

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

(21) **PI 0621907-1 A2**

BRPI0621907A2

(22) Data de Depósito: 02/08/2006

(43) **Data da Publicação:** 20/12/2011
(RPI 2137)

(51) **Int.Cl.:**
H04B 3/54

(54) **Título:** SISTEMA DE REDE DE ALTA
DISPONIBILIDADE

(73) **Titular(es):** Siemens Transportation Systems S.A.S.

(72) **Inventor(es):** Benoît Fumery, Bénédicte Chochois Kartmann,
Eric Chenu, Nicolas Renard, Raphaëlle de Lajudie

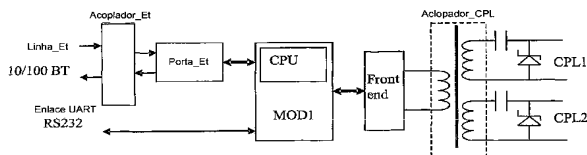
(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler &
Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT FR2006001897 de
02/08/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/015316de
07/02/2008

(57) **Resumo:** SISTEMA DE REDE DE ALTA DISPONIBILIDADE.

A presente invenção descreve um sistema de comunicação a-aptado para um veículo e que compreende uma rede de comunicação entre pelo menos duas interfaces de comunicação MOD1, MOD2 respectivamente ligadas a um primeiro controlador CTRL1 que gere/executa uma aplicação de comando e um segundo controlador CTRL2 que gere/executa também a aplicação de comando, e para o qual as interfaces de comunicação possuem por controlador pelo menos uma abertura de comunicação, a partir da qual uma ligação de comunicação é possível. Para uma transmissão de aplicação de comando entre as duas interfaces de comunicação, a ligação de comunicação é de tipo CPL ("Correntes Portadoras em Linha") que compreende pelo menos duas ligações eletricamente condutoras CPL1, CPL2 conectadas a cada uma das aberturas de comunicação respectivas por intermédio de pelo menos um transformador de acoplamento CPL_coupler.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "SISTEMA DE REDE DE ALTA DISPONIBILIDADE".

A presente invenção refere-se a um sistema de comunicação de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1.

5 A invenção é adaptada em especial a um veículo. Por veículo, é subentendido que diversos tipos de meios de locomoção são concernidos, mas especialmente no domínio do transporte de passageiros ou/e de mercadorias. Assim, um transporte ferroviário tal como um trem e seus vagões sobre trilho, um bonde, mas também um trem sobre pneu, com ou sem trilho, 10 ou um ônibus de pelo menos um compartimento entram a título de exemplos no âmbito da invenção. Outros meios de locomoção fora do domínio terrestre poderiam também ser concernidos tais como uma embarcação marítima como um "ferryboat". Em especial, todos esses veículos compreendem meios de controle ou de comando, comumente chamados na sequência de controladores, que permitem gerar ou executar aplicações de comando, por exemplo para a guia do veículo, e mesmo a autoguia do veículo se esse último não tem motorista. Outras aplicações numerosas são naturalmente possíveis, mas não serão enumeradas por razões de clareza.

Assim, de um primeiro ponto de vista interno ao veículo, uma 20 rede de comunicação entre pelo menos duas interfaces de comunicação é bem conhecida, essas últimas sendo respectivamente ligadas a um primeiro controlador que gera uma aplicação de comando e um segundo controlador que executa a aplicação de comando. Os controladores podem por exemplo ser compostos por um ou vários computadores embarcados no presente caso a bordo do veículo. As interfaces de comunicação possuem por controlador pelo menos uma abertura de comunicação na direção de uma ligação de 25 comunicação de tipo usual Ethernet, ADSL, WiFi, etc. a fim de permitir uma transmissão de informação entre os controladores via as interfaces de comunicação de tipo Modem, Switch, Retransmissor-ponte, etc. Ligações redundantes em caso de pane de uma ligação pontual também são realizáveis, por exemplo, desmultiplicando-se as ligações ou cabos de transmissão 30 que serão ativados para um novo roteamento de dados com o auxílio de um

comutador Switch, Roteador, por exemplo, reconfigurando-se para isso um roteador, ele próprio obedecendo a um protocolo de tipo Internet/Ethernet.

De um outro ponto de vista externo ao veículo, informações podem também ser transmitidas de uma primeira interface de comunicação ao solo, por exemplo disposta no trajeto do veículo, na direção de uma segunda interface de comunicação embarcada no veículo e vice-versa. Ainda por extensão, a primeira interface de comunicação pode também estar em rede ou "sub-rede" com uma terceira interface de comunicação ao solo, por exemplo na direção de um servidor central de gestão do tráfego ou um ponto de acesso a um outro veículo. Em poucas palavras, é fácil compreender que os sistemas de comunicações adaptados para o veículo, quer dizer dentro do veículo, ao solo e entre o veículo e o solo, compreendem redes complexas das quais a arquitetura das ligações de rede é do tipo multiponto e os protocolos de transmissão de dados podem ser variados de acordo com as aplicações desejadas.

Um bom exemplo que ilustra a complexidade de uma rede de comunicação entre um trem sobre trilho conectado a catenárias elétricas e uma rede de tipo "IP network" (IP = "Internet Protocol") que pode ser externa ao trem (por exemplo, no solo) é dado por EP 1533913 A1. Para fazer uma interface de comunicação da rede IP se comunicar com uma interface de comunicação ("end user") embarcada no veículo, um conversor de dados ("converting means") é colocado ao longo dos trilhos para converter dados transmitidos ou recebidos de acordo com o formato "IP" para um formato de tipo "PLC (= Power Line Communications)", dados esses que serão por exemplo transmitidos na saída do conversor sob o formato PLC via as catenárias elétricas até uma interface de comunicação do trem. Para atingir uma potência exigida nas catenárias, o conversor é composto por várias unidades de conversão ao longo do trilho. A técnica de comunicação de tipo "PLC", também denominada "CPL" (Correntes Portadoras em Linha) em língua francesa, permite em especial nesse exemplo utilizar uma banda passante suficientemente larga para dados de alta vazão da rede IP para o trem e vice-versa (bilateralidade de transmissão possível) e de se adaptar a uma co-

municação solo-trem para trens de diversos comprimentos. Além disso, o conversor utilizado é associado a meios de repetições que recebem ou que transmitem dados dos quais os sinais são separados em duas faixas de frequência destinadas a determinar a direção de transmissão (bilateral) dos dados entre a rede IP e o trem. Se uma porção de trajeto não compreende catenárias, um comutador de comunicação do tipo CPL para um tipo de radiofrequência é ativado, de modo a assegurar uma ligação de rádio também bifrequência de acordo com a direção de transmissão dos dados. A ligação de tipo CPL e a ligação de tipo radiofrequência formam assim uma ligação redundante em caso de impossibilidade de utilização de uma ou de outra ligação. Em poucas palavras, para uma só ligação vantajosamente redundante entre um trem e uma rede no solo, dois diferentes tipos de comunicação são utilizados, o que implica portanto comutações ao nível dos equipamentos, por exemplo adicionando-se meios de roteamentos suplementares, em especial à abertura de saída das interfaces de comunicação para escolher a via CPL ou radiofrequência. Isso implica também uma mudança de configuração dos roteadores e do roteamento dos dados de acordo com o protocolo de comunicação utilizado, por um lado ao nível da rede IP e por outro lado ao nível do veículo. Tais reconfigurações ligadas a um novo roteamento exigem atualmente bem mais do que alguns segundos, o que em caso de falha permanece por exemplo acima da tolerância de 3 segundos exigida por certos automatismos de transporte ferroviário.

De modo geral, aplicações relativas a um tratamento de controle/comando são correntemente utilizadas nos transportes em especial automatizados, tais como, por exemplo, os trens urbanos automáticos sem condutor. Essas aplicações utilizam como mencionado controladores que podem ser compostos por um ou vários computadores e por suas interfaces associadas. De acordo com sua função, esses últimos podem ser ou colocados no solo ao longo das vias do veículo, ou a bordo de um veículo ou de vários veículos unidos ou não (vários trens). A fim de permitir um acompanhamento e um controle dos trens ao longo de toda a via, os diferentes controladores são conectados entre si por uma ou várias redes (aéreas, filares,

por catenárias, por trilho, etc.).

Tomada em seu conjunto, a arquitetura das redes do tratamento de controle/comando pode portanto ser excessivamente complexa e apresentar uma quantidade grande de equipamentos. Cada uma dessas redes
5 pode também apresentar grandes comprimentos (da ordem de 300 m a bordo de trens, vários km ao longo das vias) e é submetida a um ambiente eletromagnético severo.

Além disso, para algumas dessas redes, as ligações a estabelecer são além disso do tipo multiponto, o que desmultiplica a complexidade
10 de roteamento, sobretudo em caso de uma falha pontual.

Além dessas diferentes restrições, é imperativo assegurar um funcionamento correto do trem: a parada intempestiva de um trem ou uma outra disfunção prejudicial não é desejável nem para os passageiros, nem para a eficiência econômica dos trens, e nem mesmo para a segurança dos
15 passageiros.

Assim, ao nível do sistema de comunicação adaptado a um veículo (interno e externo ao veículo), é preciso poder resolver os problemas técnicos seguintes:

- Por um lado, além de certas restrições em uma camada física
20 de rede de comunicação, permitir uma vazão elevada de dados (por exemplo, vazão de 10 Mbits/s úteis), ao mesmo tempo em que se assegura uma qualidade muito alta de transmissão (pequena taxa de erro).

Por exemplo, ao nível de um trem, o ambiente eletromagnético é muito potente e a rede que permite a ligação entre os diferentes controladores pode ser perturbada por fortes e diversas interferências em especial se,
25 para a camada física da rede, são utilizados cabos cuja qualidade não é adaptada a uma utilização direta (cabos de "Categoria 5 e 6"). Do mesmo modo para os equipamentos a bordo dos trens, a configuração da rede pode evoluir, de fato a rede deve ser compatível com um comprimento de trem
30 modulável (número de veículos variável, por exemplo, depois de um acoplamento). Assim, é importante poder rapidamente e simplesmente reconfigurar (automaticamente) um sistema de comunicação complexo, por exem-

plo em caso de duplicação do comprimento do trem.

- Por outro lado, além da complexidade, uma grande disponibilidade de comunicação deve ser assegurada, a fim de que o sistema possa tolerar erros de modo "transparente" e robusto, em especial é preciso evitar
5 que uma simples falha ao nível do sistema de comunicação (rede interna do veículo, rede externa do solo e ligações veículo-solo) ou de um dos equipamentos conectados coloque em questão sozinha o bom funcionamento do sistema de controle/comando.

