

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 838**

51 Int. Cl.:

H04W 16/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2003 E 03293049 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 1432260**

54 Título: **Sistema de transmisión radioeléctrica de información entre una infraestructura y móviles**

30 Prioridad:

19.12.2002 FR 0216220

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

09.02.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LARDENNOIS, RÉGIS;
CHOCHOIS, BÉNÉDICTE;
TOUSCH, ROLAND y
LEBOUCHER, PASCAL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 558 838 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 transmisión radioeléctrica de información entre una infraestructura y móviles

La presente invención se refiere a sistemas celulares de transmisión radioeléctrica de información entre una infraestructura y móviles obligados a desplazarse a lo largo de un trayecto determinado.

5 La invención encuentra una aplicación particularmente importante en el ámbito de los transportes en terreno propio, y en particular en las redes ferroviarias que están situadas al menos en parte en un túnel, dónde particularmente se tienen que temer reflexiones múltiples. No obstante, la invención es también utilizable en otros ámbitos, en particular, para las comunicaciones con los aviones en vuelo o en el suelo sobre itinerarios bien definidos.

10 Un sistema celular para la transmisión radioeléctrica de información ya se conoce (EP-A-0838965 y Patente US 5 995 845), en el que la infraestructura tiene estaciones fijas de transceptores repartidas a lo largo del trayecto. Estas estaciones contienen transceptores y cada celda está rodeada por dos transceptores. Los transmisores asignados a la misma celda están sincronizados y transmiten con una codificación que permite tolerar o utilizar trayectos múltiples.

15 La codificación puede ser en particular del tipo dicho de multiplexado por división de frecuencia y codificación ortogonal (OC FDM) o del tipo codificación de espectro ensanchado por secuencia directa.

20 En particular, la presente invención pretende aumentar aún más la inmunidad a las interferencias. Con este fin, la invención en particular proporciona un sistema celular de transmisión radioeléctrica de información cuya infraestructura contiene estaciones transceptoras fijas, o bases de radio, repartidas a lo largo del trayecto y asignadas a celdas sucesivas, de manera que cada celda este provista de por lo menos dos transceptores, que la rodean y cuyos transmisores son sincronizados y preferentemente transmitidos con una forma de codificación que permite tolerar o utilizar los trayectos múltiples; según la invención los transceptores de las estaciones fijas y por lo menos un transceptor llevado por un móvil están controlados de manera que los intercambios entre el móvil y los transceptores asignados a una misma celda sean efectuados, cuando el móvil se encuentra en la celda, alternativamente en dos frecuencias diferentes durante dos ciclos de radio sucesivos.

25 Tal alternancia sirve para reducir las perturbaciones provocadas por interferencias que operan en frecuencia fija, que pueden ser una interferencia externa al sistema o estar constituidas por los transmisores de otras celdas.

30 Cada ciclo normalmente está constituido por varias tramas de intercambio, relativamente cortas para aumentar la calidad del servicio. Se utiliza frecuentemente un modo de transmisión de multiplexado temporal, como TDMA o AMRT. Las tramas que contienen información esencial pueden transmitirse sistemáticamente sobre las dos frecuencias en sucesión. Otras pueden ser transmitidas de una sola vez y otras todavía pueden repetirse a petición como consecuencia de una transmisión defectuosa.

35 El par de frecuencias utilizadas en una celda está ventajosamente constituido por dos frecuencias diferentes de las utilizadas en las celdas adyacentes. En partes de la red al aire libre, dónde el alcance de los transmisores puede ser muy grande, se pueden constituir ventajosamente los pares de frecuencias, a partir de las frecuencias disponibles, de manera que el mismo par de frecuencias sea reutilizado sólo a una distancia que sea lo más grande posible. Cuando se dispone de un número reducido de frecuencias, se procurará utilizar, entre las celdas que pueden interferir, solo una frecuencia común.

Una celda dada puede estar afectada, además de por los dos transceptores que la rodean, por los transceptores intercalados distribuidos.

