

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 508**

51 Int. Cl.:

H04B 7/26 (2006.01)
H04W 16/00 (2009.01)
H04W 16/24 (2009.01)
H04W 80/00 (2009.01)
H04W 84/00 (2009.01)
H04W 84/10 (2009.01)
B61L 3/12 (2006.01)
B61L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2006 E 06290477 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013 EP 1705810**

54 Título: **Sistema de comunicación para el control de un convoy**

30 Prioridad:

23.03.2005 FR 0502901

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

08.11.2013

73 Titular/es:

**ELTA (100.0%)
14 PLACE MARCEL DASSAULT
31700 BLAGNAC, FR**

72 Inventor/es:

ROBIN-JOUAN, YVES

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO FACES, José

ES 2 428 508 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 para el control de un convoy

La presente invención entra dentro del campo de las redes de comunicación.

5 La presente invención se refiere más concretamente a un sistema de comunicación para las redes de transporte.

10 La presente invención se refiere a un sistema de comunicación por medio de móviles entre vehículos móviles que circulan a lo largo de una línea de transporte guiada, adecuadamente equipada con puntos de acceso y de la infraestructura necesaria para unirlos. En concreto, la invención entra dentro de la arquitectura y las funciones originales de las redes locales inalámbricas entre los puntos de acceso y los vehículos móviles y entre los propios móviles. Los móviles son vehículos aislados, trenes tradicionales (de pasajeros o de mercancías), trenes modulares (varias ramas de transporte) o trenes de metro. El término "convoy" designa al conjunto de estos vehículos móviles. En adelante en el presente documento, el término "tren" sustituye a "convoy" por motivos de comodidad, pero sin perder el matiz de generalidad dado que el término "móvil" se utiliza en el sentido general de las redes convencionales.

15 Las aplicaciones de la invención abarcan servicios de comunicación pura, servicios de asistencia y de seguridad y servicios de valor añadido a lo largo de una línea de transporte guiado al aire libre, subterránea, en un "cañón urbano" (entre hileras de edificios) o en túnel:

-servicios de control y mando a tiempo real, sobre todo para la ordenación y el pilotaje de los: ATC, CBTC (Automatic Train Control Communication Based Train Control);

20 -servicios de alarma o de emergencia, en relación con los centros de operación;

-servicios de fonía operativa entre trenes y centro(s) de regulación;

-servicios de gestión de flotas de vehículos o vagones;

-servicios de seguimiento logístico por parte de los operadores, o por parte de los clientes en el caso de trenes de mercancías, por ejemplo;

25 -servicios de vigilancia, consistentes en la recopilación de señales de vídeo;

-servicios de infoentretenimiento (información y distracción para los usuarios), consistentes en vídeos disponibles o seleccionados, posiblemente con carácter comercial;

30 En el campo de las comunicaciones con móviles, existen numerosas tecnologías genéricas o más o menos especializadas en el seguimiento de vehículos móviles veloces (120 km/h o 250 km/h en tierra y hasta velocidades supersónicas en el espacio aéreo).

El estado de la técnica actual en materia de normas oficiales o normas de hecho:

-las soluciones de las redes profesionales evolutivas de la analógica de un todo numérico, seguidas de redes de gestión manual y los 3RP (Redes Radio de Recursos Compartidos) en incluso diversas normas actuales de PMR (Professional Mobile Radio, como TETRA, TETRAPOL, APCO 25);

35 -soluciones celulares de segunda 2ª generación, de generación transitoria y de 3ª generación (2G, 2G+, 3G), derivadas de la radiotelefonía institucional "PTT" o "ILEC" (en concreto GSM, GPRS, UMTS); las soluciones de 4ª generación convergentes hacia la siguiente familia se encuentran todavía en fase de proyecto;

40 -soluciones WLAN, multi WLAN, además de WMAN (Wireless Large/Metropolitan Area Networks), derivadas de redes informáticas para oficinas automatizadas portátiles, utilizadas por los operadores de telecomunicación alternativos "CLEC" (Competitive Local Exchange Carriers);

-soluciones basadas en la utilización de satélites geoestacionarios o desfilantes (SATCOM).

La siguiente tabla expone una síntesis comparativa de las ventajas e inconvenientes de estas soluciones genéricas en su aplicación al transporte guiado.

Familias de soluciones	Aplicabilidad al transporte guiado	
	Ventajas	Inconvenientes
V-UHF	Alcance a baja velocidad Reutilización de los canales	Canalización estrecha (histórica)

Profesional 3RP a PM desde puntos altos	analógicos Apertura de ciertos canales (865-870 MHz)	Incompatible con los túneles Pocos recursos disponibles y probabilidad de saturación
Redes móviles 2G, 2G+, 3G	Cobertura pública existente Posibilidad de desarrollo privado (tipo GSM-R)	Prioridades no aseguradas en público Coste elevado y zonas sin cobertura Comunicación móvil-móvil imposible sin infrarrojos
WLAN de la serie 802.11	Coste competitivo en infrarrojos Móvil-móvil y móvil-infra	Alcance y movilidad débiles Generalización del peor caso Saturación e interferencias
WMAN de la serie 802.16	Bajo coste en infra Alcance general mejorado Velocidad adaptable	Estándar para móviles en espera Conexión móvil-móvil limitada (opción "malla" distribuída)
SATCOM	Gran cobertura sin infra Su posicionamiento es un valor añadido Evolución de las antenas electrónicas	Problemas en muros y túneles Retraso de latencia incomprensible Agilidad mecánica de las antenas (coste)

TABLA 1: síntesis comparativa de ventajas e inconvenientes de las soluciones genéricas para su aplicación en el transporte guiado.

5 La mayor parte de inconvenientes citados en dicha tabla o inherentes a las soluciones genéricas dificultan su aplicación a los servicios más críticos de transporte guiado. Es importante poner de relieve que la necesidad de comunicación entre los trenes se expresa en términos de largo alcance en el Eje, pocos móviles por "estación base" o "punto de acceso", y la recurrencia de dichos puntos de accesos con poca capacidad y a bajo coste. Además, la cobertura debe ser lineal en lugar de superficial o por densidad; la poca densidad no incita a segmentar dicha cobertura y a generar la conmutación entre segmentos ("hand-over"), a menos que las condiciones de propagación no lo exijan necesariamente. Dicha necesidad es completamente diferente de las necesidades a las que responden las redes móviles, y por lo tanto es comprensible que las soluciones móviles no estén bien adaptadas para ello, tanto si provienen del mundo institucional, como del mundo profesional, o del mundo de las redes informáticas para las oficinas.