Por essa razão, o sistema de comando é com frequência dupli-
10 cado para tolerar erros, em especial as redes e os controladores são organizados em pares, para que um possa substituir o outro em caso de falha, tal como mencionado no documento EP 1533913 A1 pela comutação entre uma ligação de tipo CPL e uma ligação de tipo radiofrequência.

Entretanto, em relação a essa colocação em comutação e mes-
15 mo em redundância possível dos equipamentos, certos problemas específicos à rede devem ser resolvidos:

a) como já mencionado brevemente, as instalações de controle de comando são submetidas a restrições temporárias severas. Por exemplo, certos automatismos ferroviários podem no máximo tolerar em caso de pane
20 uma interrupção de funcionamento de cerca de 3 s. É menos que o tempo de reconfiguração de um roteador de "nível 3" (parte integrante de uma camada física de rede) que exige várias vezes esse tempo para substituir uma rota de rede defeituosa por uma outra.

b) A duplicação pode se tornar difícil a gerir quando um número
25 elevado de equipamentos ou de computadores está conectado a uma mesma rede.

c) Além disso, uma falha na própria rede será ainda mais crítica visto que ela apresenta o risco de afetar simultaneamente vários controladores ou computadores. Do mesmo modo, é preciso evitar que uma pane em
30 um só equipamento ou em uma interface de comunicação em uma rede perturbe os outros.

d) Ao nível das redes situadas a bordo dos trens, é preciso lem-

brar que suas configurações podem ser modificadas, de fato essas últimas devem ser compatíveis com um comprimento de trem modulável de acordo com o seu número de vagões/veículos. Essa restrição específica deve também ser levada em consideração para a colocação em redundância da rede.

5 Considerando essas diversas problemáticas, várias soluções abaixo poderiam ser consideradas, mas elas apresentam sempre alguns inconvenientes que a invenção tem como objetivo evitar.

Primeiramente, para permitir que um sistema de comunicação (rede) tenha uma vazão elevada em grandes comprimentos (por exemplo, 10 vazão de pelo menos 10 Mbits/s úteis em um comprimento de 300 m), ao mesmo tempo em que se assegura uma qualidade muito alta de transmissão em especial no caso de ambiente severo (presença em torno de grandes correntes comutadas), várias soluções são conhecidas:

- uma solução é utilizar fibras ópticas para as ligações entre as 15 interfaces de comunicação, mas esse tipo de solução pode ser dificilmente considerado em certos casos, por exemplo, o emprego dessa tecnologia pode ser muito crítico a bordo dos trens em especial ao nível do acoplador elétrico entre dois elementos de trem a atrelar (por exemplo, vagões), e isso será ainda mais verdadeiro se a atrelagem é de tipo automático.

20 - uma outra solução seria realizar ligações de tipo ADSL, mas isso apresenta um problema, de fato esse tipo de ligação é normalmente previsto para fazer ligações ponto a ponto, no caso de uma aplicação em uma rede multipontos a arquitetura se torna complexa, além disso, uma falha de um dos controladores ligado a uma interface de comunicação de tipo 25 ADSL terá um impacto certo sobre o conjunto da rede, a menos que seja realizada uma distribuição em estrela, caso no qual o cabeamento associado à rede se tornaria inevitavelmente muito grande.

- uma solução muito correntemente utilizada é utilizar ligações com baixa vazão que infelizmente trazem muitas restrições à instalação de 30 controle-comando.

Em segundo lugar, para poder tolerar erros e em especial evitar que uma simples falha ao nível de uma das redes ou de um dos equipamen-

tos conectados coloque em questão sozinha o funcionamento do sistema de comunicação, várias soluções são conhecidas:

5 Aquela que parece a mais convencional é utilizar duas redes distintas colocadas em redundância, mas esse tipo de solução necessita de uma quantidade grande de material. Por exemplo, partindo-se do fato que cada controlador é composto por dois computadores redundantes, é conhecido para obter uma disponibilidade muito boa que cada computador seja de preferência conectado por aberturas distintas (e portanto numerosas) as duas redes e emita suas mensagens com destino aos outros controladores ou
10 computadores em cada uma das duas redes.

Um outro modo de realização seria utilizar para o sistema de comunicação redes em anel e conectar os controladores ou computadores redundantes a comutadores distintos de tipo "switches". Mas esse tipo de solução necessita que os "switches" em questão sejam capazes de "rerrotear" rapidamente as mensagens por um caminho alternativo em caso de pane
15 localizada (de acordo por exemplo, com uma técnica conhecida sob o nome de "Fast Spanning Tree"). Essa técnica agora difundida é mais adaptada a uma camada física de tipo "fibra óptica" que é custosa a empregar nos trens e para os equipamentos distribuídos ao longo das vias férreas.

20 Um objetivo da presente invenção é propor um sistema de comunicação, em especial adaptado a um veículo de modo interno ao veículo, mas também por extensão de modo externo ao veículo para uma comunicação adaptada entre o veículo e uma rede no solo ou para uma só infraestrutura em rede no solo, sistema esse que não apresenta os inconvenientes do
25 estado da técnica, tais como aqueles precitados.

Um primeiro aspecto da invenção traz uma solução geral qualquer que seja o ponto de vista de sistema de comunicação interno ou externo ao veículo ou/e ao solo.

30 A invenção descreve um sistema de comunicação, em especial adaptado para um veículo, mas também para qualquer outra infraestrutura em rede no solo e mesmo em um prédio, e que compreende uma rede de comunicação entre pelo menos duas interfaces de comunicação (tal como

um Modem) respectivamente ligadas a um primeiro controlador (com por exemplo, dois computadores redundantes) que gere (quer dizer que executa e mesmo que gera) uma aplicação de comando (por exemplo, para a guia de um trem) e um segundo controlador que gere (quer dizer que executa) também uma aplicação de comando que pode ser a mesma que aquela gerida ou executada pelo primeiro controlador ou qualquer outra aplicação de comando a executar. As interfaces de comunicação possuem por controlador pelo menos uma abertura de comunicação, a partir da qual uma ligação de comunicação entre os controladores é assim assegurada, via suas interfaces de comunicação respectivas.

Para uma transmissão de aplicação de comando entre as duas interfaces de comunicação, a ligação de comunicação é vantajosamente de tipo CPL (Corrente Portadora em Linha) e compreende pelo menos duas ligações eletricamente condutoras conectadas a cada uma das aberturas de comunicação respectivas por intermédio de pelo menos um transformador de acoplamento.

Antes de continuar, é lembrado que a técnica CPL já foi projetada para poder realizar redes informáticas utilizando para isso como suporte os fios do setor, as ligações de alta vazão sendo feitas em paralelo do transporte da fonte de energia (corrente alternada [220 V, 50 Hz] ou [110 V, 60 Hz]). Essa escolha de tecnologia tem como vantagem permitir ligações de alta vazão em suportes não convencionais cujas características físicas podem diferir dos fios de setor, de modo a poder otimizar a qualidade e a topologia das ligações de tipo CPL para um uso adaptado à invenção.

Do mesmo modo, a rede CPL tem também como trunfo ser uma rede de tipo multipontos e não precisa de equipamento mestre a instalar (com a condição de gerir o acesso múltiplo ao intermediário de transmissão com o auxílio de um protocolo descentralizado tal como o CSMA – "Carrier Sense Multiple Access" – muito correntemente utilizado), um só adaptador (por exemplo, uma ponte Ethernet-CPL) por posto de trabalho (controlador, computador, dispositivo de comando/de execução, "end user",...) basta. Cada interface de comunicação pode ser conectada em paralelo das duas liga-

ções de tipo CPL, na maneira de uma rede de setor. Essa escolha tem também como vantagem tolerar mudanças na rede, de fato as características podem evoluir no decorrer do tempo quando se conecta ou desconecta um aparelho na rede elétrica. Esse aspecto permite responder à possibilidade

5 de reconfiguração automática da rede (por exemplo, por ocasião da modificação do comprimento do trem depois de um acoplamento ou uma separação de veículos de trem). Esse aspecto da invenção protege também contra

panes múltiplas de comunicação na rede.

Devido à utilização da técnica CPL, uma transmissão de dados

10 entre as interfaces de comunicações (ou por extensão entre os controladores "emissor/receptor") é em permanência assegurada a uma alta vazão de transmissão em trens que têm em especial um comprimento grande. Em caso de falha de uma das ligações condutoras, o transformador de acoplamento, como elemento vantajosamente passivo, tem como objetivo restabe-

15 lecer uma repartição da impedância entre as duas ligações, tal que a transmissão de dados seja constantemente assegurada via a ligação condutora de tipo CPL estando intacta. Assim, uma comutação ou, mais especificamente, qualquer equipamento "ativo" ou ligado a comandos de roteamento (tal como um "Switch" ou outro comutador de dados) não é vantajosamente

20 mais necessário. Além disso, o tempo de redirecionamento dos dados para a segunda ligação CPL é quase instantâneo, o que responde às exigências temporais especiais de transporte ferroviário por ocasião de uma falha qualquer. Por outro lado, uma comutação de tipo paralelo ou redundante a partir de uma ligação de tipo CPL na direção de um outro tipo de ligação de comu-

25 nicação (tal como do tipo radiofrequência, ADSL, WiFi, Ethernet, etc.) é evitada, o que reduz consideravelmente a complexidade de gestão dinâmica do sistema de comunicação proposto, mas também não necessita de nenhum acréscimo de material específico a diversos tipos de ligações de comunicação. Naturalmente, por razões de segurança aumentada por exemplo, uma

30 ligação de um outro tipo diferente do tipo CPL pode ser acrescentada em adição das duas ligações CPL, ainda que a ligação de tipo CPL seja a mais robusta e a de melhor desempenho para a transmissão de dados visada pe-

la invenção.

Devido ao desdobramento da ligação de tipo CPL, uma redundância física de transmissão entre as duas interfaces de comunicação é assim tornada possível. Uma tal ligação duplicada é também bastante difundida e de alta qualidade, visto que os transportes em comum usuais (metrô, trem, bonde, etc.) a utilizam como cabos adaptados à sinalização dos sinais ao longo das vias ou dos trilhos. Tais cabos compreendem pelo menos duas ligações condutoras utilizáveis para a técnica CPL. Cada ligação pode compreender além disso um par de condutores elétricos distintos, tal como por exemplo, com o auxílio de um cabeamento para a sinalização de transportes urbanos, por exemplo, do tipo K23 bem conhecido por um profissional, que compreende pelo menos um par de cabos torcidos e uma blindagem. Isso é especialmente bem adaptada à presente invenção, pois assegura além disso uma robustez contra qualquer ambiente severo, por exemplo, ligado a condições mecânicas difíceis.

