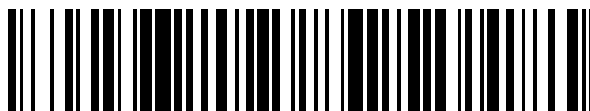


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 094**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.08.2006 PCT/FR2006/001897**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2008 WO08015316**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2006 E 06808052 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2017 EP 2047609**

54 Título: **Sistema de red de alta disponibilidad**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS S.A.S. (100.0%)
40 avenue des Fruitiers
93527 Saint-Denis Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**CHENU, ERIC;
CHOCHOIS KARTMANN, BÉNÉDICTE;
FUMERY, BENOÎT;
RENARD, NICOLAS y
DE LAJUDIE, RAPHAËLLE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 658 094 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de red de alta disponibilidad

La presente invención se refiere a un sistema de comunicación según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 La invención se adapta a un vehículo en particular. Por vehículo, se sobreentiende que se trata de diversos tipos de medios de locomoción, más en particular en el ámbito del transporte de pasajeros y/o de mercancías. Así, en el ámbito de la invención entran a título de ejemplo el transporte ferroviario, como un tren y sus vagones sobre carriles, un tranvía, pero también un tren sobre neumáticos, con o sin carril, o un autobús con al menos un compartimiento. También se puede referir a otros medios de locomoción fuera del dominio terrestre, como puede ser un transbordador marítimo como un "ferry". En particular, todos estos vehículos contienen medios de control o de comando, comúnmente denominados, de ahora en adelante, controladores, que permiten generar o ejecutar aplicaciones de comando, por ejemplo para guiar el vehículo, o incluso el auto guiado del vehículo si éste no tiene conductor. Por supuesto son posibles muchas otras aplicaciones, pero no se enumerarán por motivos de claridad.

15 Así, desde un primer punto de vista interno al vehículo, es bien conocida la red de comunicación entre por lo menos dos interfaces de comunicación, que están conectadas respectivamente a un primer controlador que genera una aplicación de comando y a un segundo controlador que ejecuta la aplicación de comando. Los controladores pueden estar compuestos, por ejemplo, de uno o más ordenadores embarcados, en el presente caso, a bordo del vehículo. Las interfaces de comunicación tienen como controlador por lo menos un puerto de comunicación hacia un enlace de comunicación de tipo Ethernet, ADSL, WiFi, etc., con el fin de permitir una transmisión de información entre los controladores a través de las interfaces de comunicación de tipo Modem, Switch, Relay-Bridge, etc. También son factibles los enlaces redundantes en el caso de avería de un enlace puntual, por ejemplo multiplicando los enlaces o cables de transmisión que se activarán para un nuevo enrutamiento de datos por medio de conmutadores de tipo Switch, Router. por ejemplo reconfigurando un enrutador, obedeciendo a un protocolo de tipo Internet / Ethernet.

25 Desde otro punto de vista externo al vehículo, las informaciones también se pueden transmitir por una primera interfaz de comunicación en tierra, por ejemplo dispuesta en el trayecto del vehículo, hacia una segunda interfaz de comunicación embarcada en el vehículo y viceversa. Todavía por extensión, la primera interfaz de comunicación puede también estar en red o "subred" con una tercera interfaz de comunicación en tierra, por ejemplo hacia un servidor central de gestión de tráfico o un punto de acceso a otro vehículo. En resumen, es fácil comprender que los sistemas de comunicaciones adaptados al vehículo, es decir, en el vehículo, en tierra y entre el vehículo y la tierra, incluyen redes complejas cuya arquitectura de enlace de red es de tipo multipunto y los protocolos de transmisión de datos pueden ser variados según las aplicaciones deseadas.

35 Un buen ejemplo que ilustra la complejidad de una red de comunicación entre un tren sobre carril conectado a catenarias eléctricas y una red de tipo "IP network" (IP siglas de "Internet Protocol") que puede ser externa al tren (por ejemplo, en tierra) viene dado por el documento EP 1533913 A1. Para que una interfaz de comunicación de la red IP se pueda comunicar con una interfaz de comunicación del usuario final ("end user") embarcada en el vehículo, está colocado un convertidor de datos ("converting means") a lo largo de los carriles para convertir los datos transmitidos o recibidos en el formato "IP" a un formato de tipo "PLC" (siglas de "Power Line Communications") que, por ejemplo, serán transmitidos a la salida del convertidor en el formato PLC a través de las catenarias eléctricas hasta una interfaz de comunicación del tren. Para conseguir la potencia requerida sobre las catenarias, el convertidor tiene varias unidades de conversión a lo largo del carril. La técnica de comunicación de tipo "PLC", también se conoce en lengua francesa como "CPL" (siglas de "Courants Porteurs en Ligne") y con tales siglas aparece en los dibujos de referencia.

45 Esta técnica de comunicación permite en este ejemplo en particular utilizar una banda suficientemente ancha como para transferir datos de alta velocidad de la red IP hacia el tren y viceversa (posible transmisión bilateral) y adaptarse a una comunicación tierra - tren para trenes de varias longitudes. Además, el convertidor utilizado se asocia con medios repetidores ("repeating means") que reciben o transmiten datos cuyas señales son separadas en dos bandas de frecuencia destinadas a determinar la dirección de transmisión (bilateral) de los datos entre la red IP y el tren. Si un tramo de trayecto no contiene catenarias, se activa un conmutador de comunicación de tipo PLC a un tipo de radiofrecuencia, de manera que se asegure una conexión por radio también de doble frecuencia según la dirección de transmisión de datos. El enlace de tipo PLC y el enlace de tipo radiofrecuencia forman así un enlace redundante en el caso de que sea imposible utilizar uno u otro enlace. En resumen, para un solo enlace ventajosamente redundante entre un tren y una red en tierra, se utilizan dos tipos diferentes de comunicación, lo que implica, por lo tanto, conmutaciones a nivel de los equipos, por ejemplo, añadiendo los medios de enrutamiento suplementarios, en particular al puerto de salida de las interfaces de comunicación, para elegir la vía PLC o la radiofrecuencia. Esto implica también un cambio de configuración de los routers y del enrutamiento de los datos que siguen el protocolo de comunicación utilizado, por una parte a nivel de la red IP y por otra parte a nivel del vehículo. Tales reconfiguraciones unidas a un nuevo enrutamiento requieren actualmente mucho más que solo unos segundos, lo que en caso de fallo queda, por ejemplo, más allá de la tolerancia de 3 segundos exigida por ciertos automatismos del transporte ferroviario.

De forma general, las aplicaciones relativas a un tratamiento de control / comando se usan comúnmente en los transportes, en particular automatizados, como, por ejemplo, los trenes urbanos automáticos sin conductor. Como se mencionó, estas aplicaciones utilizan controladores que pueden estar compuestos de uno o varios ordenadores y de sus interfaces asociadas. Dependiendo de su función, estos pueden estar colocados o bien en tierra a lo largo de las vías del vehículo, o bien a bordo de un vehículo o de varios vehículos acoplados o no (varios trenes). Con el fin de permitir una supervisión y un control de los trenes a lo largo de la toda vía, los diferentes controladores están conectados entre sí por una o varias redes (aéreas, cableadas, por catenaria, por carril, etc.). En su conjunto, la arquitectura de las redes de tratamiento de control / comando puede así ser demasiado compleja y presentar una cantidad significativa de equipos. Cada una de estas redes también puede presentar grandes longitudes (del orden de 300 m a bordo de los trenes, varios km a lo largo de las vías) y está sometida a un entorno electromagnético severo.

Además, para algunas de estas redes, los enlaces que hay que establecer son de tipo multipunto, lo que multiplica la complejidad del enrutamiento, sobre todo en caso de un fallo puntual.

Además de estas diferentes limitaciones, es imprescindible asegurar el correcto funcionamiento del tren: una parada intempestiva de un tren u otro mal funcionamiento molesto no es deseable ni para los pasajeros ni para la eficiencia económica de los trenes ni incluso tampoco para la seguridad de los pasajeros.

De este modo, a nivel del sistema de comunicación adaptado a un vehículo (interno y externo al vehículo), es necesario poder resolver los siguientes problemas técnicos:

- Por un lado, aparte de ciertas limitaciones sobre la capa física de la red de comunicación, que se posibilite una velocidad alta de datos (por ejemplo una velocidad de 10 Mbit/s útiles), al mismo tiempo que se asegura una calidad de transmisión muy alta (tasa débil de error).

Por ejemplo, a nivel del tren, el entorno electromagnético es muy potente y la red que permite la conexión entre los diferentes controladores puede ser perturbada por fuertes y diversas interferencias, especialmente si, para la capa física de la red, se utilizan cables cuya calidad no es adecuada para uso directo (cables de categoría 5 y 6). En el caso de los equipos a bordo de los trenes, la configuración de la red puede cambiar, ya que la red debe de ser compatible con la longitud del tren modular (número variable de vehículos, por ejemplo, después de un acoplamiento). Por lo tanto, es importante poder reconfigurar de forma rápida y sencilla (automáticamente) un sistema de comunicación complejo, por ejemplo en caso de duplicación de la longitud del tren.

- Por otro lado, aparte de la complejidad, se debe asegurar una fuerte disponibilidad de comunicación, con el fin de que el sistema pueda tolerar errores de forma "transparente" y robusta, en particular es necesario evitar que un simple fallo en el nivel del sistema de comunicación (red interna del vehículo, red externa en tierra y enlaces vehículo-tierra) o de uno de los equipos conectados ponga en peligro el correcto funcionamiento del sistema de control / comando.

Por esta razón, el sistema de comando a menudo se duplica para tolerar errores, en particular las redes y los controladores se organizan por parejas, de manera que uno puede sustituir al otro en caso de fallo, como se menciona en el documento EP 1533913 A1 mediante la conmutación entre un enlace de tipo PLC y un enlace de tipo radiofrecuencia.

Sin embargo, con respecto a esta conmutación incluso en redundancia posible de los equipos, deben de resolverse ciertos problemas específicos de la red:

a) como ya se ha mencionado brevemente, las instalaciones de control comando están sometidas a severas limitaciones de tiempo. Por ejemplo, algunos automatismos ferroviarios pueden, en caso de avería, tolerar a lo sumo una interrupción de funcionamiento de aproximadamente 3 segundos. Esto es más bajo que el tiempo de reconfiguración de un enrutador de "Nivel 3" (parte integral de una capa física de red) que requiere varias veces este tiempo para reemplazar una ruta de red fallida por otra.

b) La duplicación puede resultar difícil de gestionar cuando un número elevado de equipamientos o de ordenadores están conectados a una misma red.

c) Además, un fallo sobre la misma red será aún más crítico por el riesgo de que afecte simultáneamente a varios controladores u ordenadores. Del mismo modo, hay que evitar que una avería sobre un solo equipo o sobre una interfaz de comunicación en una red perturbe a los otros.

d) A nivel de las redes situadas a bordo de los trenes, hay que recordar que sus configuraciones se pueden cambiar, ya que deben de ser compatibles con la longitud del tren que puede variar en función del número de vagones / vehículos. Esta restricción específica también debe de ser tomada en cuenta para la redundancia de la red.

