

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 183**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/70** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2009 PCT/FR2009/050062**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2009 WO09092973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2009 E 09704208 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2235890**

54 Título: **Sistema de comunicación IP entre el suelo y un vehículo**

30 Prioridad:

**16.01.2008 FR 0850252**

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

**19.10.2017**

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)  
3, AVENUE ANDRÉ MALRAUX  
92300 LEVALLOIS-PERRET, FR**

72 Inventor/es:

**MENACEUR, DJAMIL-FAYÇAL y  
RUFFOLO, FRANK**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

**ES 2 638 183 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 comunicación IP entre el suelo y un vehículo

5 **[0001]** La invención tiene como campo el de la comunicación IP entre un ordenador en tierra y un ordenador embarcado a bordo de un vehículo terrestre tal como un tren, un tranvía, un metro, un automóvil o equivalente.

**[0002]** Para el intercambio de datos entre un ordenador fijo, en tierra y un ordenador portátil, embarcado a bordo de un vehículo, se conoce, por el documento WO 2005/022839 A1, una arquitectura que utiliza una  
10 infraestructura de comunicación intermedia apta para establecer una conexión inalámbrica con una pasarela móvil, embarcada a bordo del vehículo y a la que está conectada el ordenador portátil. La infraestructura de comunicación consta de una pluralidad de estaciones de base. Cada estación de base puede establecer una conexión inalámbrica con la pasarela móvil gracias a unos medios de comunicación radio cuando el vehículo se encuentra en el interior de la célula de cobertura de dicha estación de base. Las diferentes estaciones de base se agregan entre sí y se  
15 conectan por medio de una pasarela intermedia («Foreign Agent») a una red IP. Una vez que se establece la conexión inalámbrica, la pasarela intermedia atribuye a la pasarela móvil una dirección IP en la red IP y constituye, por lo tanto, un punto de acceso a la red IP. La arquitectura conocida consta igualmente de una pasarela principal que permite asegurar el enrutamiento de los datagramas IP con destino al ordenador portátil hacia la pasarela intermedia adaptada. En comunicación ascendente, un datagrama IP se dirige directamente hacia el ordenador fijo.

20 **[0003]** En esta arquitectura conocida, solo existe una única pasarela intermedia para todas las estaciones de base de una misma infraestructura de comunicación. Es la pasarela intermedia la que configura la capa lógica de la conexión entre la pasarela intermedia y la pasarela móvil a cada nueva conexión inalámbrica. El aspecto temporal del paso de una célula a otra de la misma infraestructura no es una limitación en esta arquitectura, cuyos  
25 rendimientos se reducen.

**[0004]** Por otro lado, los medios de comunicación radio que equipan una estación de base solo tienen un alcance reducido que cubra una zona geográfica elemental o célula. Así, como yuxtaposición de estaciones de base, una infraestructura solo puede establecer conexión con un equipo móvil en una zona de cobertura bien delimitada  
30 correspondiente a las diferentes células.

**[0005]** Además, es posible que, en la zona de cobertura de una infraestructura, exista una zona de sombra donde la propagación de las ondas electromagnéticas se perturba o bloquea por la presencia de obstáculos entre la estación de base y el vehículo. Es por ejemplo el caso cuando un tren pasa bajo un túnel y cuando se corta la  
35 conexión con las estaciones de base de una infraestructura GSM.

**[0006]** Para paliar la existencia de zonas de sombra o bien el tamaño reducido de la zona de cobertura, se despliegan varias infraestructuras en tierra para recubrir el conjunto de la zona en el interior de la que el vehículo se debe desplazar. Por ejemplo, un equipo móvil que utilizaba una primera infraestructura GSM en un primer país, se  
40 conecta a una segunda infraestructura GSM disponible en un segundo país durante el paso de la frontera entre estos dos países.

**[0007]** En este documento, se dirá que dos infraestructuras de comunicación son de tecnologías diferentes cuando aplican unos protocolos de comunicación diferentes para la conexión inalámbrica (Wifi contra Wimax o Wifi  
45 contra GSM, por ejemplo).

**[0008]** La invención tiene por tanto como objeto mejorar los rendimientos de transferencia intercelular en el seno de una infraestructura de comunicación, a la vez que se autoriza igualmente una transferencia intercelular entre células de infraestructuras diferentes, para asegurar la continuidad de una comunicación entre un equipo fijo  
50 en tierra y un equipo móvil embarcado, durante el basculamiento entre dos células diferentes.

**[0009]** La invención tiene como objeto un sistema de comunicación IP entre un primer equipo informático fijo, en tierra, conectado a una primera red local y un segundo equipo informático móvil, embarcado a bordo de un  
vehículo de una pluralidad de vehículos, según la reivindicación 1.

55 **[0010]** La invención y sus ventajas se comprenderán mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia al dibujo anexo, en el que la figura 1 es una representación esquemática de la arquitectura según la invención. El sistema de comunicación es apropiado para establecer y mantener una comunicación bidireccional en el formato IP entre un primer equipo, fijo, en tierra, y

un segundo equipo móvil embarcado, a bordo de un vehículo cualquiera que pertenezca a una flota de vehículos.

**[0011]** El primer equipo es un ordenador 1 conectado a una primera red local 3 que es una red privada que pertenece al operador del tren 2. El segundo equipo, a bordo del tren 2, es un ordenador de control 4 conectado a diferentes sensores y a diferentes accionadores. El ordenador 4 está conectado a una segunda red local 21 a bordo del tren 2.

## RED GLOBAL

10 **[0012]** La comunicación entre los ordenadores 1 y 4 se realiza a través de una arquitectura que, a un nivel superior, constituye una red global en forma de árbol cuyo nodo raíz es un enrutador principal 5, conectado a la primera red 3 y los nodos de nivel más bajo son unos enrutadores móviles embarcados a bordo de los trenes. Cada tren de la flota consta de un enrutador móvil conectado a la segunda red del tren considerado. Entre el nodo raíz y el  
15 situado justo por encima de los nodos de nivel más bajo se denominarán enrutadores de base en lo sucesivo. Los enrutadores de base 11 a-c, 17 y 18 están fijados al suelo.

**[0013]** La conexión entre un enrutador de base, en tierra, y un enrutador móvil, embarcado, se efectúa por medio de una conexión inalámbrica de una manera que se describirá a continuación. En el transcurso del tiempo y del desplazamiento del tren, el enrutador móvil es apto para desconectarse de un primer enrutador de base y conectarse a un segundo enrutador de base. Así, la topología de la red global evoluciona en el transcurso del tiempo, en función de las conexiones efectivas, en un instante dado, entre los nodos de nivel más bajo y los nodos del nivel justo superior.

25 **[0014]** Un enrutador participa en el envío de un datagrama IP a lo largo de un camino de enrutamiento particular de la red global. Consta de unos medios de memorización, del tipo memoria viva, en los que se almacena una tabla de enrutamiento y una fila de datos que permite el almacenamiento temporal de datagramas IP. Un enrutador consta de unos medios de actualización de su tabla de enrutamiento. La estructura de las tablas de enrutamiento de cada tipo de enrutador se describirá en detalle más abajo.