40 Las características anteriores así como otras se entenderán mejor con la lectura de la descripción que sigue a continuación de un modo particular de realización, dado a título de ejemplo no limitativo. La descripción se refiere a los dibujos que lo acompañan, en los que:

la figura 1 es un diagrama muy simplificado que muestra una distribución en el espacio de los componentes de la estación fija y de dos móviles colocados en una celda;

45 la figura 2 es un diagrama de bloques que muestra los componentes principales de un sistema;

la figura 3 es un diagrama que muestra el modo en el que se efectúa la transferencia o <<hand over>> de una celda a otra;

la figura 4 muestra esquemáticamente la superposición de los lóbulos de los transceptores que pertenecen a dos celdas sucesivas;

la figura 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de cómo manejar la transmisión de las tramas en el curso de un ciclo, desde la entrada de un móvil en una celda hasta su salida;

5 la figura 6 da un ejemplo de reparto de ocho bandas de frecuencia en pares;

la figura 7 es un diagrama que muestra un cruce entre dos trayectos y el modo en el que son gestionadas las transmisiones en la zona de cruce.

Antes de describir la invención, recordaremos brevemente la estructura de un sistema al que se aplica, dado a título de ejemplo, haciendo referencia a la figura 1.

10 La figura 1 muestra una parte de un túnel 8 en un sistema de transporte ferroviario con dos vías que serán colectivamente designadas a continuación como la vía. A lo largo del trayecto las vías son repartidas por estaciones de base de vía. Las celdas están rodeadas por dos estaciones de base. Cada estación de base contiene un transceptor provisto de una antena, que tiene un lóbulo estrecho en túnel o en partes rectilíneas. Las antenas del transceptor E_1 , E'_1 que pertenecen a dos estaciones de base transmiten una hacia la otra en la celda n° 1 y
 15 presentan también un lóbulo posterior que hace que la celda desborde el intervalo entre las estaciones. Una o más estaciones intermedias E''_1 a menudo se distribuyen a intervalos en la celda, entre las estaciones de base E_1 y E'_1 . Los transceptores asignados a una misma celda están sincronizados al nivel símbolo. Los transceptores de una celda determinada transmiten a la misma frecuencia portadora y constituyen un canal común.

Cada estación de base S colocada en un lado de una celda a la que se le asigna, situada de un lado de una celda (por ejemplo la celda n° 1), es adyacente a otra estación que tiene un transceptor E'_0 o E_2 , asignado respectivamente a la celda 0 o a la celda 2. En el caso particular representado esquemáticamente en líneas discontinuas para la antena del transceptor E_1 , cada antena presenta un lóbulo principal delantero relativamente estrecho, dirigido a la celda y un lóbulo posterior de menor intensidad. Pero en la práctica se optimizarán los lóbulos de las antenas en función de cada ubicación geográfica. Mediante la separación de las estaciones de radio de
 20 celdas diferentes y el aumento de la zona de superposición entre las celdas, se puede reducir su número.

En el modo de realización representado, cada móvil, como 10_1 , 10_2 , consta de una antena del transceptor 12V dirigida hacia adelante y una antena del transceptor 12R dirigida hacia atrás. Como se verá más adelante, las antenas se pueden asociar con un equipo del transceptor común o con equipos distintos. Cada equipo (o el equipo) está previsto para sumar las energías recibidas de los transmisores E_1 y E'_1 , cuando el móvil está en la celda n° 1.

30 Un sistema en su conjunto puede tener la constitución funcional general que se indica en la figura 2.

La arquitectura básica de la parte del sistema que se encuentra en la vía (lado de la vía) puede considerarse como que tiene cuatro subconjuntos.

Un subconjunto de mando de celdas de vía WCC (abreviatura de Wayside Cell Controller) constituye un módulo anfitrión para la función radio de vía WRF. Este subconjunto de mando de la celda WCC puede contener dos
 35 unidades de transmisión de vía WTU (Wayside Transmission Unit) para asegurar una redundancia. Estas unidades están colocadas en locales técnicos y están conectadas:

- por redes, que utilizan a menudo un protocolo Ethernet, un controlador de zona Ze, que puede por sí mismo estar en redundancia;

- al puesto de los clientes de vía (usuarios de la transmisión), de modo clásico;

40 - por líneas de transmisión colocadas a lo largo de la vía, generalmente constituidas por enlaces de fibra óptica EF, a los equipos de radio de vía, denominados wayside radio equipments, que pueden tener dos unidades de radio de vía WRU.

Además se proporciona un enlace de sincronización, no representado, entre las unidades de transmisión de vía WTU de una misma celda.