Teniendo en cuenta todos estos problemas, se podrían contemplar a continuación varias soluciones, pero presentan siempre algunos inconvenientes que la invención pretende evitar.

En primer lugar, con el fin de permitir que un sistema de comunicación (red) tenga un alto rendimiento sobre grandes longitudes (por ejemplo, tasa de por lo menos 10 Mbit/s útiles sobre una longitud de 300 m), al tiempo que garantiza una calidad muy alta de transmisión, en particular en el caso de entornos hostiles (presencia alrededor de fuertes corrientes conmutadas), se conocen varias soluciones:

5 - una solución es utilizar fibras ópticas para las conexiones entre las interfaces de comunicación, pero este tipo de solución puede ser difícil de alcanzar en ciertos casos, por ejemplo, el uso de esta tecnología puede ser muy crítico a bordo de los trenes, en particular a nivel del acoplador eléctrico entre dos elementos del tren que hay que enganchar (por ejemplo, vagones), y esto será tanto más cierto si el enganche es de tipo automático.

10 - otra solución sería realizar enlaces de tipo ADSL, pero esto plantea un problema, ya que este tipo de enlace está previsto normalmente para realizar enlaces punto a punto, en el caso de una aplicación a una red multipuntos, la arquitectura se vuelve compleja, además un fallo de uno de los controladores conectados a una interfaz de comunicación de tipo ADSL tendrá un cierto impacto sobre toda la red, a menos que se realice una distribución en estrella, en cuyo caso el cableado asociado con la red se convertirá inevitablemente en demasiado importante.

15 - una solución utilizada muy frecuentemente es usar enlaces de tasa baja que desafortunadamente aportan muchas limitaciones a la instalación de control - comando.

20 En segundo lugar, para poder tolerar errores y en particular evitar que un simple fallo a nivel de una de las redes o de uno de los equipos conectados ponga en peligro por si solo el funcionamiento del sistema de comunicación, se conocen varias soluciones:

25 Lo que parece más convencional es utilizar dos redes distintas redundantes, pero este tipo de solución requiere una gran cantidad de Hardware. Por ejemplo, en vista de que cada controlador está compuesto por dos ordenadores redundantes, se sabe que para obtener una muy buena disponibilidad cada ordenador debe de estar conectado por puertos distintos (y por lo tanto numerosos) a las dos redes y enviar sus mensajes con destino a otros controladores u ordenadores sobre cada una de las dos redes.

30 Otro modo de realización sería utilizar para el sistema de comunicación las redes en anillo y conectar los controladores u ordenadores redundantes a conmutadores distintos de tipo "switches". Pero este tipo de solución necesita que los "switches" concernientes sean capaces de "reenrutar" rápidamente los mensajes a través de un camino alternativo en caso de una avería localizado (por ejemplo, según una técnica conocida con el nombre de "Fast Spanning Tree" [árbol de expansión rápida]). Esta técnica, que ahora está muy extendida, está más bien adaptada a una capa física del tipo "fibra óptica", que es costosa de poner en práctica en los trenes y para los equipos distribuidos a lo largo de las vías férreas.

40 En el contexto de la invención, se propone al lector consultar los documentos WO 97/31430A y US 2005/040709A1, el primer documento describe un sistema capaz de utilizar líneas de transmisión eléctrica para transmitir datos, hacer teledetección o también lecturas a distancia, y el segundo documento se ocupa de una estructura de alimentación para la transmisión de informaciones entre los componentes eléctricos en un vehículo a motor, las informaciones se transmiten sobre un bus de datos.

45 Un objeto de la presente invención es proponer un sistema de comunicación, en particular adaptado a un vehículo a nivel interno al vehículo, pero también por extensión a nivel externo al vehículo, para una comunicación adaptada entre el vehículo y una red en tierra o para una sola infraestructura de red en tierra, cuyo sistema no presenta los inconvenientes del estado anterior de la técnica, como los mencionados anteriormente.

50 Un primer aspecto de la invención proporciona una solución general cualquiera que sea el punto de vista del sistema de comunicación interno o externo al vehículo y/o a tierra.

55 La invención describe un sistema de comunicación adaptado en particular a un vehículo, pero también a cualquier otra infraestructura de red en tierra o incluso en un edificio y que comprende una red de comunicación entre por lo menos dos interfaces de comunicación (como puede ser un Módem) unidos respectivamente a un primer controlador (por ejemplo, con dos ordenadores redundantes) gestionando (es decir, ejecutando o incluso ocasionando) una aplicación de comando (por ejemplo, para guiar un tren) y un segundo controlador que gestiona (es decir, ejecuta) igualmente una aplicación de comando que puede ser la misma que la gestionada o ejecutada por el primer controlador o cualquier otra aplicación de comando que hay que ejecutar. Las interfaces de comunicación tienen por controlador por lo menos un puerto de comunicación, a partir del cual se asegura un enlace de comunicación entre los controladores, a través de sus respectivos interfaces de comunicación.

60 Para una transmisión de aplicación de comando entre las dos interfaces de comunicación, el enlace de comunicación es ventajosamente de tipo PLC ("Power Line Communications") y consta por lo menos de dos enlaces eléctricamente conductores conectados a cada uno de los respectivos puertos de comunicación por medio de por lo menos un transformador de acoplamiento.

65

Antes de continuar, se recuerda que la técnica PLC ya ha sido diseñada para poder realizar redes informáticas utilizando como soporte líneas de energía, los enlaces de alta velocidad se hacen en paralelo al transporte de la fuente de energía (corriente alterna [220 V, 50 Hz] o [110 V, 60 Hz]). Esta elección de tecnología tiene como ventaja el permitir enlaces de alta velocidad sobre soportes no convencionales, cuyas características físicas pueden diferir de las líneas de energía, para poder optimizar la calidad y la topología de los enlaces de tipo PLC para un uso adaptado a la invención.

Del mismo modo, la red PLC tiene también la ventaja de ser una red de tipo multipunto y no requiere instalar ningún equipo maestro (con la condición de que gestione el acceso múltiple al medio de transmisión con la ayuda de un protocolo descentralizado como el CSMA - "Carrier Sense Multiple Access"-, utilizado muy habitualmente), es suficiente solo con un adaptador (por ejemplo un puente de Ethernet a PLC) por cada estación de trabajo (controlador, ordenador, dispositivo de comando / de ejecución, usuario final ["end user"], ...). Cada interfaz de comunicación se puede conectar en paralelo a los dos enlaces de tipo PLC, a la manera de una red redundante. Esta elección también tiene otra ventaja, la de tolerar cambios sobre la red, en efecto las características pueden evolucionar con el curso del tiempo cuando se conecta o se desconecta un aparato sobre la red eléctrica. Este aspecto permite responder a la posibilidad de reconfiguración automática de la red (por ejemplo, durante el cambio de longitud del tren después del acoplamiento o separación de vehículos del tren). Este aspecto de la invención también protege contra las múltiples averías de comunicación en la red.

Debido al uso de la técnica PLC, la transmisión de datos entre las interfaces de comunicación (o por extensión entre los controladores "transmisor / receptor") se asegura de manera permanente a una velocidad de transmisión elevada en los trenes que en particular son de gran longitud. En caso de fallo de uno de los enlaces conductores, el transformador de acoplamiento, como elemento ventajosamente pasivo, tiene como objeto restablecer un reparto de impedancia entre los dos enlaces, de manera que la transmisión de datos que se asegura constantemente a través del enlace conductor de tipo PLC permanece intacta. De este modo, ventajosamente no es más necesaria una conmutación o, más específicamente, todo equipo "activo" o unido a los comandos de reenrutado (como "Switch" u otro conmutador de datos). Además, el tiempo de redirección de los datos sobre el segundo enlace PLC es casi instantáneo, lo que responde a las exigencias temporales particulares del transporte ferroviario en el momento de un fallo cualquiera. Por otra parte, se evita una conmutación paralela o redundante a partir de un enlace de tipo PLC hacia otro tipo de enlace de comunicación (como la de tipo radiofrecuencia, ADSL, WiFi, Ethernet, etc.), esto hace que se reduzca considerablemente la complejidad de gestión dinámica del sistema de comunicación propuesto, y tampoco necesita ninguna adición de material específico a diversos tipos de enlaces de comunicación. Por supuesto, por razones de mayor seguridad, por ejemplo, se puede añadir un enlace de un tipo distinto al PLC además de los dos enlaces PLC, aunque el enlace de tipo PLC sea el más robusto y el más eficaz para la transmisión de datos objeto de la invención.

Debido a la división del enlace de tipo PLC, se hace posible una redundancia física de transmisión entre las dos interfaces de comunicación. Tal enlace doble también es muy extendido y de alta calidad, dado que los transportes públicos habituales (metropolitano, tren, tranvía, etc.) lo utilizan como cables adaptados a la señalización de las señales a lo largo de las vías o de los carriles. Tales cables constan por lo menos de dos enlaces conductores utilizados por la técnica PLC. Cada enlace puede comprender también un par de conductores eléctricos distintos, como por ejemplo por medio de un cableado para la señalización del transporte público, por ejemplo del tipo K23 bien conocido por el experto en la materia, que comprende por lo menos un cable de par trenzado y un blindaje. Esto está particularmente bien adaptado a la invención, ya que también asegura robustez contra cualquier entorno severo, por ejemplo, ligado a condiciones mecánicas difíciles.

Una alimentación eléctrica superpuesta de tipo de red de corriente eléctrica continua, por ejemplo de baja tensión (24 V, 72V,...), también se puede conectar a por lo menos uno de los enlaces de tipo PLC. Esto puede permitir, en particular, asegurar una alta velocidad de datos y la alimentación de un equipo remoto con un único par trenzado sobre una distancia grande entre las interfaces de comunicación, como puede ser para un tren de gran longitud o para los equipos dispuestos en la vía.