15 Por otra parte, existen soluciones patentadas de base de guía de onda ranurada (sistema IAGO de INRETS y ALSTOM), coaxial agujereada (Cf. por ejemplo MAGGALY) o, por último, de propagación libre o confinada a corto alcance (MATRA-SIEMENS) o de largo alcance (sistema SOFRANET). Las soluciones de guía o coaxiales suponen limitaciones tanto en su instalación como en su uso, y por lo tanto, los operadores las desaconsejan, ya que el objetivo es minimizar su coste de posesión.

20 La solución patentada de MATRA-SIEMENS (Cf. patente US 5 995 845 del 30/11/99) se vale de un concepto móvil modificado por duplicación de los puntos de acceso en las extremidades de cada móvil, lo que proporciona a los trenes la ventaja de tener una diversidad entre la parte delantera y trasera del vehículo, con formato de espectro ensanchado o OFDM. La contrapartida sigue siendo la obligación de conmutar las frecuencias de un móvil al otro (hand-over), como en todas las redes móviles.

SOFRANET (Cf. la solicitud de patente francesa del 26/10/2001) ha sido descrito como un sistema de comunicación en una red linear, entre puntos de acceso fijos y puntos de acceso móviles inalámbricos. SOFRANET define una orientación estricta de la red, y un flujo de datos de arriba hacia abajo –en todos los puntos de la red-, circulando en un solo sentido. Los datos emitidos por difusión por un móvil inalámbrico M se reciben de forma sistemática en un mínimo de dos puntos de acceso por encima del móvil M, de forma que se definen al menos dos uniones unidireccionales descendentes. Del mismo modo, los datos destinados al móvil inalámbrico M se transmiten sistemáticamente hacia M por medio de un mínimo de dos puntos de acceso situados por debajo del móvil M; se definen, así, un mínimo de dos uniones unidireccionales hacia arriba, en canales o franjas temporales distintos. El segundo sentido de orientación de la red se utiliza para garantizar una redundancia 1+1 del sistema.

SOFRANET, que fue concebido como una red a estricto tiempo real de extremo a extremo, presenta limitaciones en comparación con el estado de la técnica actual de radios y de redes: de hecho, por una parte, no tiene en cuenta la debilidad de la radiocomunicación rápida bidireccional conjuntamente con los móviles, ni tampoco la posibilidad de multiplexar espacialmente las uniones multi-puntos con los nuevos formatos de radio (OFDM, por ejemplo); por otra parte, impide la evolución de los núcleos de redes desde el mundo síncrona SDH hacia asíncronas Ethernet bajo IP, lo cual significa que su realización sería delicada sino del todo imposible.

En las publicaciones del campo anteriores también se incluye la patente US 5,420,883, que describe un dispositivo de comunicación y de técnicas de redes utilizadas para satisfacer los criterios de seguridad y funcionamiento para el control y la localización de los trenes en su aplicación a transportes públicos ferrocarril-carretera. Esta solución derivada del sistema EPLRS del ejército estadounidense que dispone de una localización precisa en correlación temporal destinada a la aplicación, y está, por lo tanto, limitada a una forma de onda de espectro ensanchado en secuencia directa (DSSS).

La invención, en sus diferentes aspectos, tiene por objetivo paliar los ya mencionados inconvenientes de las distintas soluciones presentadas anteriormente, ya pertenezcan estas soluciones a normas, normas de hecho o soluciones patentadas.

En este sentido, la presente invención presenta, en el sentido más general de la palabra, un sistema de comunicación a lo largo de un Eje de transporte guiado, rectilíneo o curvilíneo, entre trenes con cobertura de radio proporcionada por una infraestructura de estaciones o Puntos de Acceso (PAR) desplegados a lo largo de dicho Eje, y adosados a una red de tránsito, tanto sincronizada como asincronizada con IP (Internet Protocol),

se caracteriza por que los PAR contiguos se reagrupan en racimos, bajo la autoridad de los controladores (CPU o Cluster Protocol Unit), y que la red de servicio local entre los Puntos de Acceso Radio (PAR) y los trenes sea inalámbrica y utilice uniones unidireccionales o bidireccionales multiplexadas por división de tiempo (TDMA) de un mismo canal isofrecuencia o de varios canales isofrecuencia en caso de ampliación de los servicios o de redundancia de un servicio crítico,

y por que entre los racimos se lleve a cabo la cobertura de al menos una sección entre los PAR o una estación intermedia, de forma que cada CPU pueda percibir y anticipar los movimientos de los trenes en las secciones o estaciones intermedias limítrofes, y que la sincronización del ciclo TDMA esté asegurada por medios fijos entre el CPU o entre los PAR de racimos diferentes.

Preferiblemente, el sistema está equipado con un servicio local con base de radio o hiperfrecuencia con diversidad de frecuencia, en formatos de frecuencia de salto o de rampa, espectro ensanchado, multi portadoras, o impulso de banda ancha, y con diversidad de uniones simultáneas o secuenciales –según el formato- en el seno del ciclo TDMA.

Una ventaja de este procedimiento es que propone una diversidad espacial para la instalación de antenas, tanto a nivel de los PAR, como a nivel de los trenes.

De acuerdo con un modo de utilización particular, dicho procedimiento comprende una función de auto-localización de los trenes que lleva a cabo la capa MAC (Medium Access Control) de los CPU junto con los equipamientos a bordo, y ayudándose directamente de las mediciones instantáneas de variables de la capa física radio.

De acuerdo con un modo de realización, el sistema reserva para cada tren un motivo de base IP (Intervalos de Tiempo), los motivos se encuentran juntos o repartidos a lo largo del ciclo, para las transmisiones suelo-tren, tren-suelo, posibles relevos y posible comunicación entre trenes, con una gestión determinista de las prioridades.

Dicho sistema cuenta con la ventaja de presentar una función de micro-movilidad que tiene lugar dentro de cada racimo y consiste en la activación de los IT adecuados de los motivos para las estaciones de trenes en cuestión, con la sustitución de estaciones sucesivas en dichos IT cuando los trenes avanzan. Se caracteriza, además, por un encadenamiento de la micro-movilidad de racimo en racimo, aprovechando así la extensión de los racimos, y la escucha por CPU de dicha estación o de estaciones intermedias limítrofes, de forma que dicha micro-movilidad puede funcionar sola, mantener la movilidad de la capa red (IP móvil), o colaborar con ella.