30

## RED SUBYACENTE E INFRAESTRUCTURA

**[0015]** A un nivel inferior de la arquitectura, la comunicación entre dos nodos cualesquiera de la red global puede realizarse a través de una red subyacente. Por ejemplo, en la figura 1, la comunicación entre el enrutador principal 5 y los enrutadores de base 17 y 18 se realiza a través de una red subyacente 6.

**[0016]** La comunicación entre un enrutador de base y un enrutador móvil utiliza una conexión inalámbrica que se establece entre el enrutador móvil 22 y una estación de base de una infraestructura de comunicación a la que está conectado al menos un enrutador de base. Un enrutador de base asociado a una infraestructura posee una dirección IP pública, fija, sobre esta infraestructura asociada.

40

**[0017]** Cada infraestructura consta de una o varias estaciones de base equipadas con medios de comunicación radio y aptos para establecer una conexión inalámbrica en una célula. Durante el establecimiento de una conexión inalámbrica, el enrutador móvil recibe una dirección IP pública sobre la infraestructura considerada.

45

**[0018]** En la figura 1, se han representado unas infraestructuras de tecnologías diferentes: una primera infraestructura 7 que autoriza el establecimiento de conexiones inalámbricas de largo alcance, una segunda infraestructura 8 que autoriza el establecimiento de conexiones inalámbricas de alcance medio y una tercera infraestructura 9 que autoriza el establecimiento de unas conexiones inalámbricas de corto alcance.

50

**[0019]** La primera infraestructura 7 es del tipo satélite. Una estación de relé 7a comunica con un satélite 7b que actúa como «estación de base». Los medios de comunicación 7c del satélite 7b cubren una «célula» extendida.

**[0020]** En la segunda infraestructura 8, por ejemplo del tipo UMTS o GSM, las estaciones de base 8a, 8b, equipadas respectivamente con antenas 8c, 8d, cubren unas células asociadas 8e, 8f cuyo radio varía de un centenar de metros a unos kilómetros.

**[0021]** La tercera infraestructura 9 consta de una red de agregación 10 y unas estaciones de base 12a, 12b y 12c. Cada estación de base 12a, 12b o 12c está equipada con medios de comunicación radio, que funcionan en

emisión y en recepción y apta para establecer una conexión inalámbrica al formato Wifi. Como variante, unos tipos de conexión de corto alcance equivalentes, tal como una conexión Wimax, son posibles. Cada estación de base 12a, 12b, 12c cubre una célula 13a, 13b, 13c. Una conexión Wifi tiene un alcance máximo de 300 m, reducido a menos de 100 m si un obstáculo está presente en el trayecto de las ondas radio. La reunión de las células 13a, 13b, 13c forma una zona geográfica de cobertura continua a lo largo de la vía 20.

5  
10  
15  
[0022] El enrutador móvil 22 está equipado con medios de comunicación 27, 28 y 29. Cada medio de comunicación 27, 28, 29 es específico en el establecimiento de una conexión inalámbrica con las estaciones de base de una infraestructura dada entre las infraestructuras 7, 8 y 9. Así, los medios 27 permiten el establecimiento de una conexión del tipo satélite con el satélite 7a de la infraestructura 7. Los medios 28 permiten el establecimiento de una conexión del tipo GSM con una de las estaciones de base 8a, 8b de la infraestructura 8. Y, los medios 29 permiten el establecimiento de una conexión del tipo Wifi con una de las estaciones de base 12a, 12b, 12c de la infraestructura 9. Estos medios son independientes entre sí de manera que permitan la existencia simultánea de conexiones inalámbricas con unas infraestructuras diferentes o de tecnología diferente.

20  
[0023] En la figura 1, se han representado dos variantes de realización. En efecto, una infraestructura de comunicación puede ser una infraestructura propietaria gestionada por el operador de la flota de trenes o una infraestructura gestionada por un tercero. Por ejemplo, una infraestructura del tipo Wifi es de forma típica del tipo propietaria ya que su despliegue y su explotación son de coste reducido. En cambio, una infraestructura GSM o satélite es una infraestructura explotada por terceros.

25  
[0024] En el caso de una infraestructura que pertenece a un tercero, la gestión de la conexión inalámbrica no es accesible para el operador. Entonces, la arquitectura según la invención prevé disponer de un enrutador de base más arriba de la infraestructura considerada. Por ejemplo, en la figura 1, un enrutador de base 18 está conectado entre, por una parte, el enrutador principal 5 y la red intermedia 6 y, por otra parte, la infraestructura 8. Del mismo modo, un enrutador de base 17 está conectado entre, por una parte, el enrutador principal 5 y la red intermedia 6 y, por otra parte, la infraestructura 7.

30  
35  
[0025] Por el contrario, en el caso de una infraestructura propietaria, el propietario puede colocar de manera ventajosa varios enrutadores de base en el interior de la infraestructura, lo más cerca posible de las estaciones de base. Por ejemplo, en la infraestructura 9, unos enrutadores de base 11 a, 11 b y 11 c están dispuestos respectivamente entre una estación de base asociada 12a, 12b y 12c y la red de agregación 10. Como variante, varias estaciones de base están asociadas al mismo enrutador de base. En el seno de la infraestructura 9, las estaciones de base 12a, 12b, 12c están conectadas así directamente a un enrutador de base 11 a, 11 b, 11 c de modo que solo una malla separe los enrutadores de base de las estaciones de base en la infraestructura 9.

[0026] La comunicación entre el enrutador principal 5 y los diferentes enrutadores de base 11 a-c se efectúa a través de la red subyacente que forma la red de agregación 10 de la infraestructura 9.

40  
45  
[0027] La infraestructura 9 puede ser una infraestructura propietaria privada o pública. El principio de funcionamiento sigue siendo el mismo. La diferencia reside en el direccionamiento de los enrutadores de base: en el caso de una infraestructura privada, los enrutadores de base están con en el caso de una infraestructura pública, están conectados a una Intranet, privada, que pertenece al propietario, que es accesible a través de Internet, público, por medio de un mecanismo de encapsulación (VPN en inglés, para «Virtual Private Network»). Esto sigue siendo una dirección IP de enrutador de base accesible al enrutador móvil 22.

#### FORMATO DE LAS DIRECCIONES IP PRIVADAS

50  
[0028] Al nivel de la red global, la arquitectura utiliza, para las direcciones IP de los segundos equipos embarcados, unas direcciones IP privadas cuyo formato se va a describir ahora. Cada segundo equipo se identifica por una dirección IP, codificada en 32 bits, que es apropiada para este. Se observará que según la norma IPv4 actualmente en vigor, las direcciones IP se codifican en 32 bits. Se codificarán en 64 bits en la futura versión IPv6.

[0029] El operador de una línea de ferrocarril debe seguir, en tiempo real, varios trenes que forman juntos una flota de trenes. Esta flota se caracteriza por un identificador <ID de flota> único, codificado en X bits.