Además, para poder tratar el problema de las redes informáticas de alta disponibilidad citadas en el estado de la técnica y en particular para permitir la tolerancia de errores o fallos la invención permite utilizar dos redes en redundancia, sin embargo sin tratar de tener realmente dos redes distintas por tanto duplicadas al 100%. Por lo tanto, la puesta en funcionamiento de la invención es más flexible y además provoca una reducción sustancial en el plano material, porque el desdoblamiento del enlace implica la única adición de un simple transformador de acoplamiento en lugar de una nueva interfaz de comunicación o de nuevos módems.

Por otra parte, el objetivo buscado es el de asegurar simplemente una muy alta disponibilidad de la misma red, en la que es suficiente con colocar controladores redundantes sin la necesidad de gestionar múltiples rutas Ethernet.

Para esto, la tolerancia a los fallos del sistema de comunicación se apoya en la definición de un nuevo principio, que es el siguiente: según la invención, cada controlador redundante está conectado a una única red de tipo PLC ("Power Line Communications") pero cuya capa física ha sido doblada. En particular, el soporte no está constituido de un solo par "cobre" sino de dos pares "cobre" en paralelo. En comparación con la solución descrita en el estado anterior de la

técnica que, con el fin de obtener una muy buena disponibilidad, necesitaba que cada controlador se conectará preferentemente a través de puertos distintos a las dos redes y, de este modo, llevaba consigo un gran número de módems (dos para cada controlador), la invención tiene la ventaja de dividir por dos el número de módems. Consiste en unir, por medio de un circuito electrónico muy simple, cada uno de los módems PLC ("Power Line Communications") ya no a un solo par, sino a los dos pares "de cobre" de la red. Por lo tanto, los dos pares o enlaces de tipo PLC de la red son conectados en paralelo a cada conexión de red, pero pueden seguir después diversas vías según su disposición o su finalidad.

El enlace de tipo PLC entre los diferentes módems PLC, puede utilizar por ejemplo un gran número de portadores escalonados en frecuencia, que consta de dos pares de hilos conductores, que permite así una transmisión de datos que depende de las impedancias de los hilos conductores.

Si aparece un defecto en uno de los pares / enlaces de red, como un cortocircuito o un circuito abierto, esto provoca una variación de la impedancia y el reparto de los datos transmitidos sobre los diferentes portadores se readapta de tal manera que entonces el enlace se mantiene gracias a la alta tolerancia de la capa física de la tecnología PLC. A los puntos de conexión (además de los puertos de comunicación) de redes en las interfaces PLC, están conectados en paralelo los dos pares de redes, pero se toman precauciones. La invención prevé, en efecto, un dispositivo de doble conexión simple y que garantiza entre los dos pares un acoplamiento suficientemente bajo con el fin de evitar, por ejemplo, que un cortocircuito o una rotura en un par, en particular cerca del punto de conexión, pueda simultáneamente cortar o atenuar fuertemente las señales presentes sobre el otro par.

De esta manera, la invención prevé que el transformador de acoplamiento presente una distribución en impedancia entre los enlaces de tipo PLC de manera que si uno de los enlaces es defectuoso, por ejemplo a causa de un corte, de un cortocircuito, de un efecto mecánico, etc., el otro enlace asegure la transmisión de aplicación de comando. Para ello, es preciso recordar que también los enlaces de tipo PLC están conectados por pares conductores preferentemente que estén exclusivamente dedicados a la técnica PLC sin la presencia obligatoria de corriente de alimentación, lo que aligera de nuevo en este caso la complejidad y el número de componentes del sistema de comunicación.

Un aspecto posible, apreciable material y económicamente es que, cuando sea necesario, por lo menos una parte de uno de los enlaces de tipo PLC sea una conexión eléctrica de alimentación de un elemento de la red de comunicación que podría estar ya instalado como un hilo de red en un vagón o en un tren. Por supuesto, los hilos de red no tienen las propiedades óptimas con respecto a los cables de tipo PLC adaptados a una alta velocidad en un entorno severo, pero pueden ser una alternativa posible si un cierto enlace no requiere de altas prestaciones.

A continuación, serán presentadas varias formas simples y por lo tanto ventajosas de transformadores de acoplamiento, así como las posibilidades de mejorar el acoplamiento de los enlaces PLC con una interfaz de comunicación.

Los dispositivos, tales como los de los sistemas de control, compensación y autocontrol del sistema de comunicación, también serán presentados con el fin de evitar toda perturbación de comunicación molesta cuando sea necesario.

Todos los aspectos mencionados de la invención aportan así una solución general cualquiera que sea el punto de vista del sistema de comunicación interno o externo al vehículo.

En particular, la invención es una solución ventajosa para varias configuraciones de sistemas de comunicación más específicos:

1) El sistema de comunicación es un dispositivo interno embarcado: las interfaces de comunicación, los controladores y/o por lo menos uno de los enlaces de tipo PLC están embarcados en el vehículo, tal como puede ser un medio de transporte público guiado o no. El enlace PLC, se extiende a lo largo de todos los vehículos de un transporte público, como por ejemplo un tren, conectando las interfaces de comunicación deseadas. Por lo tanto, si varios vehículos están acoplados, sus redes de comunicación están acopladas por enlaces intermedios de tipo PLC, por ejemplo a través de un acoplador eléctrico entre vehículos (a nivel, por ejemplo, de un dispositivo de acoplamiento), a través de catenarias de alimentación eléctrica de los vehículos, a través de un contacto de los vehículos con al menos un carril de guiado, etc. Se pueden tener en cuenta otros enlaces intermedios, pero no entran dentro del ámbito deseado por la invención.

2) El sistema de comunicación es un dispositivo interno embarcado que se puede repartir en varios sistemas de transporte público distintos, en cuyo caso:

- por lo menos una parte de los enlaces entre dos interfaces de comunicación están dispuestos respectivamente en un primer medio de transporte público y en un segundo medio de transporte público,
- los dos medios de transporte son acoplables pero en el presente caso están separados físicamente,

- la otra parte de los enlaces está constituida de catenarias o carriles eléctricos (transmisión de vía, adaptado conocido tipo PLC) entre los dos medios de transporte público, a falta de o además de una red intermediaria en tierra que centraliza la comunicación con cada uno de los medios de transportes públicos.

5 3) El sistema de comunicación es una red en tierra (externa e independiente al vehículo) de la que por lo menos una sub-red local es de tipo PLC según la invención, que además está adaptada a una transmisión de cualquier tipo con el vehículo en movimiento, por ejemplo por una parte del enlace de tipo radiofrecuencia (aéreo) incluso una parte del enlace de tipo PLC que puede incluir los canales que tienen una frecuencia común, pero que también tienen frecuencias distintas si es necesario, como se describe en el estado de la técnica en el documento EP 1533913 A1.
10 En efecto, la técnica PLC está particularmente bien adaptada a lo largo de las vías. A causa de la inserción del transformador de acoplamiento en una salida de una interfaz de comunicación, dicha red terrestre puede disfrutar así de las ventajas descritas en los pasos anteriores. De este modo, se puede evitar ventajosamente una adición fuerte y costosa de material, en particular a lo largo de las vías, colocando simples transformadores de acoplamiento en las interfaces existentes.

15 Más en concreto, las interfaces de comunicación en tierra conectadas por enlaces en tierra de tipo PLC están por lo tanto todas dispuestas en tierra, preferentemente a lo largo de la vía del vehículo, en una red de comunicación en tierra o en forma de racimos de subredes consecutivas a lo largo de la vía que permiten una comunicación por radio (preferentemente de tipo WLAN como modo nominal) con los equipos embarcados en el vehículo, preferentemente a través de un dispositivo redundante (y con transmisión bilateral redundante) que comprende por lo menos un enrutador embarcado con transmisión / recepción de tipo redundante, por ejemplo por medio de dos puertos lógicos del enrutador o de los enrutadores conectados a los enlaces físicos de tipo PLC en el vehículo.

20 El enlace entre un controlador y su interfaz de comunicación según la invención se hará preferentemente por medio de un puerto físico conectado a la red PLC embarcada y/o en tierra sobre la cual dos puertos lógicos (constando cada uno de una dirección IP, de datos de enrutamiento, etc.) son creados para obtener ventajosamente dos pasarelas de comunicación lógicas además de físicas por falta de o además de cada uno de los dos enrutadores distintos y embarcados en el vehículo y/o dispuestos en tierra, creando así a cada instante por lo menos dos posibles caminos de comunicación de los equipos en el tren y/o en tierra. De este modo, dos conexiones físicas entre una interfaz de comunicación embarcada (y el controlador asociado o los controladores asociados) y dos interfaces de comunicación en tierra (y su controlador asociado o sus controladores asociados) aseguran una transmisión de alta velocidad en las dos pasarelas o una redundancia de alta disponibilidad entre las dos pasarelas. Esto se consigue sin agregar o reemplazar una nueva interfaz de comunicación.

25 Finalmente, en caso de fallo de la interfaz de comunicación un dispositivo de autocontrol de las interfaces de comunicación neutraliza al puerto de comunicación en cuestión la emisión permanente de corrientes, voltajes y datos parásitos.

30 Un conjunto de sub-reivindicaciones también presenta ventajas de la invención.

35 Los ejemplos de realización y de aplicación se proporcionan con la ayuda de las figuras siguientes en las que se describe:

40 La figura 1 es una interfaz de comunicación que tiene un puerto de comunicación de tipo PLC.

45 La figura 2 es una red de comunicación de tipo PLC entre dos interfaces de comunicación.

50 La figura 3 es un ejemplo de un sistema de comunicación en un vehículo o entre dos vehículos como pueden ser trenes.

55 La figura 4 es un sistema de comunicación vehículo - tierra a falta de otra opción.

60 La figura 5 es un sistema de comunicación vehículo - tierra con fallo de un enrutador de datos del vehículo hacia la tierra.