Uma alimentação elétrica superposta de tipo rede de corrente elétrica contínua, por exemplo de baixa tensão (24 V, 72 V, ...) pode também ser conectada a pelo menos uma das ligações de tipo CPL. Isso pode permitir em especial assegurar uma alta vazão de dados e a alimentação de um equipamento distante com um só par torcido em grande distância entre as interfaces de comunicação, tal como para um trem de comprimento grande ou para equipamentos dispostos na via.

Além disso, para poder tratar o problema das redes informáticas de alta disponibilidade citado no estado da técnica e em especial para permitir tolerar erros ou falhas, a invenção permite utilizar duas redes colocadas em redundância, no entanto sem procurar ter realmente duas redes distintas e portanto duplicadas a 100 %. Assim, a execução da invenção é mais flexível e além disso ela acarreta uma redução grande no plano material, pois a duplicação da ligação implica somente a adição de um simples transformador de acoplamento no lugar de uma nova interface de comunicação ou de novos modems.

Por outro lado, o objetivo procurado é o de assegurar simples-

mente uma disponibilidade muito alta da própria rede, na qual basta colocar controladores redundantes sem necessidade de gerir caminhos múltiplos Ethernet.

5 Para isso, a tolerância às falhas do sistema de comunicação se apoia na definição de um novo princípio, que é o seguinte: de acordo com a invenção, cada controlador redundante é conectado a uma só rede de tipo CPL (Corrente Portadora em Linha), mas cuja camada física foi duplicada. Em especial, o suporte é constituído não por um só par "cobre" mas por dois pares "cobre" em paralelo.

10 Em relação à solução descrita no estado da técnica que para obter uma disponibilidade muito boa necessitava que cada controlador fosse de preferência conectado por aberturas distintas as duas redes e acarretava portanto um número grande de modems (dois para cada controlador), a invenção tem como vantagem dividir por dois o número de modems. Ela con-
15 siste em ligar por intermédio de um circuito eletrônico muito simples cada um dos modems CPL (interface de comunicação com transformador de acoplamento) não mais a um só par, mas sim aos dois pares "cobre" da rede. Assim, a cada conexão de rede, os dois pares ou ligações de tipo CPL da rede são conectados em paralelo, mas podem em seguida seguir diversas vias de
20 acordo com sua disposição ou sua finalidade.

A ligação de tipo CPL entre os diferentes modems CPL, que podem por exemplo utilizar um grande número de portadora escalonadas em frequência, compreende dois pares de fios condutores, permitindo assim uma transmissão dos dados que é função das impedâncias dos fios condutores.
25 res.

Se um defeito aparece em um dos pares/ligação da rede, tal como um curto-circuito ou um circuito aberto, isso provoca uma variação da impedância e a repartição dos dados transmitidos nas diferentes portadoras é readaptada de tal modo que a ligação é então mantida graças à grande
30 tolerância da camada física da tecnologia CPL. Nos pontos de conexão (além das aberturas de comunicação) da rede com as interfaces CPL, os dois pares da rede são conectados em paralelo, mas precauções são tomadas. A

invenção provê de fato um dispositivo de duplas conexões simples e que garante entre os dois pares um acoplamento suficientemente fraco a fim de evitar por exemplo que um curto-circuito ou um corte em um par, em especial próximo do ponto de conexão, possa simultaneamente cortar ou atenuar
5 bastante os sinais presentes no outro par.

A invenção provê assim que o transformador de acoplamento apresente uma distribuição em impedância entre as ligações de tipo CPL tal que se uma das ligações está defeituosa, por causa por exemplo de um corte, de um curto-circuito, de um efeito mecânico, etc., a outra ligação assegura a transmissão de aplicação de comando. Para fazer isso, é também lembrado que as ligações de tipo CPL são conectadas por pares de condutores de preferência exclusivamente dedicados à técnica CPL sem presença obrigatória de corrente de alimentação, o que tornam mais leves ainda nesse caso a complexidade e o número de componentes do sistema de comunicação.
15

Um outro aspecto possível, materialmente e economicamente apreciável é que, se for necessário, pelo menos uma porção de uma das ligações de tipo CPL é uma conexão elétrica de alimentação de um elemento da rede de comunicação que já poderia estar instalada como fio de setor em um vagão ou um trem. Naturalmente, os fios de setores não apresentam propriedades ótimas em relação a cabos de tipo CPL adaptados a alta vazão
20 em um ambiente severo, mas podem ser uma alternativa possível se uma certa ligação não exige altos desempenhos.

Na sequência, várias formas simples e portanto vantajosas de transformadores de acoplamento serão apresentadas, assim como possibilidade de melhorar o acoplamento das ligações CPL com uma interface de comunicação.
25

Dispositivos tais como sistemas de controle, compensação e de autovigilância do sistema de comunicação serão também apresentados a fim de evitar qualquer perturbação de comunicação prejudicial se for o caso.
30

Todos os aspectos da invenção mencionados trazem assim uma solução geral qualquer que seja o ponto de vista do sistema de comunicação

interno ou externo ao veículo.

Em especial, a invenção é uma solução vantajosa com várias configurações de sistemas de comunicação mais específicos:

1) o sistema de comunicação é um dispositivo interno embarcado: as interfaces de comunicação, os controladores ou/e pelo menos uma das ligações de tipo CPL são embarcados no veículo, tal como um meio de transporte em comum guiado ou não. A ligação CPL, que se estende ao longo de todos os veículos de um transporte em comum tal como um trem, liga as interfaces de comunicação desejadas. Assim, se vários veículos são acoplados, suas redes de comunicação são acopladas por ligações intermediárias de tipo CPL, por exemplo via um acoplador elétrico entre veículos (ao nível por exemplo de um dispositivo de atrelagem), via catenárias de alimentação elétrica dos veículos, via um contato dos veículos com pelo menos um trilho de guia, etc. Outras ligações intermediárias podem ser consideradas, mas não entram no âmbito desejado da invenção.

2) o sistema de comunicação é um dispositivo interno embarcado que pode ser distribuído em vários transportes em comum distintos, caso no qual:

- pelo menos uma porção das ligações entre duas interfaces de comunicações é respectivamente disposta no primeiro meio de transporte em comum e em um segundo meio de transporte em comum,

- os dois meios de transporte são uníveis mas no presente caso separados fisicamente,

- a outra porção das ligações é constituída por catenárias ou por trilhos elétricos (transmissão de via, adaptada conhecida tipo CPL) entre os dois meios de transporte em comum, na falta ou além de uma rede intermediária no solo que centraliza a comunicação com cada um dos meios de transporte em comum.

3) O sistema de comunicação é uma rede no solo (externa e independente ao veículo) da qual pelo menos uma sub-rede local é de tipo CPL de acordo com a invenção que além disso é adaptada a uma transmissão de tipo qualquer com o veículo em movimento, por exemplo por uma

porção de ligação de tipo radiofrequência (aérea) e mesmo uma porção de ligação de tipo CPL que pode compreender canais que têm uma frequência comum, mas também que têm frequências distintas se for necessário tal como descrito no estado da técnica EP 1533913 A1. Efetivamente, a técnica

5 CPL é especialmente bem adaptada ao longo das vias. Devido à inserção do transformador de acoplamento em uma saída de uma interface de comunicação, uma tal rede-solo pode portanto gozar das vantagens descritas nas passagens precedentes. Assim uma grande e custosa adição de material, em especial ao longo das vias, poderá ser vantajosamente evitada colocando-se para isso simples transformadores de acoplamento nas interfaces existentes.

10

Mais precisamente, as interfaces de comunicação no solo ligadas por ligações no solo de tipo CPL são assim todas dispostas no solo, de preferência ao longo da via do veículo, em uma rede de comunicação no

15 solo ou sob a forma de conjuntos fechados de sub-redes consecutivas ao longo da via que permitem uma comunicação de rádio (de preferência de tipo WLAN como modo nominal) com equipamentos embarcados no veículo, via de preferência um dispositivo redundante (e de transmissão bilateral redundante) que compreende pelo menos um roteador embarcado de transmissão/recepção de tipo redundante, por exemplo, através de duas aberturas lógicas do/dos roteador(es) ligada às ligações físicas de tipo CPL no veículo.

20

A ligação entre um controlador e sua interface de comunicação de acordo com a invenção será feita de preferência com o auxílio de uma

25 abertura física ligada à rede CPL embarcada ou/e ao solo no qual duas aberturas lógicas (que compreendem cada uma delas um endereço IP, dados de roteamento, etc.) são criadas para obter vantajosamente duas passarelas lógicas e depois físicas de comunicação nominais em cada um dos dois roteadores distintos e embarcados no veículo ou/e dispostos no solo, criando

30 assim a cada instante pelo menos dois caminhos de comunicações possíveis dos equipamentos no trem ou/e no solo. Assim, duas conexões físicas entre uma interface de comunicação embarcada (e o/os controladores asso-

ciados) e duas interfaces de comunicação no solo (e seu/seus controladores associados) asseguram uma transmissão de vazão elevada nas duas passarelas ou uma redundância de alta disponibilidade entre as duas passarelas. Isso é atingido sem adição ou substituição de uma nova interface de comunicação.

Finalmente, um dispositivo de autovigilância das interfaces de comunicação neutraliza, na abertura de comunicação em questão, uma emissão permanente de correntes, tensões e dados parasitas em caso de falha da interface de comunicação.

Um conjunto de sub-reivindicações apresenta também vantagens da invenção.

Exemplos de realização e de aplicação são fornecidos com o auxílio de figuras descritas:

Figura 1 - uma interface de comunicação munida de uma abertura de comunicação de tipo CPL,

Figura 2 - uma rede de comunicação de tipo CPL entre duas interfaces de comunicação,

Figura 3 - exemplo de sistema de comunicação em um veículo ou entre dois veículos tais como trens,

Figura 4 - sistema de comunicação veículo-solo nominal,

Figura 5 - sistema de comunicação veículo-solo com falha de um roteador de dados do veículo na direção do solo.