45 Todas las unidades de radio de vía de una misma celda pueden estar conectadas a la misma tarjeta electrónica del interfaz de fibra óptica, en la unidad de transmisión de vía WTU.

La conexión entre las antenas de las unidades de radio de vía WRU y las antenas de los transceptores 12V, 12R de los móviles 10 se efectúa en hiperfrecuencia o microondas, generalmente en una banda reservada a las aplicaciones por ensanchamiento de espectro. La frecuencia está generalmente comprendida entre 2400 y 2483 MHz o entre 5725 y 5850 MHz.

- 5 Según el grado de disponibilidad deseado para la transmisión, se puede utilizar un transceptor con una o dos antenas o dos transceptores acoplados que excitan la misma antena o antenas respectivas.

El equipo CRU a bordo de un móvil (como por ejemplo, un tren) será complejo en mayor o menor medida en función de la constitución del tren.

Si se pueden colocar antenas en el techo del tren, es preferible utilizar un solo equipo CRU en el medio del tren.

- 10 Si, por razones de gálibo, no es posible colocar la antena en el techo, entonces habrá que colocar las antenas en los dos extremos y por lo tanto utilizar un equipo de radio en cada extremo. Dos subconjuntos, eventualmente sobre los coches de cabeza y de cola, asegurarán entonces respectivamente una función de reparto de radio sobre el móvil y una función de selección de radio frecuencia sobre el móvil. Estas dos funciones pueden ser completadas respectivamente por un módulo de distribución de radio CRDU y un módulo de radio frecuencia CRFU que excitan una o varias antenas.
- 15

Además de la parte de radio, el móvil lleva una unidad de control a bordo que asegura las funciones de radio de la parte embarcada, es designada por TRF. Las conexiones con los equipos y softwares como las demandas de comunicación, clientes embarcados, etc. permiten transferir las órdenes y las informaciones transmitidas y repartidas a través de la función radio de tren TRF.

- 20 Como se ha indicado anteriormente, los intercambios dentro de una celda entre las estaciones que rodean la celda y un móvil que se encuentra dentro de la celda, se efectúan sobre dos frecuencias diferentes, en alternancia en cada ciclo de radio. Se puede contemplar el uso de más de dos frecuencias, pero ofrece pocas ventajas adicionales. En efecto, en materia de redundancia, cualquier ventaja a obtener mediante el uso de más de dos frecuencias para transferir información esencial puede obtenerse sólo transmitiendo esta información tres veces. Además, dado que sólo están disponibles unas pocas frecuencias, se reduciría el número de combinaciones posibles que evitarían la presencia de una frecuencia común entre las celdas adyacentes.
- 25

- A título de ejemplo, en el caso de que la banda de frecuencia disponible sea de 83 MHz (este es, por ejemplo, el caso de la banda de instrumentación científica y médica ISM de 2400 a 2483 MHz) se puede fraccionar esta banda en nueve canales que tienen frecuencias centrales F1 a F9. Estos canales pueden tener 6 MHz de ancho, dejando subsistir un intervalo de 8 a 9 MHz con el fin de reducir la contribución entre canales adyacentes. Dos de estos canales no adyacentes, que tienen las frecuencias Fx y Fy están asociados a cada celda. Existen por lo tanto 28 pares para los cuales las dos frecuencias no son adyacentes. La figura 6 muestra un posible reparto.
- 30

- La transmisión se realiza generalmente por modulación de fase en dos o cuatro estados, (denominados BPSK o QPSK), de ensanchamiento de espectro en secuencia directa; o podemos ventajosamente utilizar el modo DQPSK con cuatro secuencias de ensanchado ortogonales entre sí. La transmisión puede realizarse en múltiplex a reparto temporal, denominado AMRT o TDMA para los enlaces de radio.
- 35

- Los intercambios entre el móvil y las estaciones de la celda se efectúan en ciclos con alternancia entre las dos frecuencias Fx y Fy elegidas para la celda. Cada ciclo está constituido por varias tramas. En cada trama, la cadencia será generalmente lo suficientemente reducida como para obtener una resistencia elevada a la interferencia, a la atenuación (fading) y a los trayectos múltiples. Se utilizará frecuentemente una cadencia de 32 o 64 Kbits por segundo aunque sea posible una tasa más elevada (hasta 256 kbits/s). Aunque en principio todas las tramas en el mismo ciclo de radio sean emitidas en una sola y misma frecuencia, puede ser ventajoso emitir una o varias tramas, cuyo contenido tiene una importancia esencial, sobre las dos frecuencias sucesivamente.
- 40