65 La figura 1 describe una interfaz de comunicación MOD1 que tiene un puerto de comunicación "Front End" de tipo PLC (en los dibujos denominado CPL por sus siglas en francés) al que está conectado el transformador eléctrico de acoplamiento CPL-coupler con el fin de asegurar por lo menos dos enlaces físicos CPL1, CPL2 entre la interfaz de comunicación MOD1 y una red de tipo PLC, por ejemplo instalada en un tren al que también se conecta otra interfaz de comunicación, no mostrada en la figura. En este ejemplo, cada enlace CPL1, CPL2 consta de un par de conductores eléctricos distintos, como por ejemplo, un agrupamiento de cables para la señalización de transportes urbanos de tipo K23 que comprende por lo menos dos cables de par tranzados y eventualmente un blindaje. El transformador de acoplamiento CPL_coupleur presenta una distribución en impedancia entre los enlaces CPL1, CPL2 de tal manera que si uno de los enlaces (por ejemplo el CPL1) o un enlace conectado a él es defectuoso, por ejemplo a causa de un corte, de un cortocircuito, de un efecto mecánico, etc., el otro enlace (por ejemplo el CPL2) asegura la transmisión de una aplicación de comando a través de la interfaz de comunicación MOD1, por medio, por ejemplo, del procesador

CPU. En la práctica, esta aplicación de comando está gestionada por un controlador (no representado) que consta por ejemplo de un ordenador (o de varios ordenadores que aseguran una redundancia), el cual está conectado a la interfaz de comunicación MOD1, a modo de simple ejemplo, por medio de un enlace Ethernet Et_Line de tipo 10/100 BT y de otros elementos de acoplamiento de tipo Ethernet (acoplador Et-coupler, puerto Et_Port) a la interfaz MOD1.

5 Naturalmente, también se pueden tener en cuenta otros puertos físicos de comunicación a la interfaz MOD1, como el que se representa por un enlace UART Link de tipo RS232 o por otros enlaces de tipo Ethernet o PLC. En el sentido de la invención, se recomienda principalmente el empleo de enlaces o de partes / pares conductores dedicados exclusivamente a la técnica PLC hacia una misma red de tipo PLC (por ejemplo, a lo largo del vehículo), pero las partes ya existentes y de otro tipo (y si es posible de longitudes cortas o poco expuestas a perturbaciones) seguirán siendo utilizadas por lo menos entre un controlador o un ejecutor de aplicación de comando y una interfaz de comando. Como prevé la tecnología PLC todos los enlaces o pares conductores dedicados a la técnica PLC no necesitan obligatoriamente la presencia de corriente de alimentación. Por otra parte, por lo menos una parte de uno de los enlaces (CPL1, CPL2) podría ser una conexión eléctrica de alimentación ya instalada en el vehículo por un elemento de red de comunicación. También se informa que a la salida del lado PLC "côté CPL" del transformador de acoplamiento CPL_coupler, se prevén los atenuadores de baja atenuación (máximo unos dB), por ejemplo, por medio de una red de resistencias / impedancias dispuestas o distribuidas en serie con los dos enlaces CPL1, CPL2. Estos mejoran la calidad del transformador de acoplamiento CPL_coupler en el sentido de que se evita que un cortocircuito inesperado, por ejemplo a la salida del transformador de acoplamiento o en los enlaces CPL1, CPL2, corte todas las señales en los dos tipos de pares CPL1, CPL2 de conductores. Esto también se aplica si una distribución de la impedancia al puerto de comunicación por medio de la resistencia de adaptación de línea a nivel de la interfaz de comunicación es insuficiente o inutilizable. En este sentido también son posibles otras soluciones:

- 25 - se asegura que los transformadores de acoplamiento presenten una impedancia en serie que sea suficiente para evitar que un cortocircuito local corte la señal sobre las dos redes,
- los hilos en derivación (ver STUB en la Fig. 3) de una red tipo PLC tienen una longitud mínima de aproximadamente 20 cm, lo que asegura una impedancia suficiente en el caso de un cortocircuito de la interfaz MOD1 o de un enlace CPL1 o CPL2,
- 30 - de la misma manera, en lugar de añadir atenuadores, también se puede considerar utilizar como impedancia - serie la resistencia de adaptación de línea que normalmente ya está presente en el seno de la interfaz de comunicación MOD1 tal como un módem; por lo tanto, es suficiente con desplazar esta impedancia distribuyéndola en cada una de las dos conexiones CPL1, CPL2 a la red de tipo PLC. Este aspecto de la invención permite, por lo tanto, poder obtener una arquitectura simple de red de tipo PLC de alta disponibilidad resistente a las averías, utilizando las propiedades de la capa física PLC. Además, esta nueva arquitectura tiene la ventaja de crear una redundancia pasiva a cada conexión de una red interna al vehículo, en general materializada por al menos un par de enlaces de tipo PLC embarcados y dispuestos a lo largo del vehículo, los cuales vienen a conectarse en derivación a cada par de enlaces CPL1, CPL2 de la figura 1, los dos pares CPL1, CPL2 de la red están conectados en paralelo. Esta solución evita la necesidad de un empalme doble de los hilos redundantes que tiene la doble desventaja de duplicar el número de interfaces, como por ejemplo módems, y de complicar la gestión del direccionamiento lógico (por ejemplo, 2 direcciones IP por controlador).

45 Por lo tanto, un ejemplo ventajoso de la técnica propuesta se basa principalmente en:

- un soporte constituido por dos pares "cobre" en paralelo,
- un nuevo dispositivo que permite unir cada una de las interfaces de comunicación a los dos pares "cobre" en paralelo, a la vez que garantiza entre estos un acoplamiento suficientemente bajo. El objeto es tener a nivel de cada interfaz de comunicación no solo una sino dos conexiones para la capa física,
- 50 - según la invención, son posibles varios esquemas de realización, pero aquí solo se proponen las soluciones más simples que usan solo componentes pasivos.

Por ejemplo, una posibilidad de doble conexión de la interfaz de comunicación MOD1 a una red de tipo PLC se puede lograr simplemente:

- 55 - o disponiendo de un tercer enrollamiento separado (como puede ser una tercera bobina conductora en derivación saliente de un transformador clásico de dos bobinas) sobre el transformador de acoplamiento CPL_coupler al puerto de cada interfaz MOD1 y respectivamente conectado a uno de los enlaces CPL1, CPL2,
- 60 - o disponiendo de un primer transformador de salida y luego de un segundo transformador de salida en cada interfaz MOD1, respectivamente conectados a uno de los enlaces CPL1, CPL2,
- o no modificando la interfaz MOD1 sino insertando un circuito adaptador entre la interfaz MOD1 y los dos enlaces de red de tipo PLC. Este circuito adaptador puede formarse simplemente por un transformador con tres enrollamientos separados (o cualquier otro esquema equivalente que use dos transformadores).

Para la conexión de una interfaz de comunicación a la red de tipo PLC del sistema de comunicación adaptado al vehículo PLC, la invención también recomienda el empleo de transformadores o enrollamientos separados para otros motivos, en particular:

- 5 - para evitar que un cortocircuito en tierra o en otro de uno de los pares conductores repercuta en el otro,
- para poder agregar señales eléctricas eventualmente distintas (como puede ser por medio de alimentaciones, por ejemplo, superpuestas) o señales de comando diferentes sobre los dos pares conductores. Para este fin, por lo menos para uno de los enlaces CPL1, CPL2, se coloca un condensador en serie con un arrollamiento de salida del transformador de acoplamiento, con el fin de no cortocircuitar las bajas frecuencias eléctricas. Esto se representa en la figura 1 a la salida del transformador de acoplamiento CPL_coupleur,
- 10 - para dar la posibilidad de completar la invención por medio de un dispositivo para detectar averías. El objeto aquí es, por ejemplo, inyectar en cada par de conductores una señal continua (corriente o tensión) con el fin de determinar si existe una avería (corte o cortocircuito) en el seno de uno de los dos. De manera más general, la interfaz de comunicación MOD1, el controlador asociado y/o uno de los enlaces CPL1, CPL2 están unidos a un módulo de control de averías, como puede ser un inyector de corriente continua o un generador de tensión, situado aguas abajo de al menos uno de estos elementos y cuya corriente o tensión se puede medir aguas arriba de al menos uno de estos elementos.

De manera similar, los diodos de protección, tales como los diodos dispuestos en paralelo sobre cada uno de los pares conductores según la figura 1, pueden agregarse en paralelo a cada salida del interfaz de comunicación o de los enlaces / redes de tipo PLC.

Para perfeccionar esta solución, la invención se podrá completar con la adición y creación de un mecanismo de autocontrol de las interfaces de comunicación (módems) con el fin de que cualquier módem en emisión permanente después de una avería se pueda desconectar automáticamente.

La figura 2 ilustra, según el principio de la figura 1, un sistema de comunicación adaptado a un vehículo y que comprende una red de comunicación entre por lo menos dos interfaces de comunicación MOD1, MOD2 respectivamente unidas a un primer controlador CTRL1 que gestiona o genera una aplicación de comando y a un segundo controlador CTRL2 que aquí ejecuta la misma aplicación de comando, y para el cual las interfaces de comunicación poseen como controlador por lo menos un puerto de comunicación físico, a partir del cual es posible un enlace de comunicación entre las dos interfaces. Para una transmisión de aplicación de comando entre las dos interfaces de comunicación, el enlace de comunicación es de tipo PLC ("Power Line Communications") que consta por lo menos de dos enlaces eléctricamente conductores CPL1, CPL2 conectados a cada uno de los puertos de comunicación respectivos, por medio de al menos un transformador de acoplamiento CPL_coupleur. Este dispositivo simple de comunicación permite probar los rendimientos de conmutación y de transmisión de dos enlaces CPL1 y CPL2 de tipo PLC, por ejemplo para diferentes longitudes de transmisión L1, L2. Este dispositivo de prueba permitió medir, en particular para una longitud elevada L1, una banda que pasa sobre el enlace CPL1 del orden de 30 Mb/s para 300m y de 10 Mb/s hasta un kilómetro, adaptado de este modo por ejemplo, a un tren de longitud variable como a un enlace entre dos trenes no acoplados sobre un trayecto o bien entre un vehículo y los elementos de comunicación de una red en tierra que pueden estar separados dependiendo de los rendimientos del sistema de tipo PLC. Por supuesto, una red de tipo PLC se puede utilizar en una configuración de múltiples puntos y por lo tanto, más de dos interfaces de comunicación, como MOD1, MOD2, pueden comunicarse al proporcionarlas en derivación de dos canales "centrales" de tipo PLC que estarían ellos mismos, por ejemplo, dispuestos a lo largo de un tren. En este ejemplo de realización de un sistema de comunicación hay que tener en cuenta, que una alimentación eléctrica ALIM denominada "superpuesta" (que aquí proporciona una tensión UI de 48 V) se conecta aguas abajo del enlace CPL1 a la salida PLC de la primera interfaz de comunicación MOD1. Esta alimentación ALIM se puede completar con un dispositivo de prueba "Test / ALIM" del enlace CPL1 y/o puede servir de dispositivo de subalimentación "Test / ALIM" (y un convertidor DC / DC sobre 5V) para la segunda interfaz de comunicación MOD2, cuyo dispositivo está situado aguas arriba del enlace CPL1. Gracias al dispositivo de la figura 2 utilizado como banco de prueba, se ha podido medir que la red entre los controladores CTRL1, CTRL2 es resistente a las conexiones cortadas, cruzadas o en cortocircuito a nivel de por lo menos uno de los enlaces CPL1, CPL2. Esta gran robustez permite prever la realización de una red de alta disponibilidad tolerante a las averías realizada con este tipo de conexión tipo PLC en redundancia pasiva. Esta solución evita la necesidad de la doble adhesión física de un puerto de comunicación sobre hilos redundantes, que tiene la desventaja de duplicar el número de interfaces o de puertos físicos.