Figura 1 descreve uma interface de comunicação MOD1 munida de uma abertura de comunicação "Front End" de tipo CPL à qual o transformador elétrico de acoplamento CPL_coupler é conectado a fim de assegurar pelo menos duas ligações físicas CPL1, CPL2 entre a interface de comunicação MOD1 com uma rede de tipo CPL por exemplo instalada em um trem ao qual é também conectada uma outra interface de comunicação, não representada na figura. Nesse exemplo, cada ligação CPL1 ou CPL2 compreende um par de condutores elétricos distintos, tal como por exemplo um agrupamento de cabos para a sinalização de transportes urbanos do tipo K23 que compreende pelo menos dois pares de cabos torcidos e eventualmente

uma blindagem. O transformador de acoplamento CPL_coupler apresenta uma distribuição em impedância entre as ligações CPL1, CPL2 tal que se uma das ligações (por exemplo CPL1) ou uma ligação que se liga a ela está defeituosa, por causa por exemplo de um corte, de um curto-circuito, de um efeito mecânico, etc., a outra ligação (por exemplo CPL2) assegura a transmissão de uma aplicação de comando via a interface de comunicação MOD1, com o auxílio por exemplo de um processador CPU. Essa aplicação de comando é na prática gerida por um controlador (não representado) que compreende por exemplo um computador (ou vários computadores que asseguram uma redundância), computador esse que é ligado à interface de comunicação MOD1, a título de exemplo simples, por intermédio de uma ligação Ethernet Et_Line de tipo 10/100 BT e de outros elementos de acoplamento de tipo Ethernet (acoplador Et_coupler; abertura Et_Port) à interface MOD1. Outras aberturas físicas de comunicação com a interface MOD1 podem naturalmente ser consideradas, tal como aquela representada para uma ligação UART Link de tipo RS232 ou outras ligações de tipo Ethernet ou CPL. No sentido da invenção, o emprego de ligações ou de porções/pares de condutores exclusivamente dedicados à técnica CPL na direção de uma rede ela própria de tipo CPL (por exemplo, que passa ao longo do veículo) é principalmente recomendado, mas porções já existentes e de outro tipo (e si possível de pequenos comprimentos ou pouco expostas a perturbações) serão ainda utilizadas pelo menos entre um controlador ou um executor de aplicação de comando e uma interface de comando. Quaisquer ligações ou pares de condutores dedicados à técnica CPL não necessitam obrigatoriamente a presença de corrente de alimentação tal como a tecnologia CPL o provê. Por outro lado, pelo menos uma porção de uma das ligações CPL1, CPL2 poderia ser uma conexão elétrica de alimentação já instalada em um veículo para um elemento da rede de comunicação. É também notificado que na saída "lado CPL" de transformador de acoplamento CPL_coupler atenuadores de baixa atenuação (máximo alguns dB) são previstos, por exemplo com o auxílio de uma rede de resistências/de impedâncias dispostas/distribuídas em série com as duas ligações CPL1, CPL2. Esses últimos

melhoram a qualidade do transformador de acoplamento CPL_coupler, no sentido que é evitado que um curto-circuito inesperado por exemplo na saída do transformador de acoplamento ou nas ligações CPL1, CPL2 corte todos os sinais nos dois pares CPL1, CPL2 de condutores. Isso se aplica também se uma distribuição da impedância na abertura de comunicação com o auxílio da resistência de adaptação de linha ao nível da interface de comunicação é insuficiente ou inutilizável. Outras soluções são também possíveis nesse sentido:

- faz-se de modo com que os transformadores de acoplamento apresentem uma impedância série suficiente para evitar que um curto-circuito local corte o sinal nas duas redes,

- filamentos em derivação (ver STUB na figura 3) de uma rede de tipo CPL têm um comprimento mínimo de cerca de 20 cm o que assegura uma impedância suficiente em caso de curto-circuito da interface MOD1 ou em uma ligação CPL1 ou CPL2,

- do mesmo modo no lugar de acrescentar atenuadores, por ser também considerado utilizar como impedância-série a resistência de adaptação de linha que está usualmente já presente no seio da interface de comunicação MOD1 tal como um modem; assim basta deslocar essa impedância distribuindo-se a mesma em cada uma das duas conexões CPL1, CPL2 na rede de tipo CPL. Esse aspecto da invenção permite assim que se possa obter uma arquitetura simples de rede de tipo CPL de alta disponibilidade tolerante às panes, utilizando-se para isso as propriedades da camada física CPL. Além disso, essa nova arquitetura tem como vantagem criar uma redundância passiva, em cada conexão de uma rede interna ao veículo, em geral materializada por pelo menos um par de ligações de tipo CPL embarcado e disposto ao longo do veículo aos quais vêm se conectar em derivação cada par de ligações CPL1, CPL2 da figura 1, os dois pares CPL1, CPL2 da rede são conectados em paralelo. Essa solução evita a necessidade da dupla conexão dos filamentos redundantes que têm a dupla desvantagem de duplicar o número de interfaces tal como modems e de complicar a gestão do endereçamento lógico (por exemplo 2 endereços IP por controlador).

Um exemplo vantajoso da técnica proposta é portanto principalmente fundado em:

- um suporte constituído por dois pares "cobre" em paralelo,
 - um novo dispositivo que permite ligar cada uma das interfaces
- 5 de comunicação aos dois pares "cobre" em paralelo ao mesmo tempo em que garante entre esses últimos um acoplamento suficientemente pequeno. O objeto sendo o de ter ao nível de cada interface de comunicação não mais uma só, mas sim duas conexões para a camada física,

- de acordo com a invenção, vários esquemas de realização são
- 10 possíveis, mas aqui só são propostas as soluções mais simples que só recorrerem a componentes passivos.

Por exemplo, uma possibilidade de dupla conexão da interface de comunicação MOD1 a uma rede de tipo CPL poderá ser realizada simplesmente:

- ou dispondo-se um terceiro enrolamento separado (tal como uma terceira bobina condutora em derivação que sai de um transformado
- 15 clássico de duas bobinas) no transformador de acoplamento CPL_coupler na abertura de cada interface MOD1 e respectivamente conectados a uma das ligações CPL1, CPL2,

- ou dispondo-se um primeiro e depois um segundo transforma-
- 20 dor de saída em cada interface MOD1, respectivamente conectados a uma das ligações CPL1, CPL2,

- ou não modificando-se a interface MOD1, mas inserindo-se um
- 25 circuito adaptador entre a interface MOD1 e as duas ligações de rede de tipo CPL. Esse circuito adaptador poderá ser formado simplesmente por um transformador de três enrolamentos separados (ou qualquer esquema equivalente que utiliza dois transformadores).

Para a conexão de uma interface de comunicação à rede de tipo CPL do sistema de comunicação adaptado ao veículo CPL, a invenção preconiza também o emprego de transformadores ou de enrolamentos separados por outras razões, em especial a fim:

30

- de evitar que um curto-circuito na terra ou outro de um dos pa-

res de condutores se repercute no outro,

- de poder acrescentar sinais elétricos eventualmente distintos (tal como com o auxílio de alimentações por exemplo superpostas) ou sinais de comando diferentes nos dois pares de condutor. Com esse objetivo, pelo menos para uma das ligações CPL1, CPL2, um condensador é colocado em série com um enrolamento de saída do transformador de acoplamento, a fim de não curto-circuitar as baixas frequências elétricas. Isso está ilustrado na figura 1 na saída do transformador de acoplamento CPL_coupler,

- de dar a possibilidade de completar a invenção por um dispositivo de detecção de panes. O objeto aqui sendo, por exemplo, injetar em cada par de condutor um sinal (corrente ou tensão) contínuo a fim de determinar se uma pane existe (corte ou curto-circuito) no seio de um dos dois.

Mais geralmente, a interface de comunicação MOD1, o controlador associado ou/e uma das ligações CPL1, CPL2 é ligado a um módulo de vigilância de pane, tal como um injetor de corrente contínua, ou um gerador de tensão, colocado a jusante de pelo menos um desses elementos e cuja corrente, ou a tensão, é mensurável a montante pelo menos de um desses elementos.

Do mesmo modo diodos de proteção, tais como os diodos dispostos em paralelo em cada par de condutores de acordo com a figura 1, poderão ser acrescentados em paralelo em cada saída de interface de comunicação ou de ligações/rede de tipo CPL.

Para perfazer essa solução, a invenção poderá ser completada pela adição e pela criação de um mecanismo de autovigilância das interfaces de comunicação (modems) a fim de que um eventual modem em emissão permanente depois de uma pane possa se desconectar automaticamente.

Figura 2 ilustra de acordo com o princípio da figura 1 um sistema de comunicação adaptado para um veículo e que compreende uma rede de comunicação entre pelo menos duas interfaces MOD1, MOD2 de comunicação respectivamente ligadas a um primeiro controlador CTRL1 que gere ou que gera uma aplicação de comando e um segundo controlador CTRL2 aqui

que executa a mesma aplicação de comando, e para o qual as interfaces de comunicação possuem por controlador pelo menos uma abertura de comunicação física, a partir da qual uma ligação de comunicação entre as duas interfaces é possível. Para uma transmissão de aplicação de comando entre

5 as duas interfaces de comunicação, a ligação de comunicação é de tipo CPL (Correntes Portadoras em Linha) que compreende pelo menos duas ligações eletricamente condutoras CPL1, CPL2 conectadas a cada uma das aberturas de comunicação respectivas por intermédio de pelo menos um transformador de acoplamento CPL_coupler. Esse dispositivo simples de comunicação

10 ção permite testar os desempenhos de comutação e de transmissão de duas ligações CPL1, CPL2 de tipo CPL, por exemplo para comprimentos de transmissão L1, L2 diferentes. Esse dispositivo de teste permitiu medir, em especial para um comprimento L1 grande, uma banda passante na ligação CPL1 da ordem de 30 Mb/s para 300 m e de 10 Mb/s até um quilômetro, portanto adaptado por exemplo a um trem de comprimento variável como a uma

15 ligação entre dois trens não unidos em um trajeto ou então entre um veículo e elementos de comunicação de uma rede no solo que podem ser espaçados de acordo com os desempenhos do sistema de tipo CPL. Naturalmente, uma rede de tipo CPL pode ser utilizada em configuração multiponto e assim

20 mais de duas interfaces de comunicação tais como MOD1, MOD2 podem ser colocadas em comunicação dispondo-se as mesmas em derivação de dois canais "centrais" de tipo CPL que seriam por exemplo eles próprios dispostos ao longo de um trem. Deve ser notado nesse exemplo de realização e sistema de comunicação, uma alimentação elétrica ALIM dita "superposta"

25 (que fornece aqui uma tensão U1 de 48 V) é conectada a jusante da ligação CPL1 na saída CPL da primeira interface de comunicação MOD1. Essa alimentação ALIM pode ser completada por um dispositivo de teste "Teste/ALIM" da ligação CPL1 ou/e pode servir de dispositivo de subalimentação "Teste/ALIM" (e conversor CC/CC em 5 V) para a segunda interface de co-

30 munição MOD2, dispositivo esse que é situado a montante da ligação CPL1. Graças ao dispositivo da figura 2 utilizado como banco de ensaio, foi medido que a rede entre os controladores CTRL1, CTRL2 é resistente a co-

nexões cortadas, cruzadas ou em curto-circuito ao nível de pelo menos uma das ligações CPL1, CPL2. Essa grande robustez permite considerar a realização de uma rede de alta disponibilidade tolerante às panes realizada com esse tipo de conexão de tipo CPL em redundância passiva. Essa solução
 5 evita a necessidade da dupla fixação física de uma abertura de comunicação em filamentos redundantes que tem a desvantagem de dobrar o número de interfaces ou de aberturas físicas.