[0030] Un tren particular de esta flota se localiza, en el seno de la flota, por un identificador <ID de vehículo> único, codificado en Y bits. Así, el tren 2 es identificado por el identificador ID2. Según la invención, cada tren solo consta de una segunda red única local equipada con un único enrutador móvil. Así, el tren 2 consta de una segunda

red local única 21 conectada a un único enrutador móvil 22. Entonces, el identificador de un vehículo <ID de vehículo> caracteriza igualmente el enrutador móvil embarcado en este vehículo.

**[0031]** Un segundo equipo informático embarcado se menciona como un identificador <ID de equipo> único, 5 codificado en [32-X-Y] bits. El ordenador 4 se identifica por el número ID4 en la segunda red local 21 del tren 2 en el que está conectado.

**[0032]** Según la invención, se define la dirección IP de un segundo equipo embarcado, de forma única, por la concatenación de los identificadores de flota, de vehículo y de equipo según la expresión: IP equipo = <ID de flota> 10 (ID de vehículo)<ID de equipo>.

**[0033]** Así, el ordenador 4 tiene como dirección IP: IP4 = <ID de flota>.ID2.ID4.

**[0034]** Por acuerdo, la dirección IP del enrutador móvil 22 de la red local 21 es (ID de flota >.ID2.<0...1>. La 15 máscara de subred de la red local 21 es <ID de flota>. ID2.<0...0>.

**[0035]** Se constata entonces que las segundas redes embarcadas a bordo de los vehículos de la flota constituyen, juntos, un solo y único segmento de la red global y que una segunda red particular constituye un subsegmentos de este segmento. El segmento «flota» está constituido así por subsegmentos «trenes» distribuidos. 20

**[0036]** Este método de direccionamiento plano aplicado al nivel de la red global presenta numerosas ventajas. Primero no hay conflicto de direccionamiento en el seno de la red global y esto independientemente de los trenes efectivamente en circulación en un instante dado. Además, durante el enganche de dos trenes, no existe necesidad de instalar un ordenador pasarela entre cada una de las dos segundas redes locales y los equipos a 25 bordo del segundo tren son "visibles" sin tener que reconfigurar la red global.

**[0037]** Además, al ejecutar un algoritmo de decodificación de las direcciones IP privadas escritas según este formato, cada enrutador puede mantener actualizada solo de manera ventajosa una tabla de enrutamiento simplificada que consta del identificador del vehículo <ID de vehículo> como se describirá más abajo. 30

## ENRUTAMIENTO

**[0038]** Al utilizar tal método de direccionamiento IP, la arquitectura de comunicación puede reutilizar las estructuras de enrutamiento existentes de las redes subyacentes. Pero, los datagramas iniciales, cuyo encabezado 35 consta de la dirección IP privada de un ordenador destinatario, no pueden ser enrutados por los enrutadores de una red subyacente que no reconocerían estas direcciones IP privadas. En este caso, la comunicación entre dos nodos de la red global se efectúa encapsulando un datagrama inicial en un datagrama intermedio apto para ser enrutado por la red subyacente que conecta los dos nodos considerados. El datagrama inicial aparece entonces como la carga útil del datagrama intermedio. El encabezado del datagrama intermedio consta de la dirección IP del nodo de 40 la red global destinataria, dirección IP pública en la red subyacente. Se aplica, de hecho, un mecanismo de «túnel» («tunneling» en inglés).

**[0039]** Para el enrutamiento al nivel de la red global, los diferentes enrutadores poseen cada uno una tabla de enrutamiento que pone en correspondencia la dirección IP privada del destinatario de un datagrama inicial y la 45 dirección IP del enrutador que sigue el camino de enrutamiento por el que hacer transitar este datagrama inicial. La red global que evoluciona en el transcurso del tiempo, estas tablas se deben mantener actualizadas de manera dinámica en cada conexión o desconexión de un enrutador móvil. Se observará que la descripción que aparece a continuación de las tablas de enrutamiento se realiza en el caso simple de la red global con tres niveles representada en la figura 1. 50

**[0040]** Más precisamente, teniendo en cuenta el formato de las direcciones IP de los ordenadores embarcados, una tabla de enrutamiento «consolidada», memorizada y mantenida actualizada por el enrutador principal 5, pone en correspondencia, para cada infraestructura 7, 8 ó 9, el identificador <ID de vehículo> de un tren y la dirección IP del enrutador de base al que está actualmente conectado el enrutador móvil de este tren. Por 55 ejemplo, en la tabla de enrutamiento «consolidada», el identificador ID2 del tren 2 está en correspondencia, para la infraestructura Wifi 9, con la dirección IP11b pública en la red 10 del enrutador de base 11 b con el que el enrutador móvil 22 del tren 2 está actualmente en conexión por medio de la conexión 14b.

**[0041]** Una tabla de enrutamiento de «base», memorizada y mantenida actualizada por cada enrutador de

base, consta de la lista de los identificadores <ID de vehículo> de los vehículos conectados, en el instante considerado, a este enrutador de base así como la dirección IP del enrutador móvil en la infraestructura asociada. Por ejemplo, la tabla de enrutamiento «de base» del enrutador de base 11 b consta del identificador ID2 del tren 2 actualmente conectado por medio de la conexión 14b y la dirección IP 22 del enrutador móvil 22 en la infraestructura 9. Por otro lado, el enrutador de base conoce la dirección IP fija del nodo situado inmediatamente por encima de este en la red global, en este caso el enrutador principal 5 en la arquitectura a tres niveles representada en la figura 1.

10 **[0042]** Por último, la tabla de enrutamiento «móvil», memorizada y mantenida actualizada por el enrutador móvil, consta, para cada infraestructura a la que está actualmente conectado, de la dirección IP pública de un enrutador de base de esta infraestructura con el que está conectado. Por ejemplo, la tabla de enrutamiento «móvil» del enrutador móvil 22 consta, para la infraestructura 9, de la dirección IP11b del enrutador de base 11 b al que está actualmente conectado utilizando la conexión 14b.

15 **[0043]** El funcionamiento de la arquitectura de comunicación se va a describir ahora en detalle. Después del funcionamiento cuando el tren permanece en el interior de la zona de cobertura de una única infraestructura, por ejemplo la infraestructura 9, se describirá el funcionamiento que permite asegurar la continuidad de la comunicación durante el basculamiento entre dos infraestructuras diferentes.

## 20 ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIÓN Y CONEXIÓN AL ENRUTADOR

25 **[0044]** Durante el desplazamiento del tren 2 a lo largo de la vía 20, los medios de comunicación 29 controlados por el enrutador móvil 22 emiten, a intervalos regulares, unas señales radio de conexión o balizas, destinadas a descubrir eventuales estaciones de base de la infraestructura 9 para establecer una conexión inalámbrica. De una manera general, la capa física de la conexión existe ya y el enrutador móvil 22 configura la capa lógica de la conexión, es por ejemplo el caso de una conexión del tipo Wifi; o la capa física no existe incluso y durante la fase de establecimiento de la conexión, el enrutador móvil 22 debe inicializar primero la capa física, configurar después la capa lógica, es por ejemplo el caso de una conexión del tipo GPRS.