- En particular, se puede utilizar el siguiente reparto de un ciclo, las tramas de datos tienen por ejemplo una longitud constante de 200 bits y un ciclo una duración de 124 ms. El ciclo se subdivide en franjas o <<slots>> y la cadencia es de 64 kbps.
- 45

Intervalo de guarda: 1.5 ms

ES 2 558 838 T3

Trama de inicialización	200 bits	4.125ms
<hr/>		
Intervalo de guarda	(lo que permite el cambio del código de ensanchamiento)	1.5ms
<hr/>		
Tramas de datos (vías hacia trenes)	12 mensajes de tramas 200 bits Fx 12*4.125 ms	49.5ms
<hr/>		
Tramas de control (vías hacia trenes)	$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ trama } Fx : 4.125 \text{ ms} \\ \text{intervalo de guarda} : 1.5 \text{ ms} \\ 1 \text{ trama } Fy : 4.125 \text{ ms} \end{array} \right\}$	9.75 ms
<hr/>		
Trama de firma de entrada	2 veces:	
Tren hacia vía	intervalo de guarda 2 ms	12.25ms
	1 tramo 4.125ms Fx	
<hr/>		
Trama de datos (tren hacia vía)	$\left. \begin{array}{l} 8 \text{ veces:} \\ \text{intervalo de guardia} : 2\text{ms} \\ 1 \text{ trama de firma de entrada} \\ 4.125 \text{ ms } Fx \\ 1 \text{ trama de datos} \end{array} \right\}$	49ms
<hr/>		

Total: # 128 ms

Sólo el contenido aplicativo de las tramas está cifrado. La trama de firma de entrada puede estar repetida en el caso de mala recepción de la primera transmisión.

La trama de inicialización constituye la base de datos de radio y es utilizada sólo por la parte de radio del tren para configurarse.

- 5 Las tramas de datos hacia los trenes tienen un contenido que depende de la aplicación y del terminal <<cliente>> o usuario en el tren. Están cifradas.

La trama de control de celda, utilizada por la parte de radio del tren para configurarse, contiene información sobre la gestión, como la asignación de las franjas temporales a los diferentes trenes.

La trama de firma de entrada se utiliza por el tren que penetra en una celda para identificarse cerca del equipo de radio de vía, que está constituido por una o dos unidades WTU.

Por último, las tramas de datos hacia la vía transfieren datos de aplicación; estas tramas pueden transmitirse simultáneamente a dos celdas de radio cuando el tren está en la zona de superposición de dos celdas.

- 5 A continuación se describirá brevemente en primer lugar la transferencia o <<hand over>> de una celda a otra, después un ejemplo de gestión de las transferencias desde el registro de entrada de un tren en una celda hasta la salida del tren, evento que se detecta sólo por la falta de respuesta del tren a las preguntas.

Transferencia (figuras 2 y 3)

- 10 Así como en el caso de la patente antes mencionada, la transferencia se efectúa en campo fuerte, en una zona de superposición de dos celdas de radio, indicada por R. Las dos unidades de radio del tren CRU AV y CRU AR en el tren efectúan sucesivamente la transferencia. La unidad CRU AV efectúa la transferencia cuando sobrepasa la unidad de vía WRU 1 (posición del tren en trazos continuos), donde el campo de radiofrecuencia disminuye ya que hay paso en el lóbulo posterior de CRU-AV. Después la unidad CRU AR efectúa la transferencia en la proximidad de la unidad de vía WRU 2 (posición en línea discontinua).

- 15 Se puede ver que la transferencia comienza tan pronto como el tren sobrepasa la última unidad de vía de la celda que deja.

- 20 El tren señala el comienzo de la transferencia por medio del envío de la trama de firma. La unidad de transmisión de vía registra entonces el tren en la lista de los presentes en la celda. Borra el tren cuando la falta de respuesta del tren persiste más allá de un plazo determinado (10 segundos, por ejemplo) o de un número determinado de preguntas (4, por ejemplo).

