ou manutenção para uma pluralidade de sistemas, desempenham o método conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 até 12.

10

DESENHO

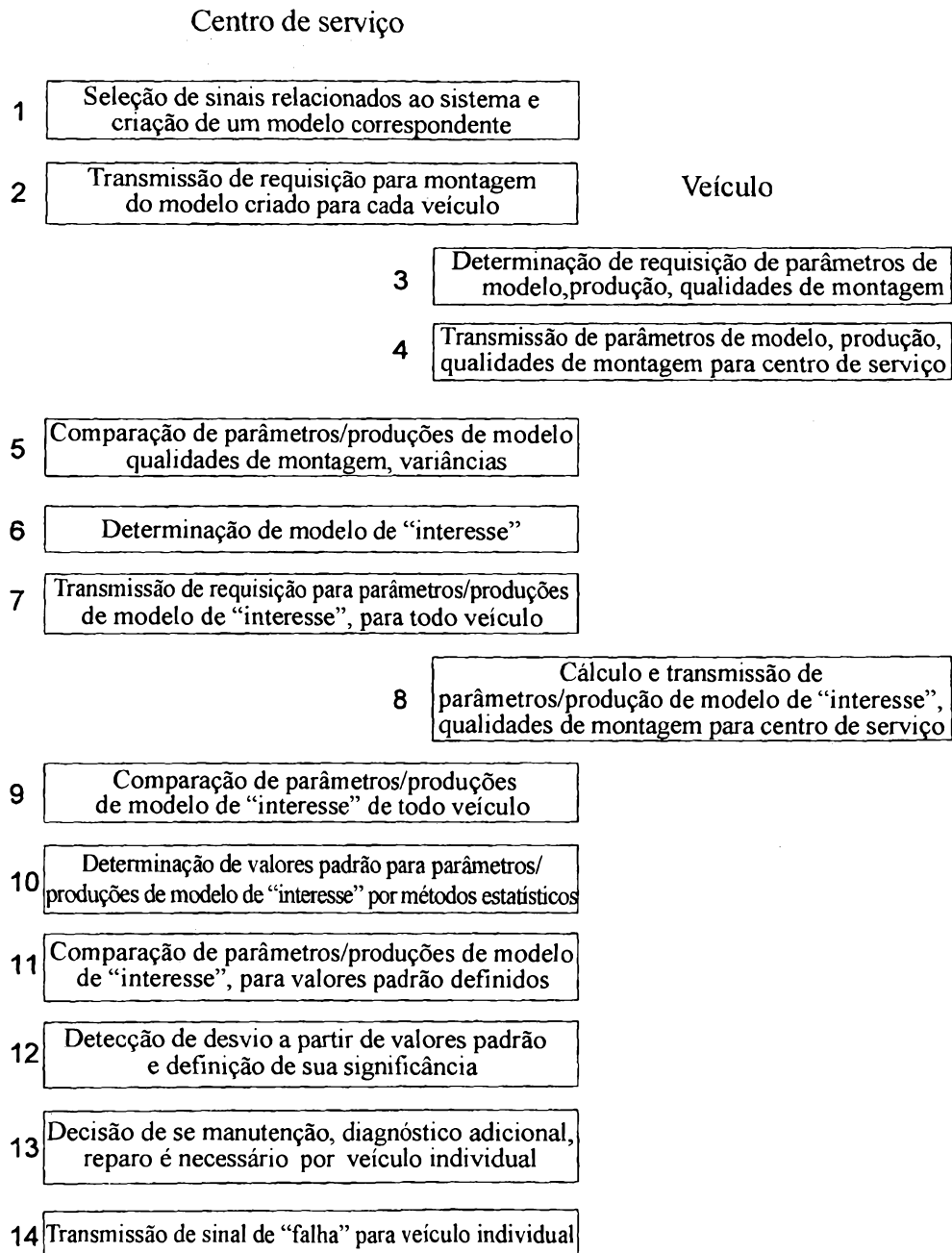


Fig. 1