30 **[0045]** Cuando el tren 2 entra en la célula 13b asociada a la estación de base 12b, esta detecta las balizas emitidas. Un procedimiento de configuración de la capa lógica de la conexión inalámbrica 14b, de tipo Wifi, se ejecuta entonces entre la estación de base 12b, que actúa como ordenador «maestro» y el enrutador móvil 22, que actúa como ordenador «esclavo». El enrutador móvil 22 recibe una dirección IP pública en la infraestructura 9.

35 **[0046]** Una vez que se haya establecido la conexión inalámbrica 14b entre la estación de base 12b y el enrutador móvil 22, este último se conecta a un enrutador de base asociado a la infraestructura 9.

40 **[0047]** El enrutador móvil 22 consta, almacenada en sus medios de memorización, de una lista de enrutadores de base que constan de las direcciones IP de los enrutadores de base a los que se puede conectar durante el desplazamiento del tren 2 a lo largo de la vía 20. Así, el enrutador móvil 22 intenta conectarse a un enrutador de base que prueba las diferentes direcciones IP que indican esta lista de enrutadores de base.

45 **[0048]** En el caso de una infraestructura no propietaria 8 ó 7, el enrutador móvil conoce la dirección IP del enrutador de base 18 ó 17 asociado a esta infraestructura. La conexión entre el enrutador móvil 22 y el enrutador de base correspondiente se realiza entonces simplemente. Como variante, se podría pasar de los enrutadores de base en el caso de una infraestructura no propietaria y un enrutador móvil que utiliza tal infraestructura se conectaría directamente al enrutador principal.

50 **[0049]** La conexión se establece cuando el enrutador de base responde. De manera más detallada, la conexión establecida entre el enrutador móvil 22 y el enrutador de base 11 b está constituida por dos pares de canales lógicos: un par de canales constituido por un canal de comunicación y un canal de control para la comunicación ascendente; y un par de canales constituido por un canal de comunicación y un canal de control para la comunicación descendente. Los canales de control transmiten, entre otros, unos mensajes periódicos de mantenimiento de la conexión (mensajes del tipo «keep alive» en inglés).

55 **[0050]** Una vez conectado a un enrutador de base, por ejemplo el enrutador de base 11 b, la dirección IP pública de este último se memoriza en la tabla de enrutamiento móvil, así como un identificador de la infraestructura 9, es decir del medio de comunicación utilizado para establecer la conexión inalámbrica 14b.

**[0051]** Después del establecimiento de la conexión, el enrutador móvil 22 aparece, en la red global de la arquitectura de comunicación, como un nodo de nivel más bajo conectado al enrutador de base 11 b.

**[0052]** Se observará que inicialmente, la lista de enrutadores memorizada por el enrutador móvil 22 consta de las direcciones IP de los enrutadores de base situados en los extremos de salida y de llegada de la vía 20. Después de la conexión a un enrutador de base, el enrutador móvil 22 recibe de este una serie de direcciones IP nuevas de enrutadores de base vecinos para actualizar la lista de enrutadores de base memorizada por el enrutador móvil. Esta lista actualizada se utilizará para establecer otra conexión a otro enrutador de base en previsión de la ruptura de la conexión en curso.

**[0053]** Durante el establecimiento de una conexión, el enrutador de base 11 b actualiza dinámicamente su tabla de enrutamiento «de base» memorizando la dirección IP pública del enrutador móvil 22, asociándola al identificador ID2 del tren 2 a bordo del que se embarca dicho enrutador móvil 22, descomponiendo la dirección IP privada del enrutador móvil.

**[0054]** En el momento de la conexión del enrutador móvil 22, el enrutador de base 11 b emite un mensaje de estado de conexión en dirección del enrutador principal 5. Este mensaje indica la IP del enrutador de base emisor, el identificador del tren ID2 conectado de nuevo y un identificador de la infraestructura subyacente de esta conexión. Durante la recepción de este mensaje, el enrutador principal 5 ejecuta un algoritmo de actualización de su tabla de enrutamiento «consolidada» que consiste en memorizar, en una nueva fila correspondiente al identificador ID2 del tren 2 y, para la columna correspondiente a la infraestructura 9, la dirección IP11b del enrutador de base 11 b.

**[0055]** En cuanto la interrupción del intercambio de mensajes periódicos indica a los enrutadores móvil y de base la desconexión, las diferentes tablas de enrutamiento se actualizan en consecuencia.

## COMUNICACIÓN

**[0056]** En comunicación descendente, es decir desde el ordenador 1 hacia el ordenador 4, el ordenador 1 en tierra emite un datagrama inicial con destino al ordenador 4 embarcado, cuyo encabezado («Header» en inglés) consta de la dirección IP4 privada del ordenador 4 destinatario.

**[0057]** Este datagrama inicial es interceptado por el enrutador principal 5. Este lee el encabezado en la búsqueda de la dirección IP4 del ordenador 4. El algoritmo de decodificación de dirección IP extrae, de la dirección IP4, el identificador ID2 del tren 2 a bordo del que se encuentra el ordenador 4. Por una solicitud en la tabla de enrutamiento «consolidada», el enrutador principal 5 extrae la dirección IP11b pública del enrutador de base 11 b asociado al identificador ID2 y encapsula el datagrama inicial en un primer datagrama intermedio cuyo encabezado contiene especialmente la dirección IP11b del enrutador de base 11 b en la red 10. El primer datagrama intermedio se enruta a continuación, en la red 10, hacia el enrutador de base 11 b.

**[0058]** El primer datagrama intermedio es leído por el enrutador de base 11 b que lo «desencapsula» y lee la dirección IP4 contenida en el datagrama inicial. El enrutador de base 11 b extrae de la dirección IP4 el identificador ID2 del tren 2. Por una solicitud en la tabla de enrutamiento «de base», el enrutador de base 11 b se asegura simplemente que el enrutador móvil 22 correspondiente está aún conectado. El enrutador de base 11 b encapsula entonces el datagrama inicial en un segundo datagrama intermedio cuyo encabezado consta de la dirección IP pública del enrutador móvil 22 y lo transmite hacia el enrutador móvil 22, a lo largo del canal de datos que desciende de la conexión, utilizando entre otros la conexión inalámbrica 14b.

**[0059]** El enrutador móvil 22 «desencapsula» el segundo datagrama intermedio e identifica el ordenador 4 destinatario en la base de la dirección IP4 presente en el encabezado del datagrama inicial. Este se transmite finalmente en la red local 21 para ser recibido por el ordenador 4.