Figura 3 apresenta um exemplo de realização possível de sistema de comunicação que compreende vários subsistemas de acordo com a
 10 invenção:

- um sistema de comunicação embarcado em um primeiro veículo TRAIN1 ou um sistema de comunicação embarcado em um segundo veículo de tipo TRAIN2,
- um sistema de comunicação entre dois veículos unidos tal como vagões para o segundo veículo de tipo trem TRAIN2,
- 15 - um sistema de comunicação entre os veículos ou trens TRAIN1, TRAIN2 via catenárias, vias ferroviárias, um dispositivo de rádio (aéreo) ou/e uma rede intermediária solo.

O veículo TRAIN1 compreende três interfaces de comunicação
 20 MOD1, MOD2, MOD3 e dois módulos de transmissão de radiofrequências ANT. A primeira interface MOD é ligada a uma ligação de tipo CPL de acordo com a invenção que é interna ao veículo TRAIN1. A mesma primeira interface MOD1 compreende também duas outras aberturas físicas, uma na direção de um dos módulos de transmissão de radiofrequências ANT para
 25 uma transmissão de rádio, a outra ligada a um cabo Ethernet Et_Line, ele próprio conectado a uma abertura física da segunda interface MOD2 tal como a título opcional de acordo com a figura 2. A mesma ligação Ethernet Et_Line é também conectada, via um comutador (switch) de tipo Ethernet não representado, à terceira interface MOD3, que possui uma abertura de
 30 comunicação suplementar de tipo CPL de acordo com a invenção que permite uma transmissão de sinais CPL na direção dos trilhos ferroviários CPL_RAIL (com adaptação para transmissão de tipo CPL de acordo com a

invenção) ou cabos no solo CPL_WAYSIDE de sinalização ferroviários de tipo CPL na direção ou via uma rede de comunicação no solo ou do outro trem TRAIN2. A segunda interface MOD2, além de sua abertura de tipo Ethernet, possui também uma abertura na direção do segundo módulo ANT

5 de transmissão de radiofrequência ou WiFi assim como uma abertura de comunicação de tipo CPL de acordo com a invenção que pode portanto ser ligada via um transformador de acoplamento a catenárias CPL_CAT de vias ferroviárias CPL_WAYSIDE a fim de permitir uma ligação na direção do outro veículo TRAIN2 ou uma rede no solo. Nesse exemplo de realização, os

10 dois veículos TRAIN1, TRAIN2 têm portanto três tipos de conexões diversas, dos quais dois tipos CPL que asseguram uma disponibilidade, uma resistência aumentada às perturbações do ambiente, uma dupla redundância e nenhum esforço de comutação em caso de defeito de transmissão.

Do mesmo modo, o trem TRAIN2 com dois vagões ou veículos

15 unidos compreende pelo menos duas ligações CPL1, CPL2 "central" e dispostas em paralelo ao longo dos veículos transitando assim pelo dispositivo de acoplamento elétrico (ele próprio podendo ser de tipo CPL de acordo com a invenção) entre os veículos atrelados. Com exceção de uma interface de comunicação MOD5, todas as outras interfaces de comunicações MOD4,

20 MOD6 no primeiro veículo e MOD7, MOD8 no segundo veículo são ligadas por filamentos STUB às ligações centrais CPL1, CPL2 permitindo minimizar uma perturbação nas ligações CPL1, CPL2 se um curto-circuito ocorre ao nível de pelo menos uma interface de comunicação. A interface MOD5 do segundo TRAIN2 representa uma ponte Ethernet-CPL como a terceira inter-

25 face MOD3 do primeiro trem TRAIN1 descrita precedentemente, a ligação Ethernet sendo interna ao veículo TRAIN2 e a ligação CPL sendo dirigida para o exterior do veículo. A interface MOD4 possui quatro aberturas físicas, uma de tipo radiofrequência ANT, ou/e de tipo WiFi, uma de tipo Ethernet e duas aberturas de tipo CPL de acordo com a invenção (uma abertura em

30 uma ligação CP_CAT via catenárias e uma abertura na ligação central CPL1, CPL2). Se for necessário, várias categorias de pontes entre os diferentes tipos podem ser realizadas, de acordo com as opções da interface de

comunicação MOD4. Isso aumenta a possibilidade de redundância ou a vazão das comunicações ou permite comutar para ligações forçadas quando outras estão sobrecarregadas ou inutilizáveis (nenhuma catenária, perturbações eletromagnéticas intensas, túnel, barreira de transmissão aérea...). A interface MOD6 possui, além de sua abertura de tipo CPL de acordo com a invenção, uma abertura de comunicação na direção de um roteador ROUTER embarcado que pode gerir o roteamento de dados de modo interno no segundo trem TRAIN2, mas também no exterior do TRAIN2 com o outro trem TRAIN1 ou uma rede no solo centralizando a comunicação com ou entre cada um dos meios de transporte TRAIN1, TRAIN2.

Em resumo, o sistema de comunicação de acordo com a invenção cobre vantajosamente pelo menos três aspectos possíveis adaptados a um ou vários veículos para os quais:

a) as interfaces de comunicação, os controladores ou/e pelo menos uma das ligações CPL1, CPL2 são embarcados no veículo, tal como um meio de transporte em comum TRAIN1 guiado. Esse é o caso para um trem tipo monoveículo autoguiado.

b) o meio de transporte em comum TRAIN1 compreende vários veículos unidos dos quais as redes de comunicação são acopláveis por ligações intermediárias CPL1, CPL2 de tipo CPL, por exemplo via um acoplador elétrico ao nível de um dispositivo de atrelagem entre veículos, via catenárias de alimentação elétrica dos veículos, via um contato dos veículos com pelo menos um trilho de guia, etc, ou na falta ou além de uma rede intermediária no solo ou aérea que gere a comunicação com cada um dos veículos. Esse é o caso para um trem com várias unidades-veículos fixadas.

c) – pelo menos uma porção das ligações CPL1, CPL2 entre duas interfaces de comunicação é respectivamente embarcada no primeiro meio de transporte em comum TRAIN1 e em um segundo meio de transporte em comum TRAIN2,

- os dois meios de transporte TRAIN1, TRAIN2 são separados e uníveis fisicamente;

- a outra porção das ligações CPL1, CPL2 é constituída por ca-

tenárias ou por trilhos elétricos entre os dois meios de transporte em comum TRAIN1, TRAIN2, na falta ou além de uma rede intermediária no solo ou aérea que gere a comunicação com cada um dos meios de transporte em comum.

5 Esse é o caso para dois trens que se sucedem em uma via, acopláveis e que possuem respectivamente pelo menos uma unidade-veículo.

Figura 4 apresenta um exemplo de sistema de comunicação adaptado a um veículo para uma comunicação veículo-solo de acordo com a invenção e em funcionamento nominal, quer dizer sem falha de transmissão.

10 Controladores OBCU1, OBCU2 (ou computadores, unidades de comando ou de execução, "end users" como telefones móveis, câmeras ou outros aparelhos multimídias, etc.) são ligados às ligações centrais CPL1, CPL2 de tipo CPL de um trem via sua interface de comunicação respectiva MOD1, MOD2 de acordo com a invenção. Uma ligação física (por exemplo do tipo Ethernet)

15 entre o controlador OBCU1 e a interface de comunicação MOD1 com duas aberturas lógicas a, b que compreendem respectivamente um endereço IP e dados de roteamento. Por exemplo, as bolhas de referências de roteamento na figura 4 devem ser compreendidas do seguinte modo, baseado no exemplo de uma mensagem B de dados enviada do veículo para o solo cujas características são:

20

- destinação para um servidor no solo ZC1: Dest = ZC1,
- fonte da abertura b do controlador OBCU1: Src = OBCU1, b
- rota via roteador embarcado RT1F2: Gw = RT1F2

Analogicamente, os dados do controlador OBCU1 devem também ser transmitidos para a abertura lógica via um segundo roteador RT1F1 até o servidor no solo ZC1. Os dois roteadores embarcados RT1F1, RT1F2 também são acoplados às ligações embarcadas CPL1, CPL2 de tipo CPL de acordo com a invenção e podem portanto receber dados das interfaces de comunicação MOD1, MOD2 sob um só tipo de transmissão, a saber vantajosamente de tipo CPL de acordo com a invenção. Os roteadores embarcados

25

30 RT1F1, RT1F2 se encarregam de transmitir em seguida os dados das duas aberturas lógicas a, b para emissores (/receptores) de radiofrequência em-

barcados WC1F1, WC1F2 que possuem nesse exemplo radiofrequências de emissão F1, F2 distintas tendo em vista uma comunicação redundante na direção da rede no solo. As radiofrequências F1, F2 não devem no entanto ser obrigatoriamente distintas.

5 O princípio de transmissão por via de tipo CPL é o mesmo para um segundo controlador OBCU2 ou qualquer outro controlador embarcado até os roteadores embarcados RT1F1, RT1F2. Os roteadores embarcados RT1F1, RT1F2 podem no entanto redirigir os dados a transmitir para a rede no solo via emissores (/receptores) suplementares WC2F1, WC2F2 de tipo
10 radiofrequência adaptados às radiofrequências de emissão F1, F2 distintas (ou não), de acordo com um algoritmo de escolha do melhor cliente para cada frequência. Uma transmissão bidirecional entre o veículo e o solo é possível em cada uma das frequências F1, F2 ou/e via as duas aberturas a, b. Assim as aberturas de comunicação dos roteadores embarcados ou das
15 interfaces de comunicação são aberturas de entrada e de saída.

O sistema de comunicação de acordo com a invenção se entende portando até o solo sob a forma de uma rede ou de um conjunto de sub-redes Grappe 1, Grappe 2, RG1F1, RG1F2, etc., que tem também as interfaces de comunicação MOD3, MOD4 ligadas pelas ligações CPL3, CPL4 de
20 tipo CPL dispostas no solo, quer dizer em uma rede de comunicação no solo Grappe 1, Grappe 2, RG1F1, RG1F2, etc., que permite uma comunicação de rádio (por exemplo do tipo WLAN) suplementar com os equipamentos embarcados no veículo, via o dispositivo redundante que compreende os dois roteadores embarcados RT1F1, RT1F2 de transmissão/recepção de tipo
25 redundante.