- 5 Preferiblemente, el sistema comprende una función de localización de los motivos fija (VF) o dinámica (VD) de racimo en racimo, y dentro de los racimos, que se encarga de reutilizar los motivos ordenados geográficamente por cada CPU, de forma que la distancia de reutilización sea del orden de la longitud de la zona de alcance, con una resolución definida por un reparto espacial del alcance en una zona central y dos márgenes laterales (del lado de las fronteras), dichos márgenes tienen una longitud superior a la de la cobertura de los racimos de la reivindicación 1.
- 10 De acuerdo con una variante, el sistema pone en marcha la asignación y reasignación dinámica provocada por una secuencia de dobletes, emitida por las estaciones en los intervalos IT reservados individualmente para ello en el ciclo TDMA; cada doblete contiene el número de motivo actual y el nuevo número de motivo sobre el que el tren debe oscilar, manteniendo el doblete de ciclo en ciclo hasta su ejecución por el equipamiento del tren.
- 15 Preferiblemente, el sistema comprende el mantenimiento de una sinopsis de la situación de los trenes realizada por el CPU en su rango de alcance, y la difusión de dicha sinopsis en los IT reservados a las estaciones de su alcance, o a los IT suplementarios que se le unen. Dicha sinopsis se propaga a un CPU vecino, ya sea por medio de una extensión de la unión síncrona entre racimos, ya sea directamente por radio, o incluso por obra de un intermediario de los trenes que circulan entre los racimos, que las copian nuevamente de una en una.
- 20 Según el modo de realización preferido, el sistema pone en marcha un intercambio de sinopsis entre los CPU valiéndose de las redes de tránsito y de protocolos de servicio IP, o de protocolos particulares de comunicación entre routers, lo cual constituye una alternativa (A) en cuanto a la utilización de redes de distribución entre CPU.
- Otra ventaja de este sistema de comunicación es que pone en marcha una asignación dinámica cooperativa entre los CPU, que se basa en las sinopsis intercambiadas y organiza la reutilización geográfica tren por tren proporcionando a cada tren un marco espacial con vista hacia atrás y hacia delante de su intersección en un momento dado, y que desencadena una reasignación de uno de cada dos trenes, siempre que sus marcos se encuentren. Dicho método constituye la alternativa (B).
- 25 De acuerdo con otra variante, el sistema tiene la capacidad intrínseca de relevo y de comunicación directa tren-tren, de forma que aprovecha sistemáticamente (para trenes relevo o iniciadores de la comunicación) los IT propios de cada motivo del tren objetivo, identificado como un tren que se encuentra en los alrededores inmediatos por medio de la sinopsis de situación. Dicha capacidad es completa en reasignación VF, o sujeta a la reasignación dinámica VD utilizada por cada CPU dentro de su alcance, considerado como principal.
- Tendremos una idea más clara de la invención con la ayuda de la descripción que se presenta a continuación a título puramente explicativo de un modo de realización de la invención en referencia a las dos figuras del anexo:
- 30 -la figura 1 ilustra la arquitectura MIMADIP (Micro-Movilidad & Acceso Dinámico en Internet Protocol) según la presente invención, con alcances de CPU con cobertura en el caso unidireccional (antenas: negras emitiendo, blancas recibiendo);
- la figura 2 ilustra la arquitectura MIMADIP según la invención, con alcances de CPU con cobertura, en el caso bidireccional (antenas: gris recibiendo/emitiendo);
- 35 -la figura 3 ilustra las reglas nominales de asignación de motivos IT entre los racimos para una correcta reutilización geográfica global;
- la figura 4 ilustra las reglas nominales de asignación de motivos IT entre los racimos para una correcta reutilización geográfica global, en este caso, contando el tiempo de arriba hacia abajo.
- 40 De acuerdo con la invención, MIMADIP (Micro-Movilidad & Acceso Dinámico en Internet Protocol) es un sistema de comunicación original para trenes a lo largo de una Línea o "Eje" de circulación guiada, por división de tiempo (TDMA) entre los trenes y alimentación fija dispuesta de forma regular o no a lo largo de la Línea. La Línea puede ser rectilínea, curvilínea, o incluso cerrada formando un bucle. MIMADIP tiene en cuenta la puesta en común para todas las fuentes de alimentación de un ciclo TDMA sincronizado en un canal isofrecuencia a una frecuencia f_1 , siguiendo el Eje de circulación, y generaliza ese principio al caso de las uniones móviles unidireccionales y bidireccionales. Dicho TDMA global proporciona la mejor garantía de conectividad y de control de las interferencias. Se puede utilizar varios canales del mismo tipo con frecuencias f_2, \dots, f_N para así diversificar y ampliar los servicios, para ramificar el despliegue (línea en horquilla, líneas con partes comunes o adyacentes, zonas de garaje, ...) o para asegurar una o varias redundancias calientes 1+1 de ciertos servicios críticos. Las uniones móviles asociadas pueden ser codireccionales o contradireccionales. Teniendo en cuenta lo aquí expuesto, la descripción se limitará a un solo canal isofrecuencia, sin restricción de generalidad.
- 45
- 50 Este sistema no tiene limitaciones en cuanto a los móviles, a una o a varias frecuencias, sobre todo en lo que se refiere a la administración de frecuencias móvil a móvil y al hand-over. Las estaciones adyacentes se reagrupan en "racimos" bajo el mando de un controlador de racimos o CPU (Cluster Protocol Unit). Los racimos se suceden dentro de los eventuales sectores, en el sentido de un reparto de la cobertura global. El ciclo TDMA se encuentra dividido en Intervalos de Tiempo (IT), y es capaz de distinguir los intervalos de tiempo de las estaciones y los intervalos de tiempo de los trenes, organizados todos dentro del ciclo. El "motivo de tren" (pattern) concentra los
- 55

intervalos IT que afectan a dicho tren. Dicho motivo es una entidad lógica, pero se corresponde con los IT, ya estén estos aislados o repartidos dentro del ciclo (por ejemplo, para dejar que una aplicación crítica tenga tiempo suficiente para reaccionar entre la emisión y la recepción), con posibles imbricaciones entre motivos. Los IT del motivo se reservan para el relevo y para la comunicación directa tren-tren; los otros se destinan a las comunicaciones suelo-tren y tren-suelo.