**[0060]** En comunicación ascendente, es decir desde el ordenador 4 hacia el ordenador 1, el mecanismo es más simple. En efecto, la arquitectura del sistema constituye una arborescencia. Mientras que en comunicación descendente, es necesario determinar las rutas, en comunicación ascendente, la ruta es única ya que el conjunto del tráfico ascendente converge hacia el enrutador principal 5 antes de ser retransmitido en la primera red 3. La tabla de enrutamiento «consolidada» no se utiliza por tanto en comunicación ascendente. Solo la dirección IP del nodo de la arborescencia inmediatamente por encima debe ser conocida del nodo antes de enrutar un datagrama. En esto, la comunicación es asimétrica. Si la comunicación entre dos nodos de la red global pasa por medio de una red subyacente, se aplica un mecanismo de encapsulación.

**ROAMING HORIZONTAL**

**[0061]** Una vez establecida, la conexión 14b solo dura el tiempo de paso del tren 2 en la célula 13b. Los medios de comunicación del enrutador móvil 22 constan de un medio de predetención de pérdida de enlace que detecta la ruptura potencial de la primera conexión escrutando uno de los dos canales de control de la conexión activa.

**[0062]** Durante la detección de la ruptura potencial de la conexión activa, los datos que se van a transmitir en comunicación ascendente se almacenan en una fila de datos del enrutador móvil. Puesto que la conexión 14b solo es temporal, para que la comunicación entre el equipo en tierra y el equipo embarcado sea continua, los medios de comunicación 29 del enrutador móvil 22 siguen emitiendo unas balizas para iniciar otra conexión con una de las estaciones de base 12a, 12c de las células 13a, 13c contiguas a la célula 13b. Después del establecimiento de esta otra conexión inalámbrica, el estatus de la primera conexión inalámbrica se verifica para saber si ha habido ruptura de la conexión. En caso negativo, los datos almacenados en la fila se transmiten utilizando la primera conexión. En caso afirmativo, el proceso se prosigue con el establecimiento de una nueva conexión con un enrutador de base como se ha descrito más arriba. En particular, el establecimiento de una segunda conexión conduce a la actualización de las tablas de enrutamiento. Un puntero en la fila de datos de transmisión ascendente se vuelve a posicionar en el último datagrama correctamente transmitido y los datos correspondientes de la fila de datos se transmiten entonces utilizando la segunda conexión. La comunicación ascendente entre el equipo embarcado y el equipo en tierra se puede proseguir entonces. Es posible que ciertos datagramas considerados como perdidos se hayan transmitido de hecho correctamente. Existirán por tanto unos duplicados al nivel del enrutador principal 5 que este filtrará antes de emitirlos en la primera red local 3.

**[0063]** Durante la ruptura de la primera conexión y del establecimiento de la segunda conexión, el enrutador principal 5 ha sido notificado. La tabla de enrutamiento «consolidada» ha sido actualizada de modo que tampoco conste, en la línea del identificador ID2 del tren 2, de la dirección IP del primer enrutador de base en la columna de la infraestructura 9, pero sí de la dirección IP del segundo enrutador de base.

**[0064]** El enrutador principal 5 enruta, en un instante dado, los datagramas IP interceptados en la primera red local 3 hacia uno de los enrutadores de base conectados al enrutador móvil 22, basándose en los datos presentes en la tabla de enrutamiento «consolidada». Puesto que se trata de un enrutamiento al nivel del ordenador 5, el basculamiento es suficientemente rápido para que esta operación sea totalmente transparente.

**[0065]** En lo que se refiere al intervalo de tiempo que precede a la ruptura de la primera conexión y el establecimiento de la segunda conexión, el formato de comunicación IP consta de unos procedimientos de verificación de errores de transmisión y de nueva emisión de una solicitud por un ordenador cuando el ordenador destinatario no ha respondido. Estos procedimientos son aplicados por el enrutador principal 5 en comunicación descendente. El enrutador principal 5 consta de un búfer que memoriza sistemáticamente los últimos datagramas enrutados en comunicación descendente para suavizar las irregularidades eventuales y prevenir la pérdida de datos.

**[0066]** Así, los paquetes transmitidos hacia el primer enrutador de base justo antes de la ruptura de la primera conexión y de los cuales no se sabe si han llegado al enrutador móvil 22, se vuelven a emitir hacia el segundo enrutador de base para proseguir la comunicación descendente en curso sin interrupción.

**[0067]** La comunicación en curso puede bascular así rápidamente, del orden de 50 ms, de la primera conexión hacia la segunda conexión.

**ROAMING VERTICAL**

**[0068]** Las coberturas respectivas de cada infraestructura son tales que forman una cobertura continua, estando las zonas de sombra de una infraestructura cubiertas por las zonas de cobertura de o de las otras infraestructuras. Así, en un instante dado, el enrutador móvil 22 está en conexión con al menos una infraestructura 7, 8 ó 9. Entonces, en la tabla de enrutamiento «consolidada», una casilla de la fila correspondiente al identificador ID2 del tren 2 consta de una dirección IP.

**[0069]** Eventualmente, allí donde las zonas de cobertura de varias estaciones de base de infraestructuras diferentes se recubren, el enrutador móvil 22 establece simultáneamente varias conexiones. Esto se hace posible ya que el enrutador móvil 22 consta de varios medios de comunicación 27-29 que están dedicados respectivamente al establecimiento de una conexión inalámbrica de una tecnología particular y/o de una conexión con una

infraestructura particular.

**[0070]** Así, mientras que el enrutador móvil 22a ha establecido ya una primera conexión con una primera infraestructura en la que transita la comunicación entre los ordenadores 1 y 4, cuando el tren 2 se desplaza en una zona de recubrimiento que corresponde a la superposición, al menos parcial, de las células de dos estaciones de base que pertenecen a unas infraestructuras diferentes, el enrutador móvil establece una segunda conexión con la segunda infraestructura mientras que el tren 2 atraviesa la zona de recubrimiento entre estas dos infraestructuras. Durante el establecimiento de cada una de estas conexiones y, por tanto, de las conexiones correspondientes con los enrutadores de base, el enrutador principal 5 ha sido notificado en consecuencia. La tabla de enrutamiento «consolidada» ha sido actualizada por tanto de modo que conste, en el momento en que el tren 2 se encuentra en esta región de recubrimiento, en la línea del identificador ID2 del tren 2, de la dirección IP del primer enrutador de base asociado a la primera infraestructura, en la columna de la primera infraestructura y la dirección IP del segundo enrutador de base asociado a la segunda infraestructura, en la columna de la segunda infraestructura.

**[0071]** Cuando varias infraestructuras red 7, 8 ó 9 ofrecen simultáneamente la posibilidad de comunicar con el tren 2, el enrutador principal 5 y el enrutador móvil 22 arbitran seleccionando la infraestructura 7, 8 ó 9 más adaptada. Esta selección se efectúa según varias reglas que puede configurar el operador. Por ejemplo, una regla de prioridad «propietaria» permite escoger una infraestructura Wifi propietaria con respecto a otra infraestructura Wifi que pertenecería a un tercero; una regla de prioridad «ancho de banda» permite escoger entre las infraestructuras disponibles la que asegura una comunicación de alta velocidad; una regla de prioridad «coste» permite escoger la infraestructura para la que el precio de las comunicaciones es el más bajo; etc.