Secuencia de acontecimientos, de la identificación de la entrada a la salida

En la figura 5 se da una secuencia típica de los acontecimientos sucesivos de la entrada a la salida de un tren; las unidades de las que se trata son identificadas por su abreviatura

- 25 1: TRF envía la trama de identificación de entrada para solicitar la búsqueda por CRU en la celda, cuyas frecuencias Fx y Fy y la secuencia de ensanchamiento son conocidas, y la autorización para emitir.

2, 3, 4: CRU explora las frecuencias Fx y Fy para detectar la trama de control de celdas, se registra y emite la inicialización y las tramas de datos hacia la vía.

5: TRF utiliza la información de base de datos contenida en la trama de inicialización.

- 30 6, 8: CRU esta sincronizada sobre el ciclo de radio de la nueva celda, emite la trama de identificación de entrada hasta que recibe una demanda de emisión de tramas de datos hacia la vía.

7: WRF asigna al tren una franja en la trama de control de celda, aunque ninguna aplicación al lado de la vía lo solicite; atribución a esta franja de una prioridad superior a la de las franjas requeridas por la aplicación de vía para otros trenes ya presentes en la celda.

- 35 9: la función de radio de vía WRF, por lo general en una unidad WTU, inscribe al tren en la lista de los trenes presentes en la celda, de manera que la aplicación al lado de la vía pueda enviar solicitudes al nuevo tren.

10, 11: CRU emite hacia TRF el contenido de todas las tramas de datos desde la vía hacia el tren; responde a toda solicitud que proviene de la vía, en la franja asignada.

12, 13, 14: en caso de ausencia de respuesta desde el tren a una solicitud desde la vía, repetición de la solicitud y después eliminación del tren de la lista de los presentes en la celda.

- 40 La mayor parte de los casos de colisión de tramas que pueden conducir a una no transmisión, que pueden presentarse, por ejemplo, cuando dos trenes se presentan simultáneamente en direcciones opuestas a la entrada de una celda; pueden resolverse por medio de medidas convencionales. Sin embargo, el procesamiento en un cruce entre varias líneas requiere medidas un poco más compleja. La figura 7 muestra un caso de un cruce entre dos líneas S1 y S2. En la figura, las frecuencias asignadas a las diferentes celdas 1 a 6 que pueden interferir unas con otras están en número de siete. Las posibles interferencias se indican por medio de flechas dobles discontinuas. En
- 45

el caso ilustrado, tres secuencias de ensanchamiento, indicadas por 1, 2 y 3, se distribuyen entre las 7 celdas que presentan una superposición de los campos radioeléctricos.

También se puede observar que existe una celda 1 común a las dos líneas S1 y S2.

- 5 Los riesgos de confusión se eliminan mediante la combinación de una selección apropiada de las frecuencias y de las diferentes secuencias de ensanchamiento disponibles, velando para que tenga una sola frecuencia común para reducir la probabilidad de interferencia simultánea sobre las dos frecuencias de una misma celda.

Se puede comprobar que, en el caso ilustrado, las secuencias de ensanchamiento son diferentes entre las dos celdas susceptibles de presentar una interferencia sobre una frecuencia común.

- 10 El protocolo de asignación de las franjas temporales para los trenes en el curso de un ciclo de transmisión de radio eléctrica se puede resumir del modo siguiente.

Para esto se utilizarán tramas de control de celda, que contienen una lista de los trenes a los cuales se asigna una franja temporal o un intervalo.

- 15 Tan pronto como un tren entra en una celda, el controlador de celda de la vía le asigna una franja temporal, tan pronto como el tren se identificó en la entrada (sign-in). Un protocolo determinista, utilizando por ejemplo la ubicación de los trenes con la ayuda de balizas en la vía, se puede utilizar para resolver los conflictos cuando varios trenes procuran inscribirse al mismo tiempo en una celda. Las franjas temporales asignadas a los trenes son cambiadas de modo dinámico, a partir de la vía.

La salida de un tren fuera de una celda se detecta sin diálogo entre la vía y el tren, simplemente por no respuesta del tren a las solicitudes enviados desde la vía.