Los elementos innovadores que presenta este sistema de acuerdo con la invención llamada MIMADIP consisten en un conjunto de características destacables que se enuncian a continuación:

-la red de infraestructura considerada para el tránsito entre “fuentes de alimentación” fijas y los nudos de la conexión del lazo-a-lazo de los servidores (Puesto de Control y Mando, Aplicaciones ATC de sectores, entre otros) es una red generada en protocolo IP (Internet Protocol) y posteriores, entre lazos constituidos por conmutadores o routers IP y por arterias síncronas (SDH: Synchronous Data Hierarchy) o asíncronas, es decir, utilizando arterias Ethernet (10, 100, 1G o 10 G basadas en pares de cobre o en fibra óptica). Los componentes de MIMADIP (lazos de las estaciones, de los trenes, radios) se encuentran mediatizados según las normas MIB (Management Information Base) y SNMP (Simple Network Management Protocol) conducidos por la pila UDP/IP (Uniform Data Protocol), y pueden producirse en la misma plataforma abierta que se usa para la administración de la red de infraestructura.

-El protocolo IP está considerado en su versión v4, v6 o versiones posteriores, con los perfeccionamientos esperables de movilidad, jerarquía y encaminamiento ad hoc. MIMADIP acepta, de esta forma, las normas más potentes para las redes de tránsito, sin presentar limitaciones propias.

-La sincronización de las estaciones y de los trenes en el seno de los ciclos TDMA no guarda relación con las redes de infraestructura, sino con los medios de unión propios, que surgen de la red de distribución MIMADIP, es decir, uniones fijas desplegadas entre las estaciones de racimos y las demás estaciones, y entre las estaciones y sus fuentes de alimentación o Puntos de Acceso Radio (llamados PAR en adelante en el presente documento), cada uno de los cuales (independientemente de si es local o deportado) está equipado con un emisor y un receptor. Desde este punto de vista, el sistema no se ve limitado en origen por la latencia de la red de tránsito y sus variaciones. La red de distribución MIMADIP se realiza, preferiblemente, a partir de fibra óptica.

-Para luchar contra la dispersión de propagación, a la diversidad básica de las antenas (en parte PAR y en parte móviles), MIMADIP añade una diversidad de frecuencia, haciendo uso de todas las facilidades ofrecidas por los formatos modernos, así como una diversidad de uniones entre móvil e infraestructura, multiplexadas en el tiempo o estrictamente simultáneas (según el formato). Los formatos con diversidad de frecuencia que se tienen en cuenta en este momento para la invención son la frecuencia de salto y la de rampa, la frecuencia de espectro ensanchado por secuencia directa, la transmisión por varios canales (OFMD o COFMD: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex), o las formas de onda de banda ultraancha (UWB: Ultra Wide Band).

-Para ofrecer soporte a la capa MAC (Medium Access Control), el sistema dispone de una función de auto-localización que aprovecha directamente las mediciones instantáneas y los umbrales con variables de la capa física, sobre todo la detección del paso de trenes bajo las rampas de antenas fijas, y procede a realizar intercambios rápidos de señalización interna entre los trenes y las estaciones. Cada CPU mantiene al día la lista de trenes y su posicionamiento esquemático en las estaciones intermedias de su zona de alcance (sinopsis de situación). A partir de esta información, cada CPU puede dirigir adecuadamente los mensajes que van hacia arriba, en forma de tramos numerados que se vierten en los IT correspondientes del motivo de un tren, hacia los PAR de emisión en relación a dicho tren. El CPU asegura la sustitución de las estaciones sucesivas en dichos IT al ritmo al que los trenes van avanzando dentro de su zona de alcance. El mecanismo es puramente determinista, y por ello genera eficazmente las prioridades entre servicios.

-Las funciones de micro-movilidad de la capa MAC de MIMADIP son completas y pueden encadenarse de un racimo al siguiente con el fin de conseguir una cobertura total de la Línea, y autonomía total en relación a las otras capas superpuestas o superiores de movilidad, tanto a nivel IP como a nivel de aplicación. El encadenamiento se garantiza aplicando una cobertura de las estaciones intermedias entre 2 racimos contiguos (Cf. figuras 1 y 2). En el caso de los PAR deportados la sección entre PAR se sustituye en la estación intermedia. Esta afirmación es válida en el resto del presente documento. Siguiendo la orientación del canal (de izquierda a derecha sistemáticamente en la figura 1 y con emisión suelo en la figura 2, siguiendo las flechas en las antenas), que determina la numeración de los PAR, el primer receptor R1 del racimo se une a dicho racimo pero viene derivado del racimo inmediatamente anterior, la unión n hacia el último emisor potencial de dicho racimo se mantiene en reserva, pero el CPU hace el seguimiento de la última estación intermedia n limítrofe a su zona de alcance gracias a una derivación que se lleva a cabo a partir del receptor R1 del racimo inmediatamente posterior. Para una capacidad de n por racimo, la zona de alcance se extenderá, por lo tanto, a las estaciones intermedias n-1 y 1 (de vigilancia, pero no de emisión), imbricada con el racimo siguiente. Tradicionalmente (pero sin novedad) n=4 a 8; el alcance de un racimo puede así extenderse de 3 a 7 estaciones intermedias (o secciones de la Línea entre PAR). En otros despliegues, tenemos en cuenta sobre todo n=12, con una cobertura de 2, es decir, un alcance de 10 estaciones intermedias (o secciones de la Línea

entre PAR).

-La sincronización queda asegurada en el interior del racimo por el CPU, y de un racimo al siguiente (en el sentido de orientación ya mencionado) movilizándolo la unión n reservada en el párrafo anterior. Esta unión (representada por una línea de puntos en las figuras 1 y 2) puede conducir directamente el primer emisor del CPU siguiente (CPU* de las figuras 1 y 2), o estar dirigido hacia el CPU siguiente. Hay más alternativas posibles, a partir de una cascada de uniones específicas de PAR a PAR, a lo largo de las vías (uso de una fibra dedicada, por ejemplo).