Desse modo, uma comunicação é realizada entre pelo menos o primeiro controlador OBCU1 e a interface de comunicação MOD1 associada, ambos embarcados no veículo, e pelo menos um segundo controlador RG1F1, RG1F2, ZC1U1, etc. e uma interface de comunicação MOD3, MOD4
30 associada, ambos dispostos em uma segunda rede de comunicação no solo. Naturalmente, elementos de transição são previstos como pontos de acesso AP1F1, AP1F2, AP2F1, AP2F2, ...; AP4F1, AP4F2, AP5F1, AP5F2, ... do

tipo WLAN e espaçados ao longo do trajeto do trem no solo para receber ou emitir os sinais de radiofrequências ao/do solo e que, por intermédio de interfaces de comunicação MOD3, MOD4, são ligados a uma sub-rede Grappe1, Grappe2, ... que compreende ligações CPL3, CPL4 de tipo CPL de acordo com a invenção. Pares de pontos de acessos AP1F1, AP1F2, AP2F1, AP2F2, ...; AP4F1, AP4F2, AP5F1, AP5F2, ... compreendem respectivamente um canal de transmissão/recepção na radiofrequência F1 e um canal de transmissão/recepção na outra radiofrequência F2.

Assim, a interface de comunicação embarcada MOD1 é vantajosamente ligada a pelo menos uma interface de comunicação MOD3, MOD4 por duas ligações L1, L2, cada uma delas compreendendo uma porção de tipo CPL a bordo do veículo e uma outra porção de tipo CPL no solo e uma porção aérea para uma radiotransmissão entre o veículo e o solo.

Os pontos de acesso AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2 são ligados à rede solo via a segunda porção de ligações CPL3, CPL4 de tipo CPL que leva às aberturas de dois roteadores no solo RG1F1, RG1F2 via interfaces de comunicações MOD3, MOD4 de acordo com a invenção e dispostas também no solo. Os pontos de acesso AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2 compreendem respectivamente um canal de transmissão/recepção de tipo radiofrequência com um dos emissores/receptores de rádio embarcados WC1F1, WC1F2; WC2F1, WC2F2. Cada um dos dois roteadores distintos RG1F1, RG1F2 dispostos no solo tem pelo menos uma abertura física e pelo menos duas aberturas lógicas, de modo a estar, via sua interface de comunicação MOD3, MOD4, em comunicação com cada ponto de acesso AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2. Os roteadores no solo RG1F1, RG1F2 oferecem além disso duas aberturas físicas ligadas a um roteador central RR de uma rede redundante de tipo com transmissão óptica ao solo, ela própria ligada ao segundo controlador ZC1.

É importante notar que a invenção em seu conjunto traz um aspecto de redundância muito vantajoso, pois toda ligação entre um controlador e sua interface de comunicação pode ser feita por pelo menos uma aber-

tura física e pelo menos duas aberturas lógicas, que compreendem pelo menos dois endereços IP e dados de roteamento, para ter nominalmente pelo menos duas passarelas de comunicação veículo-solo em cada um dos dois roteadores distintos RT1F1, RT1F2 ou nominalmente duas passarelas embarcadas de comunicação veículo-veículo. Assim nenhum comutador físico na abertura de comunicação da interface é necessário, pois a redundância lógica em um suporte físico assegura em permanência e no mínimo um desdobramento físico possível a partir da saída da interface de comunicação e de seu transformador de acoplamento.

A figura 5 apresenta o sistema da figura 4 com um caso de pane do roteador embarcado RT1F1 (destinado a rotear uma comunicação à radiofrequência F1 a partir da interface MOD1 ou da abertura lógica a de seu controlador OBCU1 embarcado para o servidor no solo ZC1). Essa falha poderia também provir do roteador no solo RG1F1 que corresponde Pa radiofrequência F1. Nesse caso, os roteadores embarcados RT1F2 no veículo e aqueles no solo RG1F2 em modo nominal de roteamento de pacotes em uma rede de tipo WLAN na outra radiofrequência F2 se encarregam do roteamento de pacotes nas redes de tipo WLAN previstas nas duas radiofrequências F1, F2 (lembrança: as duas radiofrequências F1, F2 poderiam no entanto ser idênticas). Aqui, a mensagem que vem da segunda abertura lógica para a qual uma falha de ordem física em seu roteador nominal é constatada é então imediatamente "rerroteada" ao nível da ligação CPL embarcada de acordo com a invenção para uma ligação física intacta, por exemplo a ligação até o roteador embarcado RT1F2 onde a outra abertura lógica utilizada é transmitida sem perturbação. Em seguida, o roteador RT1F1 orientará como para a figura 4 o sinal a transmitir perturbador de acordo com seus dados lógicos para o emissor/receptor de rádio WC1F2 desejado. O roteamento sem perturbação do sinal de acordo com a primeira abertura lógica é sem mudança. Assim, em caso de falha no veículo, um novo roteamento interno ao veículo de tipo CPL de acordo com a invenção é muito simplesmente possível de modo vantajosamente transparente para o controlador OBCU1, sem que o roteamento (físico) para o exterior do veículo seja modi-

ficado, pois, a esse nível da transmissão, ele já permanece assegurado de modo lógico. Isso evita assim modificar toda a configuração de roteamento das redes e sub-redes em especial por via aérea até o solo nesse exemplo em que a falha provem do veículo. A redundância das aberturas lógicas permite assim um roteamento dinâmico que minimiza esforços usuais de reconfiguração de aberturas físicas.

Mais geralmente e em caso de pane do roteador embarcado RT1F2 ou/e do roteador no solo RG1F2 que correspondem a uma das duas ligações de tipo radiofrequência (que têm ou não uma radiofrequência comum), os roteadores veículo e solo RT1F1, RG1F1 em modo nominal de roteamento de pacotes em uma rede de tipo WLAN na outra ligação intacta de tipo radiofrequência se encarregam vantajosamente do roteamento de pacotes nas redes de tipo WLAN previstas nas duas ligações de tipo radiofrequência.

Do mesmo modo, uma falha no solo não impõe mais uma reconfiguração total ou pelo menos da via aérea e da rede do veículo pelo emprego de desdobramento da camada dita lógica sem nova comutação por desdobramento não desejada da camada dita física no solo graças às ligações CPL3, CPL4 de tipo CPL de acordo com a invenção.

Devido a sua robustez, o sistema de comunicação apresentado na invenção poderia também se adaptar a um sistema que compreende uma rede de comunicação puramente no solo (sem intervenção de um veículo), tal como para um imóvel ou para um local em que o ambiente seria por exemplo ligado a perturbações severas, e para o qual uma grande confiabilidade de comunicação é exigida. Além do domínio dos transportes em comum de tipo terrestre (trem), marítimo (ferry) ou aéreo (avião de linha), esse sistema é adaptado para qualquer outro veículo individual (carro, trator com ou sem reboque, avião particular, etc.).

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de comunicação que compreende uma rede de comunicação entre pelo menos duas interfaces de comunicação (MOD1, MOD2) respectivamente ligadas a um primeiro controlador (CTRL1) que gere uma aplicação de comando e um segundo controlador (CTRL2) que gere uma aplicação de comando, e para o qual as interfaces de comunicação possuem por controlador pelo menos uma abertura de comunicação, a partir da qual uma ligação de comunicação é possível, caracterizado pelo fato de que para uma transmissão de aplicação de comando entre as duas interfaces de comunicação, a ligação de comunicação é de tipo CPL ("Corrente Portadora em Linha") que compreende pelo menos duas ligações eletricamente condutoras (CPL1, CPL2) conectadas a cada uma das aberturas de comunicação respectivas por intermédio de pelo menos um transformador de acoplamento (CPL_coupler).

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, adaptado para um veículo.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 2, para o qual cada ligação (CPL1 ou CPL2) compreende um par de condutores elétricos distintos, tal como por exemplo com o auxílio de um cabeamento para a sinalização de transportes urbanos do tipo K23 que compreende pelo menos um par de cabos torcidos e eventualmente uma blindagem.

4. Sistema de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, para o qual o transformador de acoplamento apresenta uma distribuição em impedância entre as ligações (CPL1, CPL2) tal que se uma das ligações está defeituosa, por causa por exemplo de um corte, de um curto-circuito, de um efeito mecânico, etc., a outra ligação assegura a transmissão de aplicação de comando.

5. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual as ligações (CPL1, CPL2) são conectadas por pares de condutores exclusivamente dedicados à técnica CPL sem presença de corrente de alimentação superposta.

6. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes,

para o qual pelo menos uma porção de uma das ligações (CPL1, CPL2) é uma conexão elétrica de alimentação de um elemento da rede de comunicação.

7. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual o transformador de acoplamento é composto por pelo menos um
5 terceiro enrolamento condutor ligado a uma das ligações (CPL1, CPL2).

8. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual o transformador de acoplamento é composto por dois transformadores elétricos respectivamente conectados a uma das ligações (CPL1, CPL2).

10 9. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual o transformador de acoplamento tem uma impedância série ou/e uma indutância de fuga mínima.

15 10. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual se uma distribuição da impedância a uma abertura de comunicação com o auxílio da resistência de adaptação de linha ao nível da interface de comunicação é insuficiente ou inutilizável, pelo menos um atenuador, tal como uma rede de resistências cuja atenuação é da ordem de alguns decibéis, é disposto entre as duas ligações (CPL1, CPL2) e a abertura de comunicação.

20 11. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual as duas ligações (CPL1, CPL2) compreendem frequências portadoras elétricas distintas ou/e transmitem sinais de comando diferentes.

25 12. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual pelo menos para uma das ligações (CPL1, CPL2) um cem quensador é colocado em série com um enrolamento de saída do transformador de acoplamento, a fim de sobrepor diversas correntes de portadoras elétricas e uma alimentação de baixa frequência ou em corrente contínua.

30 13. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual a interface de comunicação, o controlador ou/e uma das ligações (CPL1, CPL2) é ligado a um módulo de vigilância de pane, tal como um injetor de corrente contínua, ou um gerador de tensão, colocado a jusante de pelo menos um desses elementos e cuja corrente, ou a tensão, é men-

surável a montante pelo menos de um desses elementos.

14. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual as interfaces de comunicação, os controladores ou/e pelo menos uma das ligações (CPL1, CPL2) são embarcados no veículo, tal como um meio de transporte em comum (TRAIN1).

15. Sistema de acordo com a reivindicação 14, para o qual o meio de transporte em comum (TRAIN1) compreende vários veículos unidos dos quais as redes de comunicação são acopláveis por ligações intermediárias (CPL1, CPL2) de tipo CPL, por exemplo via um acoplador elétrico ao nível de um dispositivo de atrelagem entre veículos, via catenárias de alimentação elétrica dos veículos, via um contato dos veículos com pelo menos um trilho de guia, etc, ou na falta ou além de uma rede intermediária no solo ou aérea que gere a comunicação com cada um dos veículos.