- 20 El controlador de celda de vía, tiene una o varias unidades de transmisión de vía, puede estar previsto para solicitar al sistema embarcado el reenvío de una información que no recibió durante el ciclo que acaba de finalizar, lo que aumenta la robustez del sistema, sin aumentar la tasa tanto como sería el caso si se realiza una repetición sistemática.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema celular de transmisión radioeléctrica de información entre una infraestructura y los móviles (10, 12) los cuales están obligados a desplazarse según un trayecto determinado, la infraestructura consta de estaciones fijas de transceptores (S) repartidas a lo largo del trayecto y asignadas a celdas sucesivas (celda 1, celda 2) y en el que cada móvil lleva un transceptor (12R, 12V), los transceptores (E'0, E1; E'1, E2) de las estaciones fijas y los transceptores llevados por cada uno de los móviles son ordenados de manera que los intercambios entre el móvil y los transceptores (E1, E'1) asignados a una misma celda sean efectuados, cuando el móvil está en la celda (celda 1), alternativamente en dos frecuencias diferentes (Fx, Fy) durante dos ciclos de radio sucesivos.
- 10 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que cada ciclo está constituido por varias tramas de intercambio cortas.
3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, que utiliza un modo de transmisión de multiplexado temporal AMRT.
- 15 4. Sistema según la reivindicación 1 o 2, en la que las tramas que contienen una información esencial son sistemáticamente emitidas sobre las dos frecuencias en sucesión.
5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el par de frecuencias utilizadas en una celda están constituidas por dos frecuencias diferentes de las utilizadas en las celdas adyacentes.
- 20 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los intercambios entre el tren y un subsistema de vía se efectúan utilizando un multiplexado AMRT y un protocolo de asignación de franjas temporales a los trenes con asignación de una franja en cada tren que entra en una celda desde una unidad de radio de vía en respuesta al envío de una identificación de entrada por el tren al subsistema de vía.
- 25 7. Sistema según la reivindicación 6, en el que la salida del tren fuera de una celda es detectada por la no respuesta repetida del tren a una solicitud de la unidad de radio de vía asignada a la celda.