-Es la cobertura de una o de más estaciones intermedias lo que permite a un racimo anticipar la percepción de entradas y salidas de trenes en su zona de alcance, sobre todo en el caso desfavorable de que los trenes circulen en el sentido contrario a la apertura de los receptores fijos (es decir, contrario a la flecha suelo-margen de la figura 1 y de acuerdo con la flecha de la figura 2). La cobertura consume capacidad de la infraestructura y es necesario ajustar la proporción movilidad/capacidad. La representación de las figuras 1 y 2 adopta una cobertura de una sola estación intermedia, para n-1 estaciones intermedias útiles para CPU, lo cual constituye únicamente una representación no restrictiva de la invención.

-El TMDA puede ser fijo en el conjunto de estaciones y trenes activos de una Línea (versión de MIMADIP llamada VF), o puede generarse por Asignación Dinámica, mediante la reutilización geográfica de los IT y motivos a escala de los racimos, esto es, de racimo en racimo (versión de MIMADIP llamada VD). Para cada racimo de estaciones, la asignación está indexada en base a la auto-localización. En VF, los motivos de trenes pueden ser lo que sea, siempre que sean inmóviles, solo las estaciones se suceden dentro de los IT que están reservados para ellas en los motivos. En VD, los motivos de los trenes están aislados (IT agrupados en el ciclo), y la asignación de motivos a los trenes se lleva a cabo respetando reglas básicas de reutilización geográfica, de un racimo y de otro, a una distancia media cercana a la longitud de su zona de alcance. Un método simple para hacer esto consiste en tomar como objetivo una correspondencia espacio-temporal entre el ciclo y la zona de alcance de un racimo (Cf. figura 3), por ejemplo asociando el principio de un ciclo al margen izquierdo de la zona de alcance, la parte central del ciclo en el centro de la zona de alcance y el final del ciclo en el margen derecho de la zona de alcance. El CPU asignará a todos los trenes que entren por la derecha un motivo al final del ciclo. Con este método, la asignación dinámica se compartimenta racimo por racimo, sin optimizar la política global para el conjunto de la Línea.

-Más concretamente, para una baja densidad de trenes en circulación, casi homogénea entre las CPU, las asignaciones no se modifican a través de una zona de alcance de racimo, sino que se emplea el mismo método que para VF. A partir de ciertos umbrales sobre los motivos admitidos en el margen izquierdo y derecho (correspondientes por ejemplo a un tercio de la capacidad del ciclo de cada parte), el modo VD se activa y el CPU verifica –o corrige, si es necesario- la asignación a la entrada de cualquier nuevo tren desde uno de los márgenes y realiza la reasignación a la llegada de ese tren al margen opuesto. Con una densidad de trenes en aumento, la reasignación intermedia se hace posible en el centro de la zona de alcance (correspondiente, por ejemplo, a un tercio del medio del ciclo). En caso de saturación local, se puede aceptar ciertos desbordamientos internos más allá del primer tercio del ciclo del ejemplo citado, con la condición de que estos tengan después preferencia, en cuanto el desplazamiento relativo de los trenes dentro de la zona de alcance lo permita. Al salir de la zona de alcance, el tren libera el motivo y adquiere por defecto el motivo que tenía en el momento de su entrada en la zona. En principio, la longitud de los márgenes, que relevan la Asignación Dinámica, debería ser superior a la de las coberturas, que surgen de la micro-movilidad: por ejemplo, entre 2 y 3 estaciones intermedias por un racimo de 7 estaciones con cobertura de una estación intermedia.

-Las asignaciones y las reasignaciones de trenes se desencadenan por medio del CPU vía los IT de las estaciones correspondientes, por ejemplo, difundiendo una secuencia de dobletes, cada doblete contiene el número de motivo actual y el número nuevo de motivo sobre el cuál el tren debe oscilar. El CPU mantiene un doblete de ciclo en el ciclo hasta su ejecución.

-De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención, sobre todo destinado a facilitar el relevo de las comunicaciones tren-tren, el CPU propaga la sinopsis de situación en los IT reservados a las estaciones de su zona de alcance, o dentro de los IT adicionales que se le unen para formar “un motivo de estación”, y el equipamiento de cada tren (TPU: Train Protocol Unit) hace una nueva copia de la sinopsis tal y como la recibe, de una en una. La sinopsis de un CPU se propaga al CPU vecino, ya sea directamente por radio, ya sea por medio del intermediario de una extensión de la unión sincro entre racimos (representada por línea de puntos en las figuras 1 y 2) de forma bidireccional, ya sea por el intermediario de los trenes que circulan entre los racimos.

-Una alternativa (A) a estos mecanismos de bajo nivel, es que el soporte de la sinopsis sea capaz de sacar rendimiento a esos intercambios de servicios en IP entre CPU a través de las redes de tránsito, reutilizando los protocolos normalizados entre routers de protocolos posteriores a IP (por ejemplo, ICMP: Internet Control Message Protocol), una adaptación del protocolo SNMP, o un protocolo específico directamente inferior al IP, en multi-puntos, como puede ser el OSPF (Open Shortest Path First).

5 -Una alternativa (B) al mecanismo descrito anteriormente de correspondencia espacio temporal dentro de un racimo podría ser disponer de una sinopsis ampliada que cubra también los racimos contiguos, permitiendo así que el CPU lleve a cabo asignaciones o reasignaciones diferenciadas, de tren en tren, imponiendo que se reserve un marco espacial de visión, que encuadre el tren. En este caso, la reutilización del motivo queda prohibida (ya está incluida si el marco desborda sobre los racimos vecinos). La longitud del marco puede corresponderse con la del alcance del racimo, o bien estar ajustada de forma local gracias al CPU actual. Ya no se trata de generar correspondencia espacio temporal a la dimensión, sino de proporcionar un marco en el que la dimensión espacio aumente 1 y la dimensión tiempo aumente 1 (Cf. figura 4, donde los diferentes grosores de los trazos son resultado de la edición, únicamente). Este mecanismo, que ya no está compartimentado dentro de un racimo, es más flexible y aporta un mejor rendimiento que el anterior, pero depende de una amplia cooperación entre distintas CPU, con intercambios significativos. Por otra parte, las reasignaciones no son sistemáticas en este modelo, pero pueden experimentar efectos de cascada, incluso de avalancha, cuando los trenes se acumulen en un racimo.