La figura 3 muestra un posible ejemplo de realización de un sistema de comunicación que consta de varios subsistemas según la invención:

- 60 - un sistema de comunicación embarcado en un primer vehículo TRAIN1 o un sistema de comunicación embarcado en un segundo vehículo de tipo tren TRAIN2,

- un sistema de comunicación entre dos vehículos acoplados, como pueden ser los vagones del segundo vehículo tipo tren TRAIN2,

5 - un sistema de comunicación entre los vehículos o trenes TRAIN1, TRAIN2 a través de catenarias, de vías férreas, un dispositivo de radio (antena) y/o una red intermedia terrestre.

El vehículo TRAIN1 consta de tres interfaces de comunicación MOD1, MOD2, MOD3 y de dos módulos de transmisión de radiofrecuencia ANT. La primera interfaz MOD1 está unida según la invención a un enlace de tipo PLC que es interno al vehículo TRAIN1. La misma primera interfaz MOD1 contiene también otros dos puertos físicos, uno hacia uno de los módulos de transmisión de radiofrecuencias ANT para una transmisión de radio y el otro unido a un cable Ethernet Et_Line, él mismo conectado a un puerto físico de la segunda interfaz MOD2 como puede ser a título opcional según la figura 2. El mismo enlace Ethernet Et_Line también está conectado a través de un conmutador (switch) de tipo Ethernet, no representado, a la tercera interfaz MOD3, que tiene un puerto de comunicación suplementario de tipo PLC según la invención, lo que permite una transmisión de señales PLC hacia los carriles ferroviarios CPL_RAIL (con adaptación para la transmisión de tipo PLC según la invención) o de los cables en tierra CPL_WAYSIDE de señalización ferroviaria del tipo PLC en dirección o a través de una red de comunicación en tierra o del otro tren TRAIN2. La segunda interfaz MOD2, además de su puerto de tipo Ethernet, posee también un puerto hacia el segundo módulo ANT de transmisión de radiofrecuencia o WiFi así como un puerto de comunicación de tipo PLC según la invención, que por lo tanto puede unirse a través de un transformador de acoplamiento a las catenarias CPL_CAT de las vías ferroviarias CPL_WAYSIDE con el fin de permitir un enlace al otro vehículo TRAIN2 o a una red en tierra. En este ejemplo de realización, los dos vehículos TRAIN1, TRAIN2 por lo tanto tienen tres tipos diferentes de conexiones, entre las cuales dos son de tipo PLC, que asegura una disponibilidad, una mayor resistencia a las perturbaciones del medioambiente, una doble redundancia y ningún esfuerzo de conmutación en el caso de defecto de transmisión.

Del mismo modo, el tren TRAIN2 con dos vagones o vehículos contiguos consta por lo menos de dos enlaces CPL1, CPL2 "centrales" y dispuestos en paralelo a lo largo de los vehículos al pasar por el dispositivo de acoplamiento eléctrico (que el mismo puede ser de tipo PLC según la invención) entre los vehículos enganchados. Con la excepción de la interfaz de comunicación MOD5, todas las demás interfaces de comunicación MOD4, MOD6 en el primer vehículo y MOD7, MOD8 en el segundo vehículo, están unidas por los hilos STUB a los enlaces centrales CPL1, CPL2, lo que permite minimizar una perturbación sobre los enlaces CPL1, CPL2 si ha tenido lugar un cortocircuito a nivel de por lo menos una interfaz de comunicación. La interfaz MOD5 del segundo TRAIN2 representa un puente Ethernet- CPL, como la tercera interfaz MOD3 del primer tren TRAIN1 descrito anteriormente, el enlace Ethernet es interno al vehículo TRAIN2 y el enlace PLC es dirigido hacia el exterior del vehículo. La interfaz MOD4 tiene cuatro puertos físicos, uno de tipo radiofrecuencia ANT y/o de tipo WiFi, uno de tipo Ethernet y dos puertos de tipo PLC según la invención (un puerto sobre un enlace CPL_CAT a través de catenarias y un puerto sobre el enlace central CPL1, CPL2). Si es necesario, se pueden realizar varias categorías de puentes entre los diferentes tipos, según las opciones de la interfaz de comunicación MOD4. Esto aumenta la posibilidad de redundancia o la velocidad de las comunicaciones o permite conmutar sobre enlaces forzados cuando otros están sobrecargados o no se pueden utilizar (sin catenarias, perturbaciones electromagnéticas intensas, túnel, barrera de transmisión aérea, etc.). La interfaz MOD6 tiene además de su puerto de tipo PLC según la invención, un puerto de comunicación hacia un enrutador ROUTER embarcado que puede gestionar el enrutamiento de datos de manera interna en el segundo tren TRAIN2, pero también al exterior del TRAIN2 con otro tren TRAIN1 o a una red en tierra que centraliza la comunicación con cada uno o entre cada uno de los medios de transporte TRAIN1, TRAIN2.

En resumen, el sistema de comunicación según la invención cubre ventajosamente por lo menos tres aspectos posibles adaptados a uno o más vehículos para los cuales:

45 a) las interfaces de comunicación, los controladores y/o por lo menos uno de los enlaces CPL1, CPL2 están embarcados en el vehículo, tal como un medio de transporte público TRAIN1 guiado, este es el caso para un tren de un solo vehículo de auto guiado.

50 b) el medio de transporte público TRAIN1 consta de una pluralidad de vehículos contiguos, cuyas redes de comunicación están acopladas por los enlaces intermedios CPL1, CPL2 de tipo PLC, por ejemplo a través de un acoplador eléctrico a nivel de un dispositivo de acoplamiento entre vehículos, a través de catenarias de alimentación eléctrica de los vehículos, por medio del contacto de los vehículos por lo menos con un carril de guiado, etc., o, a falta de o además de una red intermedia en tierra o aérea, gestionar la comunicación con cada uno de los vehículos. Este es el caso de un tren con varias unidades de vehículos acoplados.

55 c) por lo menos una parte de los enlaces CPL1, CPL2 entre dos interfaces de comunicación están embarcados respectivamente en el primer medio de transporte público TRAIN1 y en el segundo medio de transporte público TRAIN2,

60 - los dos medios de transporte TRAIN1, TRAIN2 están separados y son físicamente contiguos,

- la otra parte de los enlaces CPL1, CPL2 están constituidos por catenarias o carriles eléctricos entre los dos medios de transporte público TRAIN1, TRAIN2, a falta de o además de una red intermedia en tierra o aérea que gestiona la comunicación con cada uno de los medios de transporte público.

5 Este es el caso de dos trenes que se siguen sobre una vía, que pueden acoplarse y que tienen, respectivamente, por lo menos una unidad de vehículo.

La figura 4 presenta un ejemplo de un sistema de comunicación adaptado a un vehículo para una comunicación vehículo – tierra según la invención y en funcionamiento por defecto, es decir sin fallos de transmisión. Los controladores OBCU1, OBCU2 (u ordenadores, unidades de comando o ejecución, usuarios finales “end users” como teléfonos móviles, cámaras u otros aparatos multimedia, etc.) están unidos a los enlaces centrales CPL1, CPL2 de tipo PLC de un tren a través de su interfaz de comunicación respectiva MOD1, MOD2 según la invención. Un enlace físico (por ejemplo, de tipo Ethernet) entre el controlador OBCU1 y la interfaz de comunicación MOD1 con dos puertos lógicos a, b constan respectivamente de una dirección IP y de los datos de enrutamiento. Por ejemplo, los globos de referencia del enrutamiento en la figura 4 deben de entenderse de la siguiente manera, sobre el ejemplo de un mensaje B de datos enviados del vehículo a tierra cuyas características son:

- destino hacia un servidor en tierra ZC1: Dest = ZC1,
- fuelle del puerto b del controlador OBCU1: Src = OBCU1, b (Src, de la palabra francesa source)
- ruta vía el enrutador embarcado RT1F2: Gw = RT1F2

Analógicamente, los datos del controlador OBCU1 se tienen también que transmitir sobre el puerto lógico a vía un segundo enrutador RT1F1 hasta el servidor terrestre ZC1. Los dos enrutadores embarcados RT1F1, RT1F2 también están acoplados a los enlaces embarcados CPL1, CPL2 de tipo PLC según la invención y, por lo tanto, pueden recibir los datos de las interfaces de comunicación MOD1, MOD2 bajo un único tipo de transmisión, es decir ventajosamente el tipo PLC según la invención. Los enrutadores embarcados RT1F1, RT1F2 se encargan de transmitir a continuación los datos de los dos puertos lógicos a, b hacia los emisores (/receptores/) de radiofrecuencia embarcados WC1F1, WC1F2 que tienen en este ejemplo radiofrecuencias de emisión distintas F1, F2 con vistas a una comunicación redundante hacia la red terrestre. Las radiofrecuencias F1, F2 no deben de ser necesariamente distintas.

El principio de transmisión por vía tipo PLC es el mismo para un segundo controlador OBCU2 o para cualquier otro controlador embarcado hasta los enrutadores embarcados RT1F1, RT1F2. Los enrutadores embarcados RT1F1, RT1F2 pueden, sin embargo redirigir los datos a transmitir a la red terrestre vía los transmisores (/receptores/) suplementarios WC2F1, WC2F2 de tipo radiofrecuencia adaptados a las radiofrecuencias de emisión F1, F2 distintas (o no), según un algoritmo de elección del mejor cliente para cada frecuencia. Una transmisión bidireccional entre el vehículo y la tierra es posible sobre cada una de las frecuencias F1, F2 y/o a través de los dos puertos a, b. Por lo tanto, los puertos de comunicación de los enrutadores embarcados o de las interfaces de comunicación son los puertos de entrada y de salida.