**[0072]** El enrutador móvil y el enrutador principal aplican un mecanismo de almacenamiento búfer de los datos que se van a enrutar en el momento del basculamiento de la comunicación en curso de la primera infraestructura hacia la segunda infraestructura, similar a lo que se ha descrito en detalle durante el «roaming horizontal».

## SEGURIDAD

**[0073]** En la parte baja de la arquitectura, la conexión inalámbrica entre la estación de base y el enrutador móvil no se considera como fiable. Como se ha indicado más arriba, existen dos canales de comunicaciones de control que transmiten respectivamente unas informaciones de autenticación, de intercambio de claves de sesión, así como unos mensajes periódicos de mantenimiento del enlace inalámbrico (mensajes del tipo «keep alive» en inglés). Los mensajes periódicos transportan igualmente una información de estado de una fila de datos que permite una eventual retransmisión de los datos en caso de ruptura temporal, que tiene una duración corta, inferior a 4 segundos. Más allá de esta duración, la fila de datos se vacía y las tablas de enrutamiento se actualizan indicando que la conexión ya no está activa. Es posible configurar la arquitectura para no retransmitir ciertos tipos de datos. En el caso por ejemplo de un «streaming» vídeo, no es conveniente retransmitir los datagramas perdidos.

**[0074]** Por otro lado, es necesario asegurar la comunicación entre el enrutador móvil 22 y el enrutador de base correspondiente 11 a-c, 17 ó 18. Esto se vuelve especialmente necesario porque se hacen transitar unos datos sensibles relativos a unas informaciones de explotación del tren 2. En particular, unas conexiones subyacentes Wifi y Wimax se consideran como no seguras, ya que, para poder asegurar una itinerancia horizontal eficaz, es necesario desactivar las capas de seguridad de estos protocolos, siendo los algoritmos de autenticación actualmente utilizados tales como WEP, AES y Radius, lentos y no permitiendo un basculamiento al nivel de una transición entre células del orden de 50 ms.

**[0075]** Según la invención, la seguridad de la conexión entre el enrutador de base y el enrutador móvil se efectúa en una primera etapa de autenticación seguida de una segunda etapa de cifrado:

**[0076]** La etapa de autenticación tiene como función asegurar la identidad mutua de los nodos, enrutador de base 11 a-c, 17 ó 18 y enrutador móvil 22, que se comunican a través de la conexión radio 14b no segura. La etapa de autenticación según la invención utiliza la metodología de cifrado asimétrica, metodología conocida por el experto en la materia basada en la existencia de claves privadas y públicas codificadas en una longitud de 512 bits. La clave privada se mantiene secreta en el enrutador móvil 22 que la ha generado. La autenticación es un proceso que consume tiempo. Para minimizar este tiempo durante la transición entre células, la arquitectura según la invención utiliza un mecanismo de pre-autenticación, iniciado al inicio de sesión, con una clave de cifrado denominada «sistema». Esta clave sistema no es una clave de sesión ya que está codificada en el sistema.

**[0077]** El tráfico de datos se cifra siempre entre el tren y la infraestructura en tierra. Existen dos medios de cifrado que se pueden aplicar en la etapa de cifrado. Están basados respectivamente en la clave de sesión y la clave sistema. Cuando la etapa de autenticación del tren 2 finaliza, se crea la clave de sesión y la clave sistema se reemplaza por la clave de sesión. Las claves de cifrado tienen unas longitudes que varían de 64 bits a 512 bits por 5 incremento de 64 bits.

**[0078]** Cada vehículo de la flota define un subsegmentos móvil de la red. Estos segmentos móviles separados forman un segmento disperso. Con la arquitectura anteriormente descrita, el operador puede seguir simultáneamente varios trenes. En particular, el enrutador principal 5 asegura el enrutamiento IP entre la primera red 10 local fija y los enrutadores de los subsegmentos móviles, independientemente de la infraestructura intermedia subyacente.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema para la comunicación IP entre un primer equipo informático (1) fijo, en tierra, conectado a una primera red local (3) y un segundo equipo informático (4) móvil, embarcado a bordo de un vehículo de una pluralidad de vehículos,

constando cada vehículo de la pluralidad de vehículos de su propia red local, estando dicho segundo equipo conectado a la red local del vehículo a bordo del que está embarcado, que consta de:

10 - una red global en forma de árbol, que tiene:

- o un nodo raíz, constituido por un enrutador principal (5) conectado a dicha primera red local;
- o unos nodos de nivel más bajo, constituidos por una pluralidad de enrutadores móviles (22), constando cada vehículo de la pluralidad de vehículos, conectado a su propia red local (21), de uno de los enrutadores móviles de dicha pluralidad de enrutadores móviles; y,
- o unos nodos intermedios, entre el nodo raíz y los nodos de nivel más abajo, entre los que los nodos intermedios situados justo por encima de los nodos de nivel más bajo están constituidos por unos enrutadores de base (17, 18, 11 a-c) fijos en tierra,

20 participando cada enrutador en el encaminamiento de un datagrama IP a lo largo de un camino de enrutamiento particular de la red global, y

- constando al menos una infraestructura de comunicación (7, 8, 9), de unas estaciones de base (7b, 8a-b, 12a-c) equipadas con medios de comunicación radio, constando el enrutador principal de una tabla de enrutamiento consolidada, memorizada y mantenida actualizada por dicho enrutador principal, poniendo en correspondencia dicha tabla consolidada para cada una de ellas al menos una infraestructura el identificador de un vehículo de dicha pluralidad de vehículos con la dirección IP del enrutador de base al que el enrutador móvil (22) de este vehículo está actualmente conectado

30 y estando cada enrutador de base asociado al menos a una estación de base y teniendo una dirección IP pública en la infraestructura de comunicación a la que está asociado de este modo, constando cada enrutador de base de una tabla de enrutamiento de base memorizada y actualizada por el enrutador de base considerado, constando dicha tabla de enrutamiento de base de la lista de los identificadores de los vehículos de dicha pluralidad de vehículos conectados en el instante considerado al enrutador de base considerado así como la dirección IP, en la infraestructura asociada, del enrutador móvil del vehículo considerado,

35 constando cada enrutador móvil de:

- un medio de comunicación radio (27, 28, 29) adaptado para establecer, en un instante dado, una conexión inalámbrica (14b) con una de las estaciones de base (12b) de al menos una de dichas infraestructuras de comunicación (9),

40 - constando unos medios de memorización de una lista de enrutadores de base que constan de las direcciones IP públicas de los enrutadores de base a los que se puede conectar durante el desplazamiento del vehículo,

- unos medios de conexión para iniciar una conexión con un enrutador de base (11 b) a partir de dicha lista de enrutadores de base, después de que se haya establecido una conexión inalámbrica (14b), recibiendo el enrutador móvil una dirección IP pública en la infraestructura considerada,