10 -Para explicitar los detalles de la alternativa B, en la figura 4, los ciclos se suceden verticalmente y la ocupación de los motivos (a, b, c, d, e) por los trenes está representada por cuadrados más oscuros. Los motivos de las estaciones han sido omitidos de forma voluntaria. Algunos ciclos intermedios han sido obviados, para que la figura fuese más ilustrativa. Cada columna representa una estación intermedia (o una sección entre PAR). Los marcos espaciales que aparecen en la figura 4 son deliberadamente equivalentes a una zona de alcance de racimo –es decir, siete casillas-, están representados en horizontal en color gris claro. En el caso de los trenes, el tren en a se corresponde con una asignación simple a lo largo de la Línea que no presenta ningún problema de circulación entre distintos racimos. Los trenes en b y en c ilustran lo que ocurre cuando tiene lugar un movimiento de los trenes en caso de asignaciones múltiples del mismo motivo entre distintos racimos. Los marcos se interseccionarían en el 2º ciclo con los trenes en c, y en el tercer ciclo con los trenes en b. Los CPU se ocuparían de reasignar un nuevo motivo en el tercer ciclo (en d) y uno de los trenes anteriormente en c, por ejemplo, el que se desplaza más despacio o el que ha acumulado el menor número de cambios de motivo. Ni esta descripción ni la figura 4 establecen ningún tipo de limitación a los posibles despliegues de acuerdo con la invención.

15 -Si el protocolo IP utilizado en la red de tránsito dispone de la movilidad HMIP v6 (Hierarchical Mobility Internet Protocol, de acuerdo con la acepción del IETF) u otra movilidad más avanzada, los mensajes se enviarán automáticamente desde y hacia las aplicaciones, con relativa transparencia, e incluso con cierto riesgo de vecindad en las fronteras del racimo. En el caso contrario, o para no correr riesgos, MIMADIP lleva a cabo un encapsulamiento / desencapsulamiento de la cabecera IP, y por lo tanto de la doble cabecera (“tunneling”) en el tránsito, entre el router de conexión al servidor o servidores y los routers de los racimos de las estaciones. En el sentido ascendente en dirección hacia los trenes, una dirección externa general de difusión sería suficiente; el conjunto router-CPU desencapsula las cabeceras, el CPU lee las direcciones encapsuladas y si es necesario realiza la orientación adecuada hacia los PAR. En el sentido descendente tras los trenes, los CPU son transparentes, u, opcionalmente, encapsulan las cabeceras de los trenes con su propia dirección como dirección de origen. Así, las aplicaciones ATC pueden leer dicha dirección y saber cómo localizar el tren dentro de la red, en caso de que fuera necesario. Otra alternativa es que un OPU (Operation centre Protocol Unit) asociado a una aplicación central genere el direccionamiento IP ascendente en función de las direcciones de origen del desencapsulamiento descendente. También podemos evitar toda funcionalidad de la movilidad a nivel IP, si se cree conveniente. Además, en ese caso, se podría contar perfectamente con una subred y múltiples direcciones IP a bordo del tren.

20 -En la alternativa (A), el recurso tiene intercambios de servicio entre CPU por medio de protocolos de tipo IP, prepara la llegada en el Mercado de Internet de funciones de movilidad vertical en el sentido de las redes de radiocomunicación móvil. Dicha movilidad vertical generalizará estos intercambios de servicios entre las capas de transmisión y de conmutación, con unas interfaces encargadas de finalizar a partir del esquema que proponemos.

25 Para complementar los servicios ya descritos en párrafos anteriores, el sistema MIMADIP integra la capacidad intrínseca de relevo tren-tren, por medio del aprovechamiento inmediato –por los trenes relevo- de los IT pertenecientes a cada motivo de tren objetivo, siempre que se le identifique en los alrededores inmediatos de la zona gracias a la sinopsis de situación. Dicha capacidad es completa en el caso de la asignación fija por una Línea (en VF). Está sometida y afectada por la asignación dinámica de IT y de motivo que se lleva a cabo en cada CPU de la zona de alcance (en VD), que se considera preponderante. Esto conlleva que existan uniones adecuadas en el tren para deportar en tiempo real en las extremidades, comprendidas dentro del sistema por medio de los enganches, en caso de que sea necesario. Por otra parte, mas allá de hacer un simple relevo, el concepto MIMADIP está abierto al principio de comunicación directa tren-tren en una misma estación intermedia, por ejemplo, en el hipotético caso de que la señalización evolucione hacia una solución del tipo “cantones deslizantes” (European Rail Traffic Management System, en concreto, ERTMS 2 y posteriores).

30 La invención esta descrita hasta este momento a titulo de ejemplo. Se sobreentiende que los trabajadores experimentados en la materia podrán introducir diferentes variantes a la invención sin incurrir en el abandono de la patente tal y como está descrita en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de comunicación a lo largo de un eje de transporte guiado, rectilíneo o curvilíneo entre trenes equipados con:

- 5 -una infraestructura de estaciones o Puntos de Acceso, PAR, contiguos reagrupados en racimos, bajo el mando de los controladores, CPU. Dichos PAR se encontrarán desplegados a lo largo del eje,
- una red de servicio local inalámbrica entre los PAR,
- 10 -un tren que utilice uniones bidireccionales multiplexadas con división de tiempo, TDMA, de un mismo canal isofrecuencia o de varios canales isofrecuencia en caso de extensión de los servicios o de redundancia de un servicio crítico, y
- entre los racimos habrá coberturas de al menos una sección entre los PAR o una estación intermedia, de esta forma, cada CPU recibe y puede anticipar los movimientos de los trenes en secciones o estaciones intermedias limitrofes,

15 **Se caracteriza por:**

-dichos CPU están interconectados por una red de tránsito en protocolo IP (Internet Protocol) y por que las uniones fijas entre los CPU de los racimos contiguos o entre PAR de racimos distintos garantizan la sincronización del ciclo TDMA.

20 2. Sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** una red local con base de radio o hiperfrecuencia con diversidad de frecuencia, en formatos frecuencia de salto o de rampa, ensanchamiento de espectro, multi portadoras, o impulsos de banda ancha, y con diversidad de uniones simultáneas o secuenciales (según el tipo de formato) para cada tren dentro del ciclo TDMA.

25 3. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado por** una diversidad espacial para la instalación de antenas, tanto en los PAR como en los trenes.

4. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado por** una función de auto-localización de los trenes operada por la capa MAC, Medium Access Control, de los CPU junto con los equipamientos a bordo, sirviéndose directamente de las mediciones instantáneas de las variables de la capa física radio.