El sistema de comunicación según la invención se extiende así hasta tierra en forma de una red o de un conjunto de subredes Grappe 1, Grappe 2, RG1F1, RG1F2, etc., que también tienen las interfaces de comunicación MOD3, MOD4 unidas mediante los enlaces CPL3, CPL4 de tipo PLC dispuestos en tierra, es decir, en una red de comunicación en tierra, Grappe 1, Grappe 2, RG1F1, RG1F2, etc., permiten una comunicación por radio (por ejemplo de tipo WLAN) suplementaria con los equipos embarcados en el vehículo, a través del dispositivo redundante que comprende los dos enrutadores embarcados RT1F1, RT1F2 con transmisión / recepción de tipo redundante.

De esta forma, se lleva a cabo una comunicación por lo menos entre el primer controlador OBCU1 y la interfaz de comunicación asociada MOD1, los dos embarcados en el vehículo, y por lo menos un segundo controlador RG1F1, RG1F2, ZC1U1, etc. y una interfaz de comunicación asociada MOD3, MOD4, las dos dispuestas en la segunda red de comunicación terrestre. Por supuesto, los elementos de transición están previstos como puntos de acceso AP1F1, AP1F2, AP2F1, AP2F2, ... ; AP4F1, AP4F2, AP5F1, AP5F2, ... de tipo WLAN y están espaciados a lo largo del trayecto del tren en tierra para recibir o emitir las señales de radiofrecuencia a / desde tierra y que, por medio de las interfaces de comunicación MOD3, MOD4, están unidas a una subred Grappe 1, Grappe 2, ... que comprende los enlaces CPL3, CPL4 de tipo PLC según la invención. Los pares de puntos de acceso AP1F1, AP1F2, AP2F1, AP2F2, ... ; AP4F1, AP4F2, AP5F1, AP5F2, ... constan, respectivamente, de un canal de transmisión / recepción con radiofrecuencia F1 y de un canal de transmisión / recepción con la otra radiofrecuencia F2.

Por lo tanto, la interfaz de comunicación embarcada MOD1 está unida ventajosamente por lo menos a una interfaz de comunicación MOD3, MOD4 mediante dos enlaces L1, L2, cada uno consta de una parte de tipo PLC a bordo del vehículo y de otra parte de tipo PLC en tierra y una parte aérea para una radiotransmisión entre vehículo y tierra.

Los puntos de acceso AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2 están unidos a la red terrestre a través de la segunda parte de los enlaces CPL3, CPL4 de tipo PLC que lleva a los puertos de dos enrutadores terrestres RG1F1, RG1F2 a través de las interfaces de comunicaciones MOD3, MOD4 según la invención y dispuestos también en tierra. Los puntos de acceso AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2, constan, respectivamente de un canal de transmisión / recepción de tipo radiofrecuencia con uno de los emisores / receptores de radio embarcados WC1F1,

WC1F2; WC2F1, WC2F2. Cada uno de los dos enrutadores distintos RG1F1, RG1F2 dispuestos en tierra tienen por lo menos un puerto físico y por lo menos dos puertos lógicos, a fin de que, a través de su interfaz de comunicación MOD3, MOD4, estén en comunicación con cada punto de acceso AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2. Los enrutadores en tierra RG1F1, RG1F2 ofrecen además dos puertos físicos unidos a un enrutador central RR de una red redundante de tipo de transmisión óptica en tierra, conectado él mismo al segundo controlador ZC1.

Es importante tener en cuenta que la invención en su conjunto aporta un aspecto de redundancia muy ventajoso ya que cualquier enlace entre un controlador y su interfaz de comunicación puede hacerse por al menos un puerto físico y por al menos dos puertos lógicos, compuesto por ejemplo de dos direcciones IP y de los datos de enrutamiento, para tener por defecto por lo menos dos pasarelas de comunicación vehículo - tierra sobre cada uno de los dos enrutadores distintos RT1F1, RT1F2 o, por defecto, dos pasarelas embarcadas de comunicación vehículo - vehículo. Por lo tanto, no es necesario ningún conmutador físico en el puerto de comunicación de la interfaz porque la redundancia lógica en un soporte físico asegura de forma continua y por lo menos un desdoblamiento físico posible a partir de la salida de la interfaz de comunicación y de su transformador de acoplamiento.

La figura 5 presenta el sistema de la figura 4 con un caso de avería del enrutador embarcado RT1F1 (destinado a enrutar una comunicación a la radiofrecuencia F1 desde la interfaz MOD1 o el puerto lógico a de su controlador OBCU1embarcado hacia el servidor en tierra ZC1). Este fallo también podría provenir del enrutador en tierra RG1F1 correspondiente a la radiofrecuencia F1. En este caso, los enrutadores embarcados RT1F2 en el vehículo y aquellos en tierra RG1F2 en modo nominal de enrutamiento de paquetes sobre una red de tipo WLAN en la otra radiofrecuencia F2 se ocupan del enrutamiento de paquetes sobre redes de tipo WLAN previstas en las dos radiofrecuencias F1, F2 (aviso: las dos radiofrecuencias F1, F2 podrían sin embargo ser idénticas). Aquí, el mensaje procedente del segundo puerto lógico en el que se detecta un fallo de orden físico sobre su enrutador por defecto, entonces directamente se "reenruta" a nivel del enlace PLC embarcado según la invención, hacia un enlace físico intacto, por ejemplo, el enlace hasta el enrutador embarcado RT1F2 donde el otro puerto lógico utilizado se transmite sin perturbación. A continuación, el enrutador RT1F1 orientará, como para la figura 4, la señal que hay que transmitir perturbada según sus datos lógicos hacia el emisor / receptor de radio WC1F2 deseado. El enrutamiento sin perturbación de la señal que sigue al primer puerto lógico no ha cambiado. Por lo tanto, en caso de avería en el vehículo, es muy posible un nuevo enrutamiento interno al vehículo de tipo PLC según la invención, de manera que es ventajosamente transparente para el controlador OBCU1, sin que el enrutamiento (físico) hacia el exterior del vehículo se cambie, porque este nivel de transmisión, ya está garantizado de forma lógica. Esto evita así modificar toda la configuración de enrutamiento de las redes y subredes, en particular por vía aérea hasta tierra en este ejemplo donde la avería proviene del vehículo. La redundancia de los puertos lógicos permite así un enrutamiento dinámico que minimiza los esfuerzos habituales de reconfiguración de los puertos físicos.

De manera más general, y en caso de avería del enrutador de a bordo RT1F2 y/o del enrutador en tierra RG1F2 que corresponde a uno de los dos enlaces de tipo radiofrecuencia (teniendo o no una radiofrecuencia común), los enrutadores de vehículo y tierra RT1F1, RG1F1 en el modo nominal de enrutamiento de paquetes sobre una red de tipo WLAN sobre el otro enlace intacto de tipo radiofrecuencia se hacen cargo de manera ventajosa del enrutamiento de paquetes sobre las redes de tipo WLAN previstas sobre los dos enlaces de tipo radiofrecuencia.

De la misma manera, un fallo en tierra ya no impone más reconfiguración total o por lo menos de la vía aérea y de la red del vehículo por medio del uso de desdoblamiento de la capa denominada lógica sin nueva conmutación por desdoblamiento no deseado de la capa denominada física en tierra gracias a los enlaces CPL3, PLC de tipo PLC según la invención.

Debido a su robustez, el sistema de comunicación presentado en la invención también podría adaptarse a un sistema que comprendería una red de comunicación puramente terrestre (sin la intervención de un vehículo), como para un edificio o para un lugar donde el entorno estaría por ejemplo, vinculado a perturbaciones severas y para el que se exige una gran fiabilidad de comunicación. Además del dominio de los transportes públicos de tipo terrestre (tren), marítimo (ferry) o aéreo (avión comercial), este sistema está adaptado para cualquier otro vehículo individual (coche, tractor con o sin remolque, avión privado, etc.).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de comunicación adaptado a un vehículo que consta de una red de comunicación entre por lo menos dos interfaces de comunicación (MOD1, MOD2) respectivamente unidas a un primer controlador (CTRL1) que gestiona una aplicación de comando y a un segundo controlador (CTRL2) que gestiona una aplicación de comando, y por el que las interfaces de comunicación poseen por controlador por lo menos un puerto de comunicación, a partir del cual es posible un enlace de comunicación, y para una transmisión de aplicación de comando entre las dos interfaces de comunicación, el enlace de comunicación es de tipo PLC ("Power Line Communications") que consta por lo menos de dos enlaces eléctricamente conductores (CPL1, CPL2) conectados a cada uno de los puertos de comunicación respectivos a través de al menos un transformador de acoplamiento (CPL_coupleur) caracterizado porque, cada enlace (CPL1 o CPL2) consta de un par de conductores eléctricos distintos.
- 10 2. Sistema según la reivindicación 1, por el que el par de conductores eléctricos distintos consta de un cableado para la señalización de transportes urbanos del tipo K23 que constan por lo menos de un cable de par trenzado y eventualmente de un blindaje.
- 15 3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, por el que el transformador de acoplamiento presenta una distribución en impedancia entre los enlaces (CPL1, CPL2) de manera que si uno de los enlaces es defectuoso, el otro enlace asegura la transmisión de la aplicación de comando.
4. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que los enlaces (CPL1, CPL2) están conectados por pares conductores exclusivamente dedicados a la técnica PLC sin presencia de corriente de alimentación.
- 20 5. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que por lo menos una parte de uno de los enlaces (CPL1, CPL2) es una conexión eléctrica de alimentación de un elemento de la red de comunicación.
6. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que el transformador de acoplamiento está compuesto por al menos un tercer enrollamiento conductor unido a uno de los enlaces (CPL1, CPL2).
- 25 7. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que el transformador de acoplamiento está compuesto por dos transformadores eléctricos respectivamente conectados a uno de los enlaces (CPL1, CPL2).
8. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que el transformador de acoplamiento tiene una impedancia en serie y/o una inductancia de fuga mínima.
- 30 9. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que, si una distribución de la impedancia a un puerto de comunicación por medio de la resistencia de adaptación de línea a nivel de la interfaz de comunicación es insuficiente o inutilizable, por lo menos un atenuador está dispuesto entre los dos enlaces (CPL1, CPL2) y el puerto de comunicación, como puede ser una red de resistencia cuya atenuación es del orden de algunos decibelios.
10. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que los dos enlaces (CPL1, CPL2) contienen frecuencias portadoras eléctricas distintas y/o transmiten señales de comando diferentes.
- 35 11. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que por lo menos para uno de los enlaces (CPL1, CPL2) un condensador está colocado en serie con un arrollamiento de salida del transformador de acoplamiento, con el fin de superponer diversas corrientes de los portadores eléctricos y una alimentación de baja frecuencia o en corriente continua.
- 40 12. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que la interfaz de comunicación, el controlador y/o uno de los enlaces (CPL1, CPL2) están unidos a un módulo de vigilancia de averías, como un inyector de corriente continua, o un generador de tensión colocado aguas abajo de por lo menos uno de estos elementos y en el que la corriente o la tensión, se pueden medir aguas arriba de por lo menos uno de estos elementos.
13. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que las interfaces de comunicación, los controladores y/o por lo menos uno de los enlaces (CPL1 o CPL2) están a bordo del vehículo, como por ejemplo un medio de transporte público (TRAIN1).
- 45 14. Sistema según la reivindicación 13, por el que el medio de transporte público (TRAIN1) consta de varios vehículos contiguos, cuyas redes de comunicación están acopladas a través de enlaces intermediarios (CPL1, CPL2) de tipo PLC, por ejemplo a través de un acoplador eléctrico al nivel de un dispositivo acoplado entre vehículos, a través de catenarias de suministro eléctrico a vehículos, a través de un contacto de los vehículos por lo menos con un carril de guiado, etc. o a falta de o además de una red intermediaria en tierra o aérea que gestiona la comunicación con cada uno de los vehículos.
- 50