45 - una tabla de enrutamiento móvil, memorizada y actualizada por dicho enrutador móvil, que consta, para al menos cada una de dichas infraestructuras a la que está actualmente conectado, de la dirección IP pública de un enrutador de base de esta infraestructura con el que está conectado después del establecimiento de una conexión a un enrutador de base,

50 apareciendo entonces dicho enrutador móvil, en la red global, como un nodo de nivel más bajo conectado a dicho enrutador de base, y

siendo un enrutador móvil de un vehículo apto para desconectarse de un primer enrutador de base y para conectarse a un segundo enrutador de base en comunicación descendente, es decir, desde el primer equipo (1) hacia el segundo equipo (4), el primer equipo emite un datagrama inicial con destino a dicho segundo equipo cuyo encabezado consta de la dirección IP, privada con respecto a la red local del vehículo de la pluralidad de vehículos en el que se encuentra dicho segundo equipo, dicho datagrama inicial es interceptado por dicho enrutador principal, este extrae del encabezado el identificador del vehículo de la pluralidad de vehículos a bordo del que se encuentra el

- segundo equipo, después, por solicitud en la tabla de enrutamiento consolidada, dicho enrutador principal extrae la dirección pública del enrutador de base asociada al identificador extraído de este modo y, por último, encapsula el datagrama inicial en un primer datagrama intermedio destinado a la dirección IP pública extraída de este modo, después, a la recepción de dicho primer datagrama intermedio, dicho enrutador de base extrae el identificador del
- 5 vehículo del encabezado del datagrama inicial y por solicitud en su tabla de enrutamiento de base garantiza que el enrutador móvil correspondiente está conectado incluso para encapsular entonces el datagrama inicial en un segundo datagrama intermedio y lo transmite hacia el enrutador móvil (22) utilizando además la conexión inalámbrica (14b),
- 10 en comunicación ascendente, es decir desde el segundo equipo (4) hacia el primer equipo (1), el mecanismo es más simple ya que el conjunto del tráfico ascendente converge hacia el enrutador principal (5) antes de ser transmitido de nuevo en dicha primera red (3).
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los enrutadores principal (5), de base (17, 15 18, 11 a-c) y móviles (22) constan, respectivamente, de una tabla de enrutamiento y unos de actualización dinámica de las tablas de enrutamiento, constando cada enrutador de base de un medio de emisión de un mensaje de estado de conexión que indica al enrutador principal los enrutadores móviles que se conectan o se desconectan de dicho enrutador de base.
- 20 3. Sistema según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado porque** los medios de conexión de un enrutador móvil (22) constan de un medio de predetención de pérdida de la conexión activa y unos medios de almacenamiento temporal de los datos que se van a transmitir cuando se reduce la calidad de la conexión.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, **caracterizado porque** un enrutador de 25 base (17, 18, 11 a-c) consta de unos medios de memorización que constan de una lista de nuevos enrutadores de base y **porque** un enrutador móvil (22) consta de unos medios de actualización de su lista de enrutadores de base a partir de la lista de nuevos enrutadores de base del enrutador de base al que se conecta.
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los enrutadores 30 de base (11 a-c) están conectados a la infraestructura de comunicación (9) a la que están asociados de manera que la distancia entre un enrutador de base y una estación de base (12 a-c) de la infraestructura asociada corresponde a una única malla de red.
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al menos una de 35 dichas infraestructuras de comunicación (9) aplica una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance del tipo Wifi, wimax o equivalente.
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** consta al menos de la primera y segunda infraestructura de comunicación (7, 8, 9) tales como una primera célula de una primera 40 estación de base de la primera infraestructura se superpone, al menos parcialmente, en una región de recubrimiento, a una segunda célula de una segunda estación de base de la segunda infraestructura y **porque** el enrutador móvil (22) es apto para establecer, simultáneamente, cuando el vehículo (2) a bordo del que está embarcado dicho enrutador móvil atraviesa dicha región de recubrimiento, una primera conexión con un primer enrutador de base (17, 18; 11 a-c) por medio de una primera conexión inalámbrica establecida con la primera 45 estación de base (7b, 8a-b, 12a-c) de la primera infraestructura (7, 8, 9) y una segunda conexión con un segundo enrutador de base (17, 18; 11 a-c) por medio de una segunda conexión inalámbrica establecida con la segunda estación de base (7a, 8a-b, 12a-c) de la segunda infraestructura (7, 8, 9).
8. Sistema según la reivindicación 7, **caracterizado porque** los enrutadores principal (5) y móvil (22) 50 poseen, respectivamente, unos medios de arbitraje que permiten seleccionar una ruta entre una primera ruta que pasa por dicha primera infraestructura y una segunda ruta que pasa por dicha segunda infraestructura para la comunicación en curso entre el primer y segundo equipamiento.
9. Sistema según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la primera y segunda infraestructura (7, 8, 9) 55 son de diferente tipo, aplicando unas tecnologías diferentes, seleccionadas entre las tecnologías Wifi, wimax, GSM, UMTS, satélite o equivalente y **porque** cada enrutador móvil (22) consta de una pluralidad de medios de comunicación (27, 28, 29), estando dedicado cada medio de comunicación al establecimiento de una conexión inalámbrica con una infraestructura (7, 8, 9) de un tipo particular.

10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, formando parte dicho vehículo (2) de una pluralidad de vehículos y constando cada vehículo de una única segunda red local (21) equipada con un enrutador móvil (22), una dirección IP del segundo equipo (4) en dicha red global es privada y se obtiene concatenando un identificador común a la pluralidad de vehículos, un identificador (ID2) del vehículo (2) y un  
 5 identificador de dicho segundo equipo en dicha segunda red local (21) del vehículo (2) a bordo del que se embarca dicho segundo equipo y **porque** las tablas de enrutamiento de los enrutadores en tierra, tales como los enrutadores principal y de base, almacenan el identificador del vehículo (ID2) a bordo del que se embarca dicho segundo equipo y **porque** dichos enrutadores en tierra constan de unos medios que permiten extraer de la dirección IP contenida en el encabezado de un datagrama que se va a enrutar el identificador del vehículo (ID2) a bordo del que se embarca el  
 10 segundo equipo al que se dirige dicho datagrama.

11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, estando el enrutador móvil (22) y un enrutador de base (17, 18, 11 a-c) conectados por medios de una infraestructura (7, 8, 9) y siendo las direcciones IP en la red global privadas, los enrutadores móvil y de base constan de unos medios de  
 15 encapsulación y de «desencapsulación» de los datagramas que se intercambian para que se enruten en dicha infraestructura de comunicación.