30 5. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y 4, **caracterizado por** reservar para cada tren un motivo con base IT, Intervalos de Tiempo, los motivos se encuentran juntos o repartidos a lo largo del ciclo, para las transmisiones suelo-tren, tren-suelo, posibles relevos y posible comunicación entre trenes, con una gestión determinista de las prioridades.

35 6. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, 4 y 5, **caracterizado por** una función de micro-movilidad llevada a cabo en el seno de cada racimo que hace que se activen los IT adecuados de los motivos para las estaciones en función de los trenes afectados, con sustitución de estaciones sucesivas en dichos IT en caso de que los trenes avancen, y caracterizado también por una encadenamiento de la micro-movilidad de racimo en racimo, aprovechando la cobertura de los racimos, y la escucha por parte del CPU actual de las estaciones intermedias limítrofes, de forma que dicha micro-movilidad puede funcionar por su cuenta, servir de ayuda a la movilidad de la capa red, IP móvil, o cooperar con esta.

40 7. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y de 4 a 6, **caracterizado por** una función de asignación de los motivos fija, VF, o dinámica, VD, de racimo en racimo, y dentro de cada racimo, que se encarga de la reutilización de los motivos ordenada geográficamente en cada CPU, con el objetivo de que la distancia de reutilización sea del orden de la longitud de la zona de alcance, con una resolución definida por un reparto espacial de la zona de alcance en un área central y dos márgenes laterales, a los lados de las fronteras. Dichos márgenes tendrán una longitud superior o igual a los de la cobertura de los racimos de la reivindicación 1.

45 8. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y de 4 a 7, **caracterizado por** una asignación o reasignación dinámica desencadenada por una secuencia de dobles emitida por las estaciones en los intervalos IT que se les reserve individualmente en el ciclo TDMA. Cada doblete consta del número de motivo actual y del nuevo número de motivo sobre el que debe oscilar el tren, con mantenimiento de doblete de ciclo en ciclo hasta su ejecución por el equipamiento del tren.

50 9. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y de 4 a 7, **caracterizado por** el mantenimiento de una sinópsis de la situación de los trenes llevada a cabo por el CPU en su zona de alcance, y la difusión de dicha sinópsis en los IT reservados a las estaciones de su zona de alcance, o en los IT adicionales que se le añaden. Esta sinópsis se propaga al CPU contiguo, ya sea por medio de una extensión de la unión sincro entre racimos, ya sea directamente por radio, o incluso a través de un intermediario de los trenes que circulan entre los racimos, que vuelven a copiar las sinópsis una a una.

55 10. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y de 4 a 9, **caracterizado por** un

intercambio de sinópsis entre CPU valiéndose de la red de tránsito y de protocolos de servicio de tipo IP, o de protocolos particulares de comunicación entre routers, lo cual constituye la alternativa A en lo que se refiere a la utilización de medios de distribución entre CPU.

- 5 11. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2, de 4 a 6, 8 y 9, **caracterizado por** una asignación dinámica cooperativa entre CPU, que se basa en las sinópsis intercambiadas y organiza su reutilización geográfica de tren en tren proporcionando a cada tren un marco espacial de visión hacia delante y hacia atrás de su actual estación intermedia, y que desencadena una reasignación de uno de cada dos trenes, siempre que sus marcos se encuentren, método que constituye la alternativa B a la reivindicación 7.
- 10 12. Sistema de comunicación de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 y de 4 a 9, **caracterizado por** una capacidad intrínseca de relevo y de comunicación directa tren-tren, los trenes relevo o iniciadores de la comunicación aprovechan sistemáticamente los IT propios de cada motivo de tren objetivo que se encuentra en los alrededores inmediatos según la sinopsis de situación, dicha capacidad es completa con asignación fija VF, o sujeta a asignación dinámica VD que lleva a cabo cada CPU en su zona de alcance, que se considera preponderante.

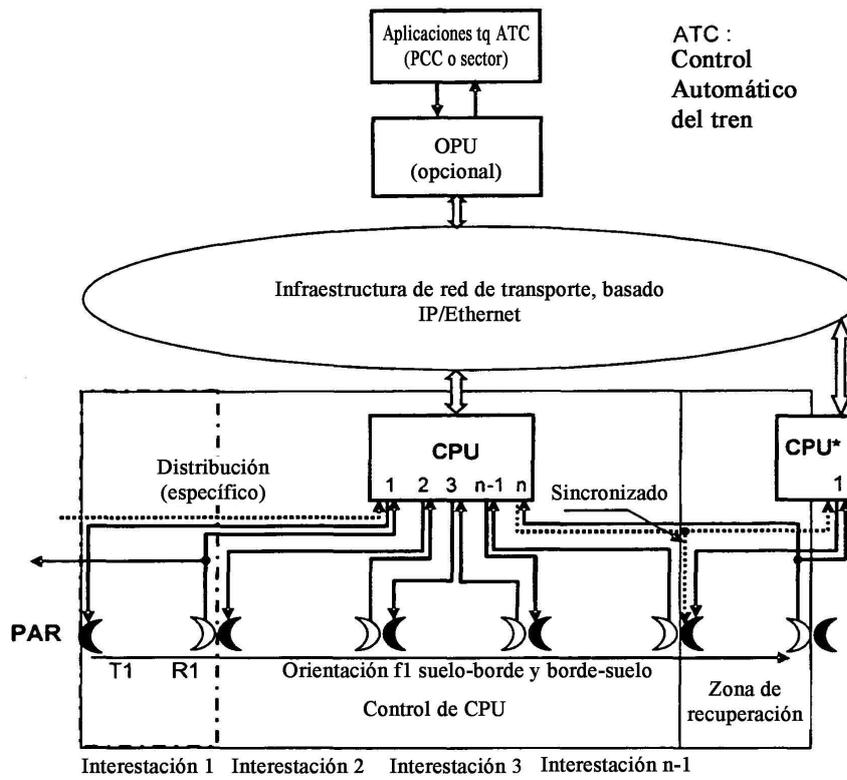
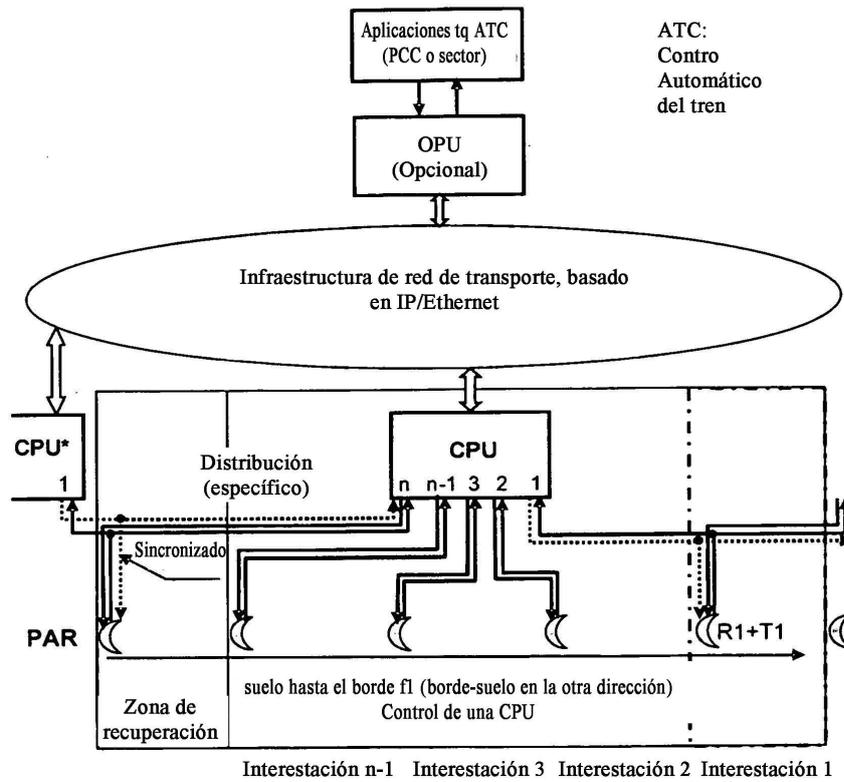