15. Sistema según la reivindicación 13 o 14, por el que:
- por lo menos una parte de los enlaces (CPL1, CPL2) entre dos interfaces de comunicación se embarca respectivamente en el primer medio de transporte público (TRAIN1) y el segundo medio de transporte público (TRAIN2),
- 5 - los dos medios de transporte (TRAIN1, TRAIN2) están separados y son físicamente contiguos,
- la otra parte de los enlaces (CPL1, CPL2) está constituida por catenarias o por carriles eléctricos entre los dos medios de transporte público (TRAIN1, TRAIN2), a falta de o además de una red intermediaria en tierra o aérea que gestiona la comunicación con cada uno de los medios de transporte público.
16. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes,
- 10 por el que las interfaces de comunicación (MOD3, MOD4) unidas por los enlaces (CPL3, CPL4) de tipo PLC están dispuestas en tierra, es decir, en una red de comunicación en tierra (Grappe 1, Grappe 2, RG1F1, RG1F2, etc.) que permite la comunicación de radio (WLAN) con los equipos embarcados en el vehículo a través de un dispositivo redundante que comprende dos enrutadores embarcados de transmisión / recepción de tipo redundante.
17. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes,
- 15 por el que:
- por lo menos el primer controlador (OBCU1) y la interfaz de comunicación (MOD1) asociada están embarcados en el vehículo y por lo menos un segundo controlador (RG1F1, RG1F2, ZC1U1, etc.) y una interfaz de comunicación (MOD3, MOD4) asociada están dispuestos en una segunda red de comunicación en tierra,
 - la interfaz de comunicación embarcada (MOD1) está unida por lo menos a una interfaz de comunicación (MOD3, MOD4) a través de dos enlaces (L1, L2) que comprenden respectivamente una parte (CPL1, CPL2) de tipo PLC a bordo del vehículo y una otra parte (CPL3, CPL4) del tipo PLC en tierra y una parte aérea para una radiotransmisión entre el vehículo y la tierra.
- 20
18. Sistema según la reivindicación 17, por el que, la interfaz de comunicación (MOD1) embarcada está unida a través de una primera parte de enlaces (CPL1, CPL2) a dos enrutadores del vehículo (RT1F1, RT1F2) que transmiten y/o reciben los datos hacia la tierra o de la tierra a través de por lo menos dos emisores / receptores de radio a bordo (WC1F1, WC1F2; WC2F1, WC2F2) que tienen o la misma radiofrecuencia o dos radiofrecuencias distintas (F1, F2).
- 25
19. Sistema según la reivindicación 19, por el que un enlace entre un controlador y su interfaz de comunicación (MOD1) se realiza por lo menos por un puerto físico y por lo menos por dos puertos lógicos, que contienen, por ejemplo, dos direcciones IP y los datos de enrutamiento para tener por defecto, dos pasarelas de comunicación de vehículo - tierra o de vehículo - vehículo sobre cada uno de los dos enrutadores distintos (RT1F1, RT1F2) y embarcados.
- 30
20. Sistema según la reivindicación 18 a 19, por el que:
- los pares de puntos de acceso de tipo emisor / receptor de radio (AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2) se distribuyen en tierra a lo largo de la trayectoria del vehículo y comprenden respectivamente un canal de transmisión / recepción de tipo radiofrecuencia con uno de los emisores / receptores de radio a bordo (WC1F1, WC1F2, WC2F1, WC2F2),
 - los puntos de acceso (AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2) están unidos a tierra a través de una segunda parte de enlaces (CPL3, CPL4) de tipo PLC que conduce a los puertos de dos enrutadores (RG1F1, RG1F2) dispuestos en tierra, ellos mismos tienen dos puertos unidos a la segunda interfaz de comunicación (MOD2) del segundo controlador (ZC1U1) a través de un enrutador central (RR) en tierra.
- 35
- 40 21. Sistema según una de las reivindicaciones 17 a 20, por el que, en caso de una avería del enrutador embarcado (RT1F2) y/o del enrutador en tierra (RG1F2) que corresponde a uno de los dos enlaces de tipo radiofrecuencia, los enrutadores en el vehículo y en tierra (RT1F1, RG1F1) en el modo nominal de enrutamiento de paquetes sobre una red de tipo WLAN sobre el otro enlace intacto de tipo radiofrecuencia se hacen cargo del enrutamiento de paquetes sobre las redes de tipo WLAN previstas en los dos enlaces de tipo radiofrecuencia.
- 45 22. Sistema según una de las reivindicaciones 20 a 21, por el que, cada uno de los dos enrutadores distintos (RG1F1, RG1F2) dispuestos en tierra tienen por lo menos un puerto físico y por lo menos dos puertos lógicos de manera que estén, vía su interfaz de comunicación (MOD3, MOD4) en comunicación con cada punto de acceso (AP1F1, AP1F2; AP2F1, AP2F2; AP3F1, AP3F2).

23. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que, las interfaces de comunicación (MOD1, MOD2, MOD3, MOD4) están unidas a los enlaces (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4) de tipo PLC a través de los hilos de derivación (STUB) que permiten minimizar una perturbación sobre los enlaces (CPL1, CPL2, CPL3, CPL4) si tiene lugar un cortocircuito a nivel de por lo menos una interfaz de comunicación.
- 5 24. Sistema según una de las reivindicaciones precedentes, por el que, un dispositivo de autocontrol de las interfaces de comunicación (MOD1, MOD2, MOD3, MOD4) neutraliza, en el puerto de comunicación en cuestión, una emisión permanente de datos parasitarios en caso de fallo de la interfaz de comunicación.

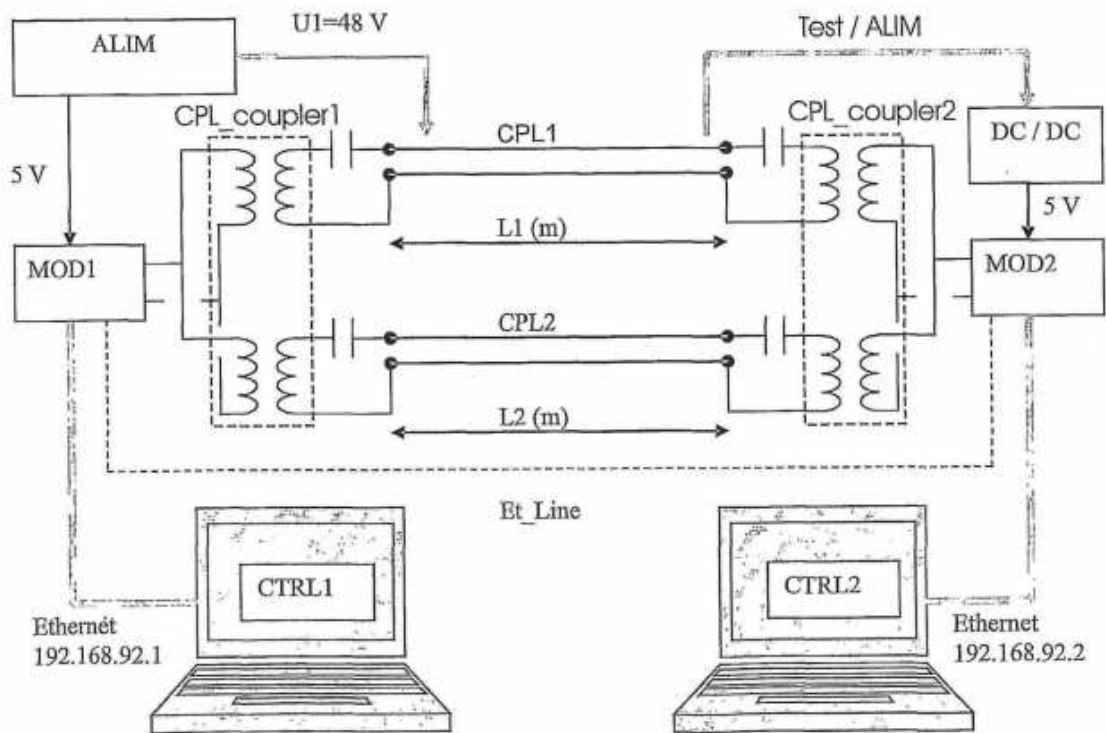
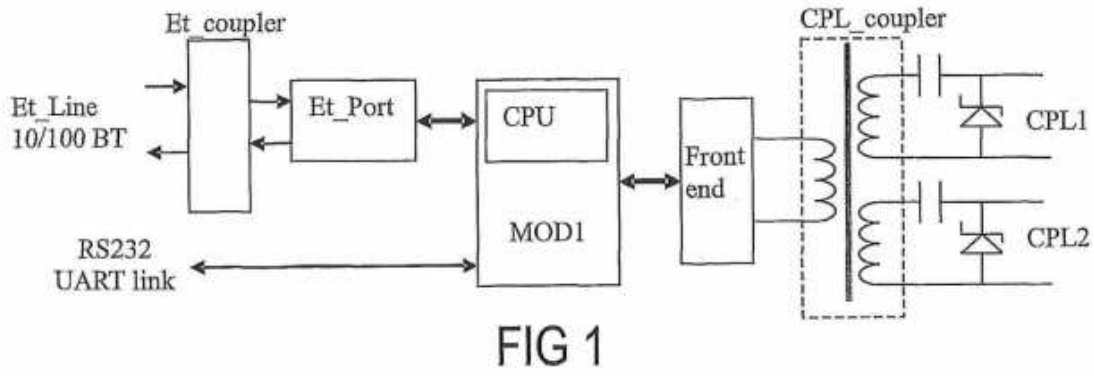