16. Sistema de acordo com a reivindicação 14 ou 15, para o qual:

- pelo menos uma porção das ligações (CPL1, CPL2) entre duas interfaces de comunicação é respectivamente embarcada no primeiro meio de transporte em comum (TRAIN1) e em um segundo meio de transporte em comum (TRAIN2),

- os dois meios de transporte (TRAIN1, TRAIN2) são separados e uníveis fisicamente;

- a outra porção das ligações (CPL1, CPL2) é constituída por catenárias ou por trilhos elétricos entre os dois meios de transporte em comum (TRAIN1, TRAIN2), na falta ou além de uma rede intermediária no solo ou aérea que gere a comunicação com cada um dos meios de transporte em comum.

17. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual as interfaces de comunicação (MOD3, MOD4) ligadas pelas ligações (CPL3, CPL4) de tipo CPL são dispostas no solo, quer dizer em uma rede de comunicação no solo (Grappe 1, Grappe 2, RG1F1, RG1F2, etc.) que permite uma comunicação de rádio (WLAN) com equipamentos embarcados no veículo, via um dispositivo redundante que compreende dois

roteadores embarcados de transmissão/recepção de tipo redundante.

18. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual

5 - pelo menos o primeiro controlador (OBCU1) e a interface de comunicação (MOD1) associada são embarcados no veículo e pelo menos um segundo controlador (RG1F1, RG1F2, ZC1U1, etc.) e uma interface de comunicação (MOD3, MOD4) associada são dispostos em uma segunda rede de comunicação no solo,

10 - a interface de comunicação embarcada (MOD1) é ligada a pelo menos uma interface de comunicação (MOD3, MOD4) por duas ligações (L1, L2) que compreendem respectivamente uma porção (CPL1, CPL2) de tipo CPL a bordo do veículo e uma outra porção (CPL3, CPL4) de tipo CPL no solo e uma porção aérea para uma radiotransmissão entre o veículo e o solo.

15 19. Sistema de acordo com a reivindicação 18, para o qual a interface de comunicação (MOD1) embarcada é ligada via uma primeira porção de ligações (CPL1, CPL2) a dois roteadores de veículo (RT1F1, RT1F2) que transmitem ou/e recebem dados para/do solo via pelo menos dois emissores/receptores de rádio embarcados (WC1F1, WC1F2; WC2F1, WC2F2), que têm ou a mesma radiofrequência ou duas radiofrequências (F1, F2) distintas.

20 20. Sistema de acordo com a reivindicação 19, para o qual uma ligação entre um controlador e sua interface de comunicação (MOD1) é feita por pelo menos uma abertura física e pelo menos duas aberturas lógicas, que compreendem por exemplo dois endereços IP e dados de roteamento, para ter nominalmente duas passarelas de comunicação veículo-solo ou veículo-veículo em cada um dos dois roteadores distintos (RT1F1, RT1F2) e embarcados.

21. Sistema de acordo com uma das reivindicações 19 a 20, para o qual:

30 - pares de pontos de acessos de tipo emissor/receptor de rádio (AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2) são distribuídos no solo ao longo do trajeto do veículo e compreendem respectivamente um canal de

transmissão/recepção de tipo radiofrequência com um dos emissores/receptores de rádio embarcados (WC1F1, WC1F2; WC2F1, WC2F2),

- os pontos de acesso (AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2) são ligados ao solo via uma segunda porção de ligações (CPL3, CPL4) de tipo CPL que levam às aberturas de dois roteadores (RG1F1, RG1F2) dispostos no solo, eles próprios tendo duas aberturas ligadas à segunda interface de comunicação (MOD2) do segundo controlador (ZC1U1) via um roteador central (RR) no solo.

22. Sistema de acordo com uma das reivindicações 18 a 21, para o qual em caso de pane do roteador embarcado (RT1F2) ou/e do roteador no solo (RG1F2) que correspem quem a uma das duas ligações de tipo radiofrequência, os roteadores veículo e solo (RT1F1, RG1F1) em modo nominal de roteamento de pacotes em uma rede de tipo WLAN na outra ligação intacta de tipo radiofrequência se encarregam do roteamento de pacotes nas redes de tipo WLAN previstas nas duas ligações de tipo radiofrequência.

23. Sistema de acordo com uma das reivindicações 21 a 22, para o qual cada um dos dois roteadores distintos (RG1F1, RG1F2) dispostos no solo tem pelo menos uma abertura física e pelo menos duas aberturas lógicas, de modo a estar, via sua interface de comunicação (MOD3, MOD4), em comunicação com cada ponto de acesso (AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2).

24. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual as interfaces de comunicação (MOD1, MOD2, MOD3, MOD4) são ligadas às ligações (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4) de tipo CPL via filamentos de derivação (STUB) que permitem minimizar uma perturbação nas ligações (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4) se um curto-circuito ocorre ao nível de pelo menos uma interface de comunicação.

25. Sistema de acordo com uma das reivindicações precedentes, para o qual um dispositivo de autovigilância das interfaces de comunicação (MOD1, MOD2, MOD3, MOD4) neutraliza, na abertura de comunicação em questão, uma emissão permanente de dados parasitas em caso de falha da interface de comunicação.

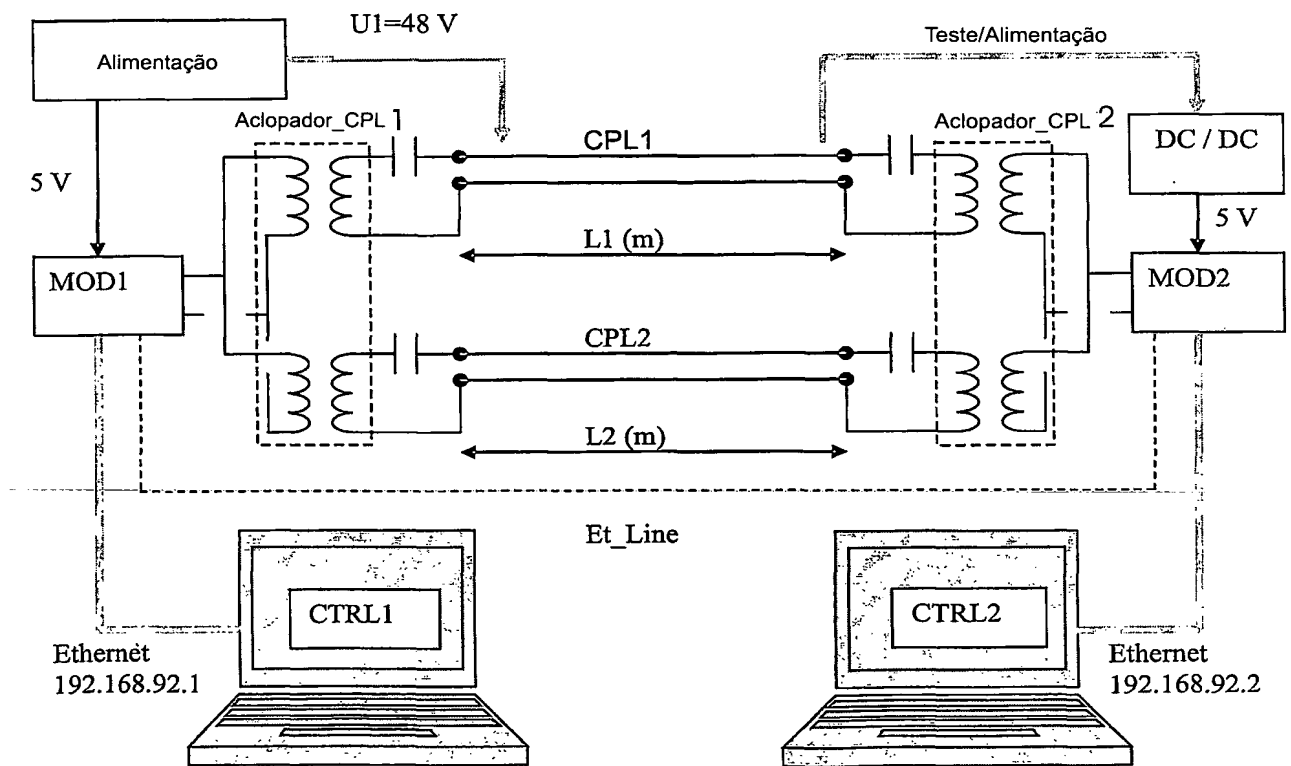
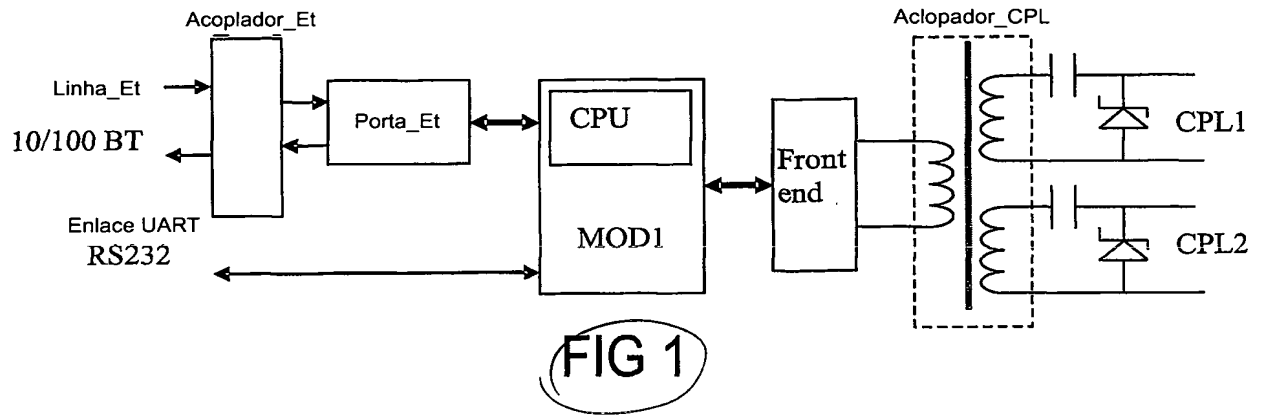