12. Procedimiento de comunicación IP que utiliza un sistema según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 11 para la comunicación entre un primer equipo informático (1) fijo, en tierra, conectado a una primera red local  
 20 (3) y un segundo equipo informático (4) móvil embarcado a bordo de un vehículo (2) de una pluralidad de vehículos, constando cada vehículo de la pluralidad de vehículos de una segunda red local equipada con un enrutador móvil, estando dicho segundo equipo conectado a la segunda red local (21) del vehículo (2) a bordo del que está embarcado, siendo la comunicación en la red global asimétrica en que en comunicación descendente, es decir desde el segundo equipo hacia el primer equipo, es necesario determinar las rutas, mientras que en comunicación  
 25 ascendente, es decir desde el segundo equipo hacia el primer equipo, la ruta es única y el tráfico ascendente converge hacia el enrutador principal antes de ser retransmitido en la primera red, solo la dirección IP del nodo de la red global inmediatamente por encima debe ser conocida del nodo antes de enrutar un datagrama, **caracterizado porque** el procedimiento consta de las etapas, aplicadas por el enrutador móvil (22) embarcado a bordo de dicho vehículo (2), que consiste en:

30 a) establecer una conexión inalámbrica entre una estación de base (7b, 8a-b, 12a-c) de una infraestructura de comunicación (7, 8, 9), estando la estación de base equipada con un medio de comunicación radio y constando dicho enrutador móvil (22) de un medio de comunicación radio (27, 28, 29) adaptado;  
 b) después de que dicha conexión inalámbrica se establezca con una infraestructura (7, 8, 9), probar diferentes  
 35 direcciones IP de enrutadores de base (17, 18; 11a-c) conectados a dicha infraestructura, esperando una respuesta de uno de dichos enrutadores de base; y  
 c) conectar el enrutador móvil (22) al enrutador de base que haya respondido.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque**, después de la inicialización de la  
 40 conexión con dicho enrutador de base (17, 18, 11 a-c), el procedimiento consta de las etapas que consisten en:

d) memorizar, en una tabla de enrutamiento del enrutador móvil (22), la dirección IP, en dicha infraestructura de comunicación (7, 8, 9), del enrutador de base al que se acaba de conectar; y  
 e) memorizar, en una tabla de enrutamiento del enrutador de base, la dirección IP, en dicha infraestructura de  
 45 comunicación, del enrutador móvil que se acaba de conectar, así como una referencia asociada a la dirección IP, en la red global, de dicho enrutador móvil;  
 f) emitir, desde dicho enrutador de base (17, 18; 11 a-c) hacia un enrutador principal (5) conectado a dicha primera red local (3), un mensaje de estado de conexión que contiene una referencia asociada a la dirección IP en la red global de dicho enrutador móvil así como la dirección IP en la red global de dicho enrutador de base; y  
 50 g) memorizar, en una tabla de enrutamiento del enrutador principal (5), la dirección IP en la red global del enrutador de base (17, 18, 11 a-c) que ha emitido dicho mensaje de estado de conexión y la referencia asociada a la dirección IP en la red global de dicho enrutador móvil.

14. Procedimiento según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, **caracterizado porque**, el enrutador  
 55 de base (17, 18, 11 a-c) al que se acaba de conectar un enrutador móvil (22) transmite a este enrutador móvil otras direcciones IP de enrutadores de base para la actualización de dicha lista de enrutadores de base memorizada por el enrutador móvil.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 12 a 14, **caracterizado porque** el

enrutador móvil (22) aplica un mecanismo de predetección de pérdida de la conexión activa (14b) y en caso de ruptura potencial de dicha conexión, el enrutador móvil almacena en una fila de datos los datagramas que se van a transmitir, ejecuta de nuevo las etapas de a) a c) para establecer otra conexión inalámbrica y otra conexión a un servidor de base y una vez que se ha establecido una nueva conexión, transmite los datagramas almacenados en dicha nueva conexión.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 12 a 15, **caracterizado porque**, mientras que el enrutador móvil (22) está conectado a un primer enrutador de base a través de una primera conexión inalámbrica con una primera estación de base de una primera infraestructura de comunicación, por una nueva iteración de las etapas a) a c), el enrutador móvil establece una segunda conexión inalámbrica con una segunda estación de base de una segunda infraestructura de comunicación y se conecta a un segundo enrutador de base y **porque** los enrutadores principal (5) y móvil (22) arbitran para seleccionar una ruta entre una primera ruta que pasa por dicha primera infraestructura y una segunda ruta que pasa por dicha segunda infraestructura para la comunicación en curso entre el primer y segundo equipamientos.

17. Procedimiento según la reivindicación 16, **caracterizado porque**, formando parte el vehículo (2) de una pluralidad de vehículos y constando cada vehículo (2) de una única segunda red local (21) equipada con un enrutador móvil (22), siendo entonces la dirección IP del segundo equipo (4) en dicha red global privada y obtenida concatenando un identificador de dicha pluralidad de vehículos, un identificador de dicho vehículo (ID2) y un identificador de dicho segundo equipo en dicha segunda red local (21) de dicho vehículo (2), la etapa de actualización de la tabla de enrutamiento del enrutador principal (5) consiste en almacenar el identificador de dicho vehículo (ID2) como referencia asociada a la dirección IP de dicho enrutador móvil.

18. Procedimiento según la reivindicación 17, **caracterizado porque**, para la comunicación descendente del primer equipo (1) hacia el segundo equipo (4), el enrutamiento ejecutado por el enrutador principal (5) consta de las etapas que consisten en:

- interceptar un datagrama IP emitido en la primera red local (3), con destino al segundo equipo (4);
- extraer el identificador (ID2) del vehículo (2) a bordo del que está embarcado el segundo equipo (4) a partir de la dirección IP de este segundo equipo (4) indicada en la parte de encabezado del datagrama IP interceptado;
- leer, en la tabla de enrutamiento del enrutador principal (5), las direcciones IP de los enrutadores de base (11a-c, 17, 18) que, en el instante considerado, están en conexión con el enrutador móvil (22) de dicho vehículo;
- seleccionar un enrutador de base entre dichos enrutadores de base leídos; y
- enrutar el datagrama IP interceptado hacia el enrutador de base seleccionado.

19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 12 a 18, **caracterizado porque**, para la comunicación ascendente desde el segundo equipo (4) hacia el primer equipo (1), el enrutamiento ejecutado por el enrutador móvil (22) consta de las etapas que consisten en:

- interceptar un datagrama IP emitido en la segunda red local (21) por dicho segundo equipo (4) con destino a dicho primer equipo (1);
- leer, en la tabla de enrutamiento del enrutador móvil (22), la dirección IP del enrutador de base actualmente conectado a dicho enrutador móvil (22); y
- enrutar el datagrama IP interceptado hacia dicho enrutador de base (5) utilizando la conexión inalámbrica de la infraestructura (7, 8, 9) asociada a dicho enrutador de base.

20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 12 a 19, **caracterizado porque** siendo las direcciones IP en la red global unas direcciones privadas, la etapa de transmisión de un datagrama IP entre el enrutador de base (17, 18, 11a-c) y el enrutador móvil (22) por medio de la infraestructura de comunicación consta de las etapas que consisten en:

- encapsular un datagrama IP inicial al nivel de un primer enrutador entre el enrutador móvil y el enrutador de base;
- transmitir el datagrama encapsulado hacia el otro enrutador a través de dicha infraestructura de comunicación asociada;
- «desencapsular» el datagrama IP recibido, al nivel del otro enrutador, para extraer dicho datagrama IP inicial.