FIG 2

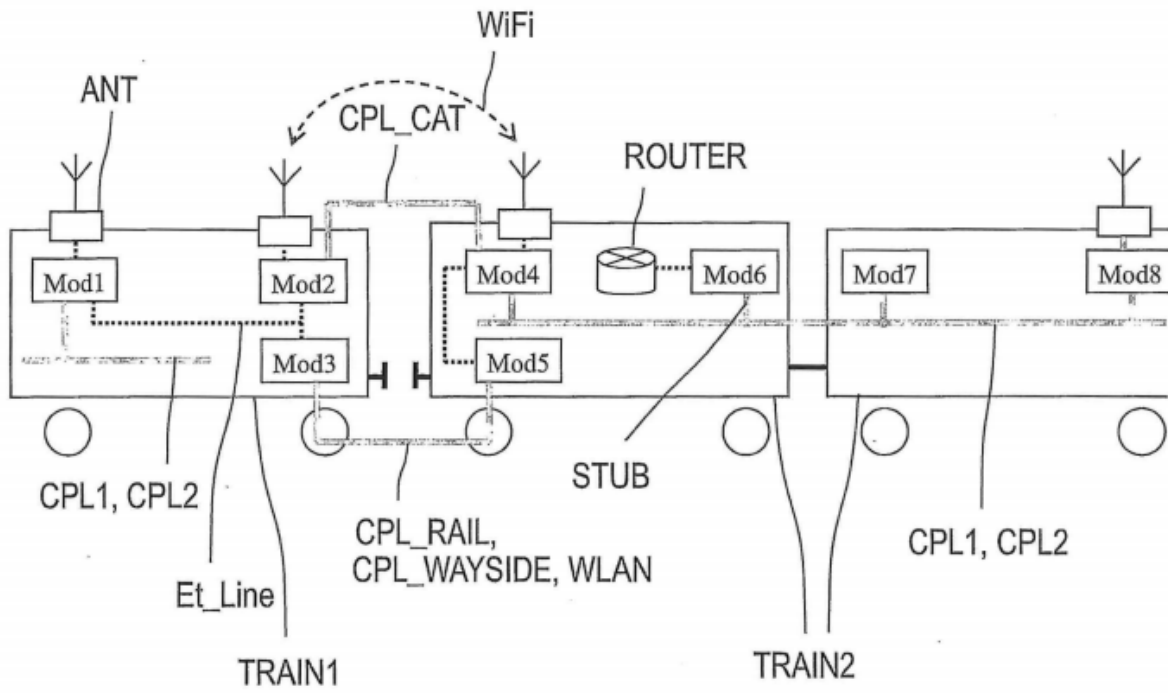


FIG 3

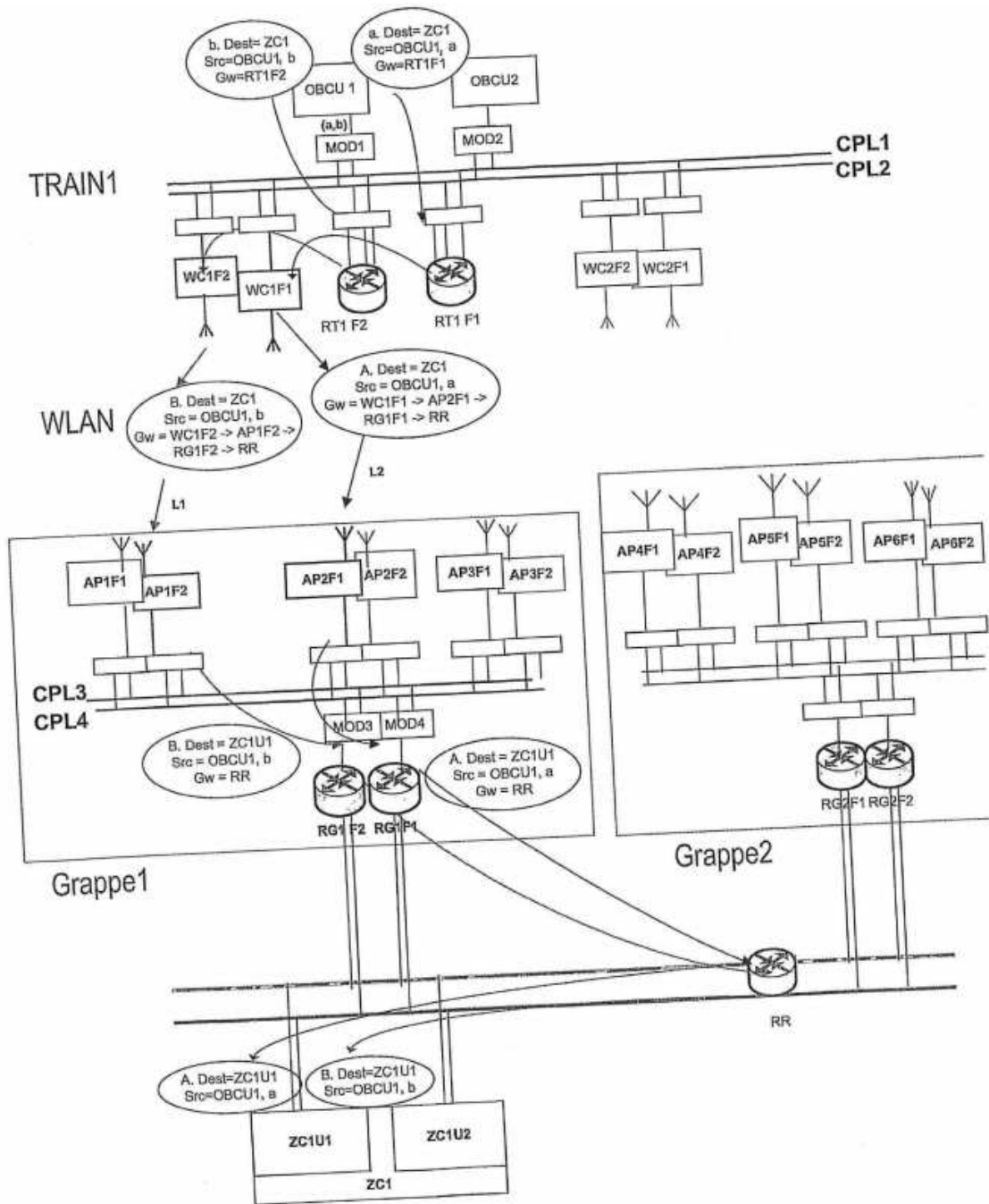


FIG 4

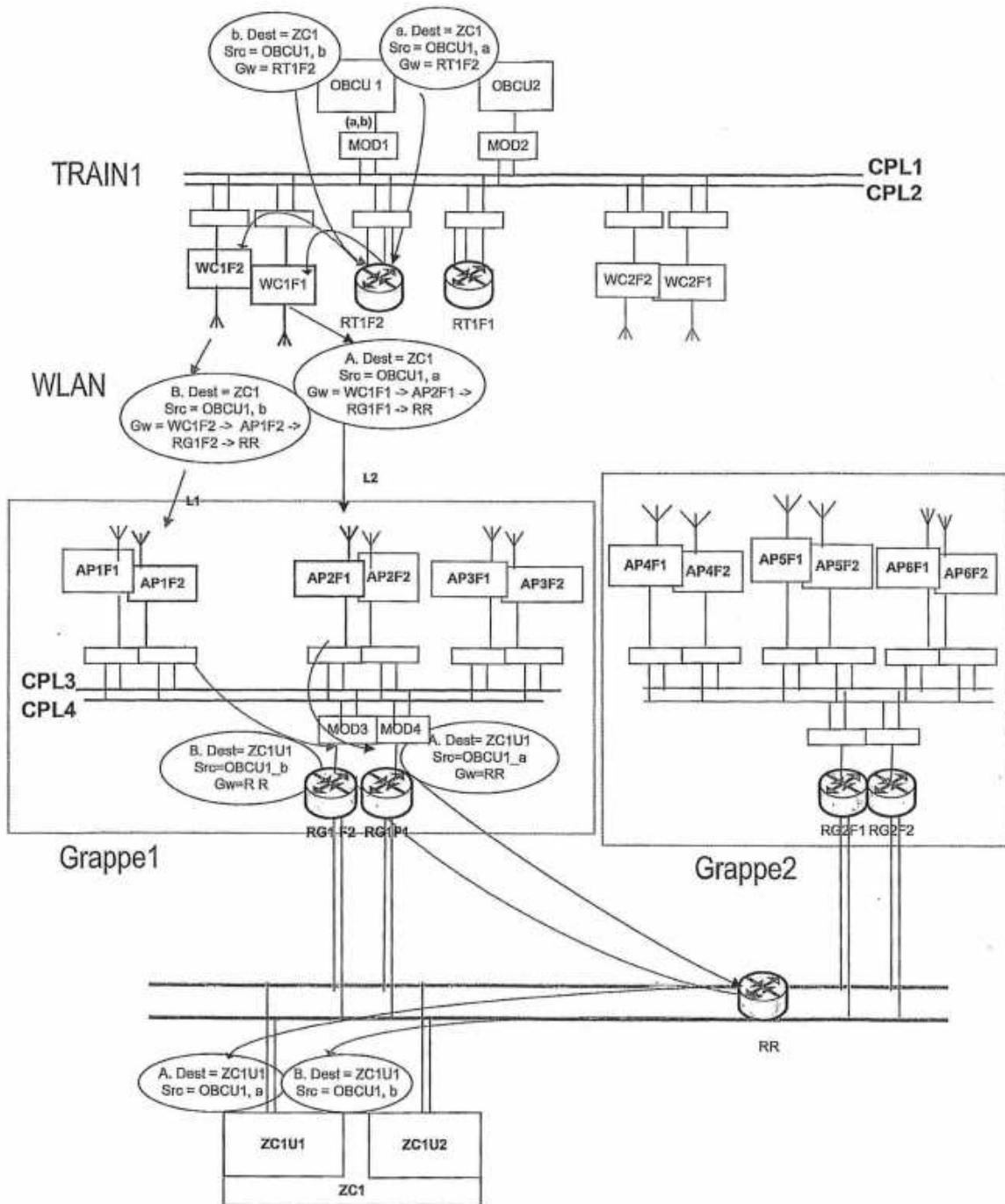


FIG 5