FIGURA 1



ATC:
Control
Automático
del tren

FIGURA 2

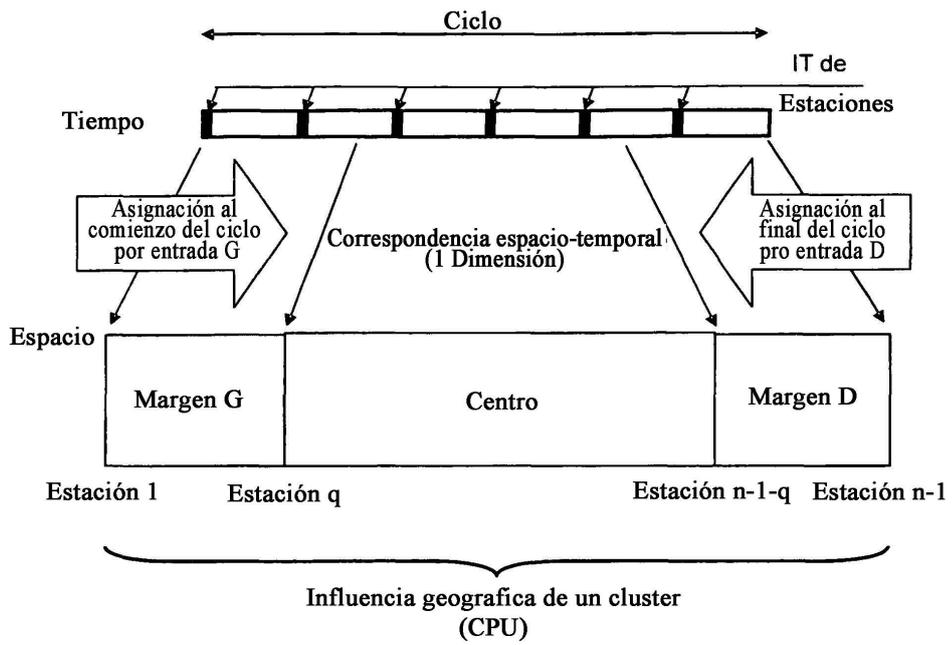


FIGURA 3

Cuadro de atribución espacio-temporal
(2 Dimensiones)

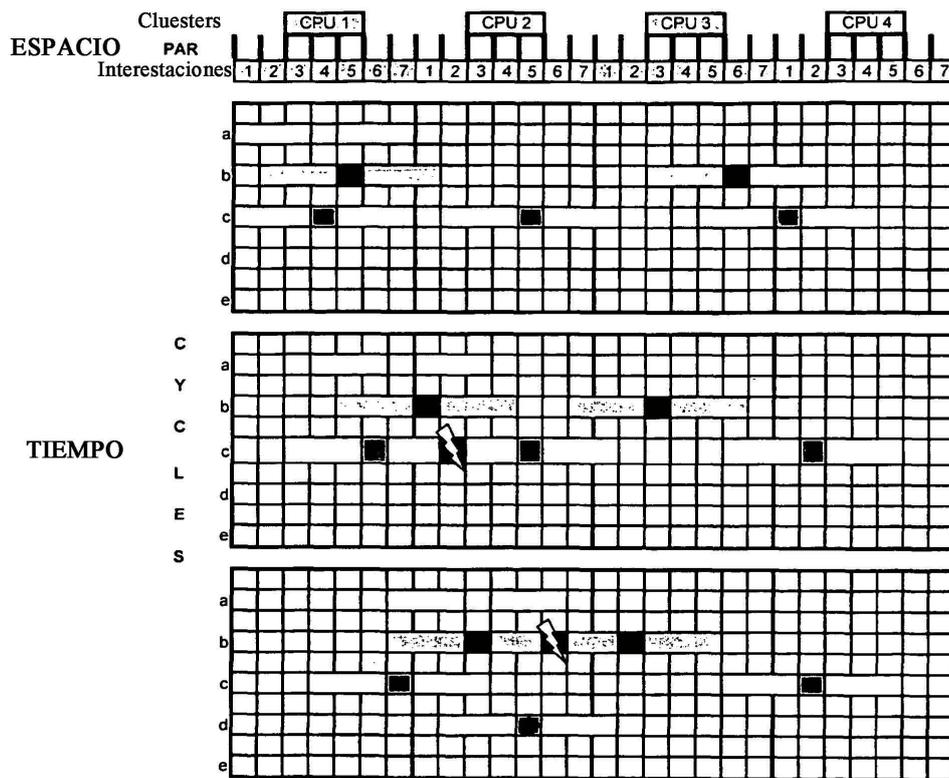


FIGURA 4