FIG 2

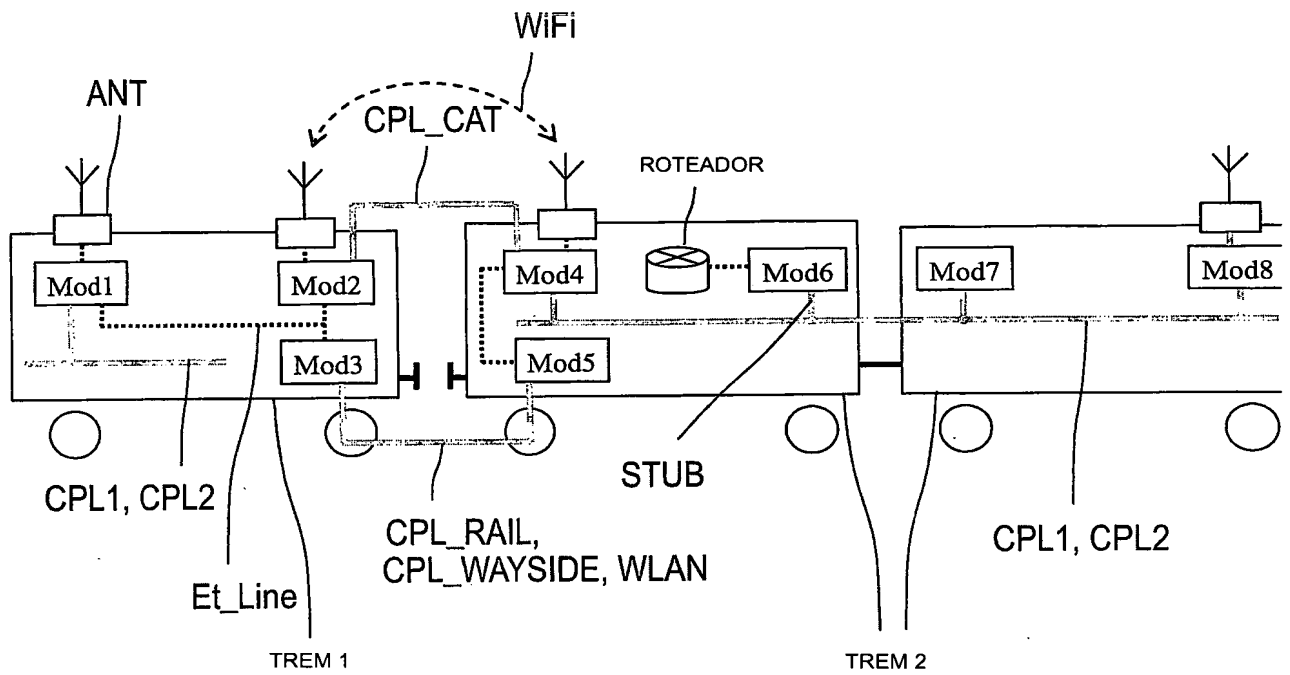


FIG 3

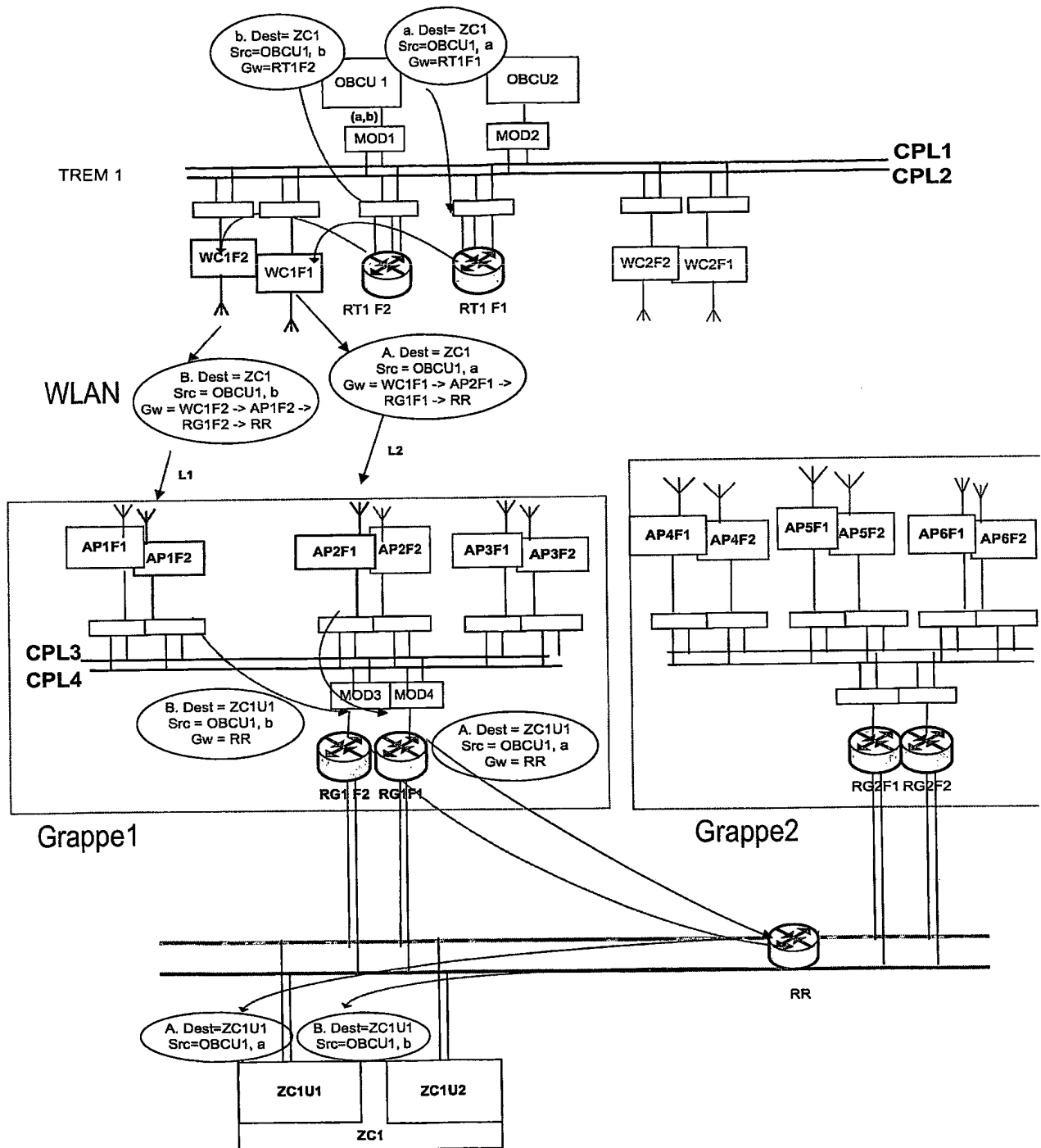


FIG 4

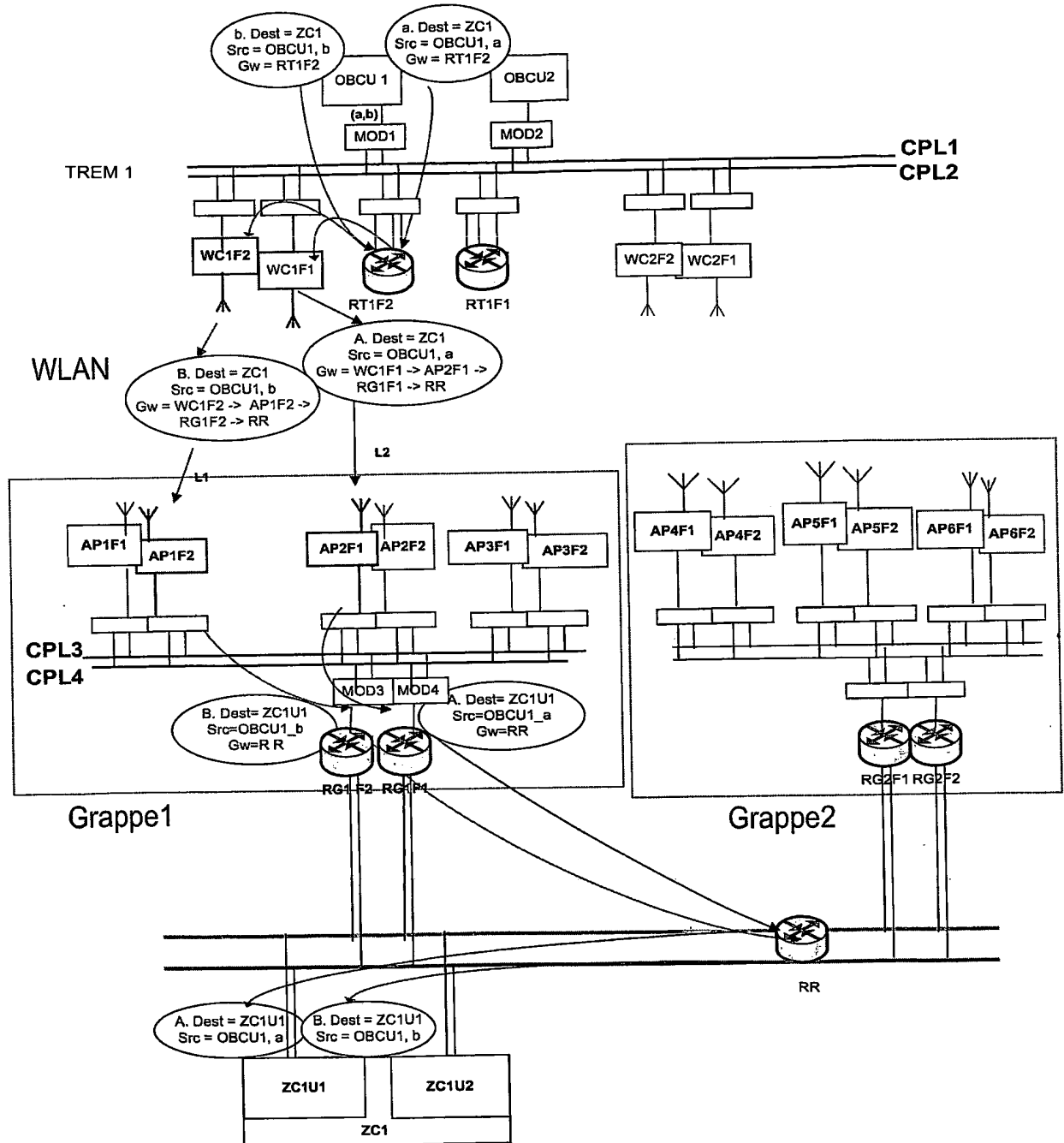


FIG 5

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA DE REDE DE ALTA DISPONIBILIDADE".**

- A presente invenção descreve um sistema de comunicação adaptado para um veículo e que compreende uma rede de comunicação entre
- 5 pelo menos duas interfaces de comunicação MOD1, MOD2 respectivamente ligadas a um primeiro controlador CTRL1 que gere/executa uma aplicação de comando e um segundo controlador CTRL2 que gere/executa também a aplicação de comando, e para o qual as interfaces de comunicação possuem
- 10 por controlador pelo menos uma abertura de comunicação, a partir da qual uma ligação de comunicação é possível. Para uma transmissão de aplicação de comando entre as duas interfaces de comunicação, a ligação de comunicação é de tipo CPL ("Correntes Portadoras em Linha") que compreende
- 15 pelo menos duas ligações eletricamente condutoras CPL1, CPL2 conectadas a cada uma das aberturas de comunicação respectivas por intermédio de pelo menos um transformador de acoplamento CPL_coupler.