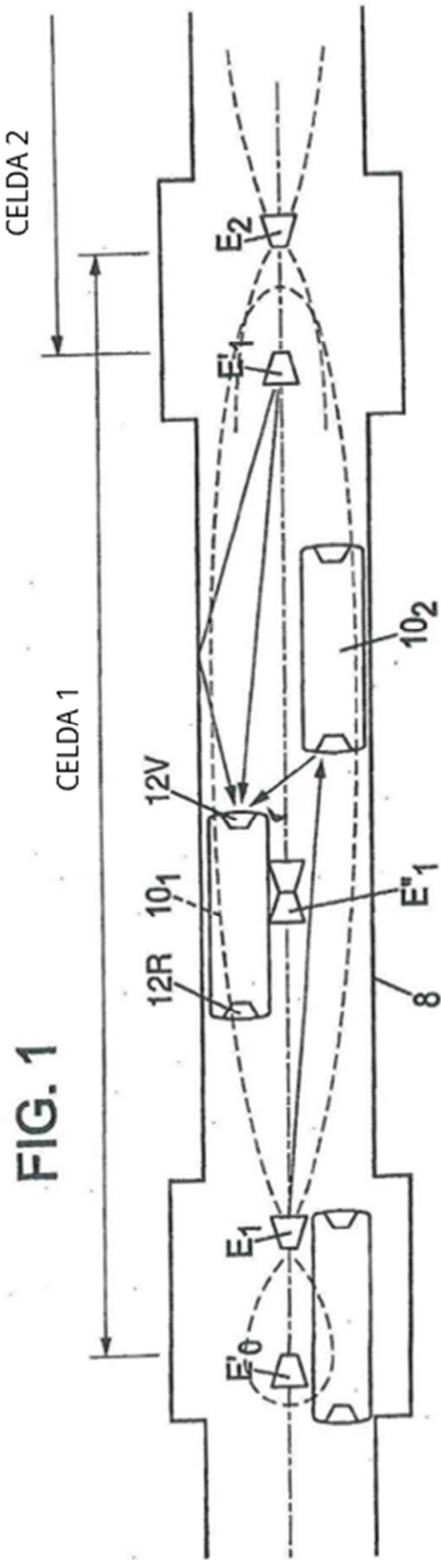


FIG. 1

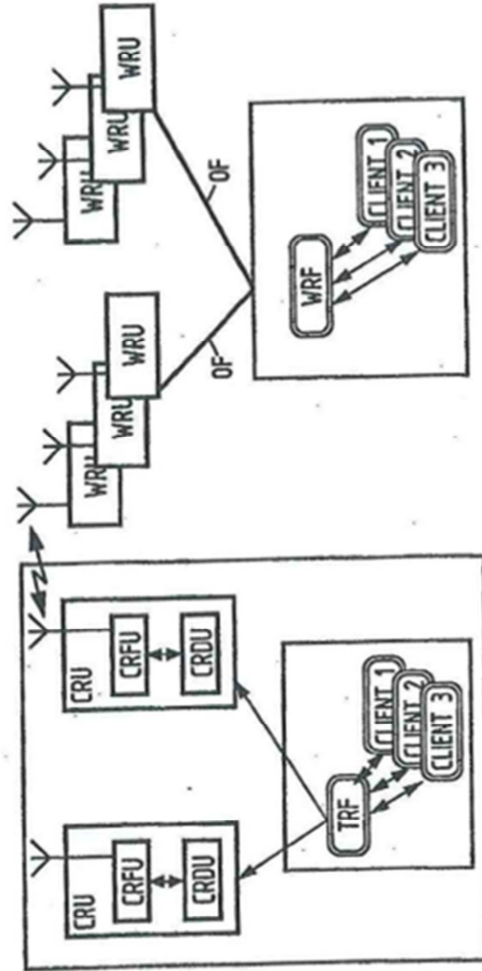


FIG. 2

FIG. 3

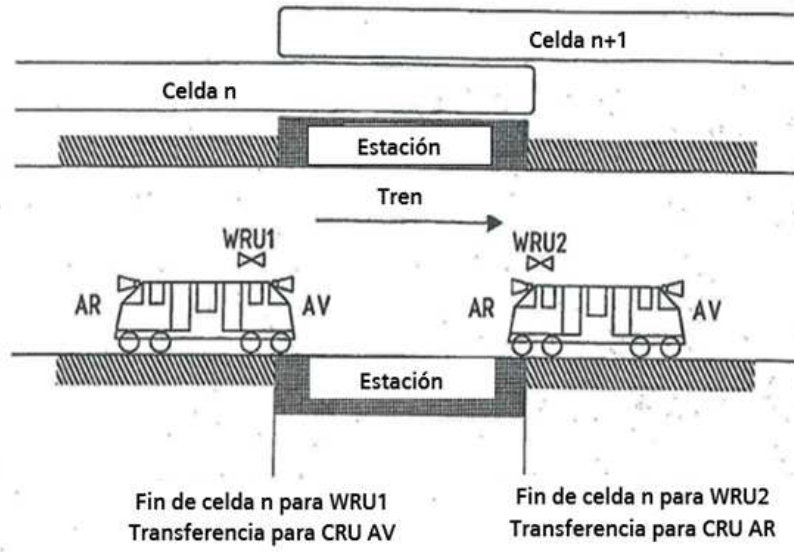
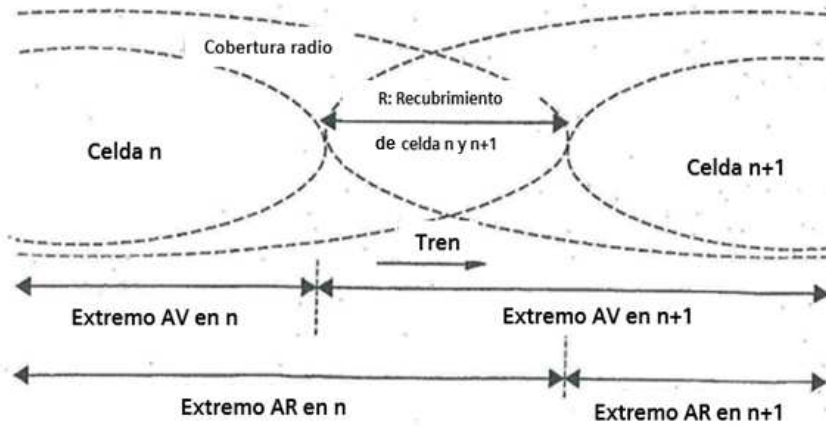


FIG. 4



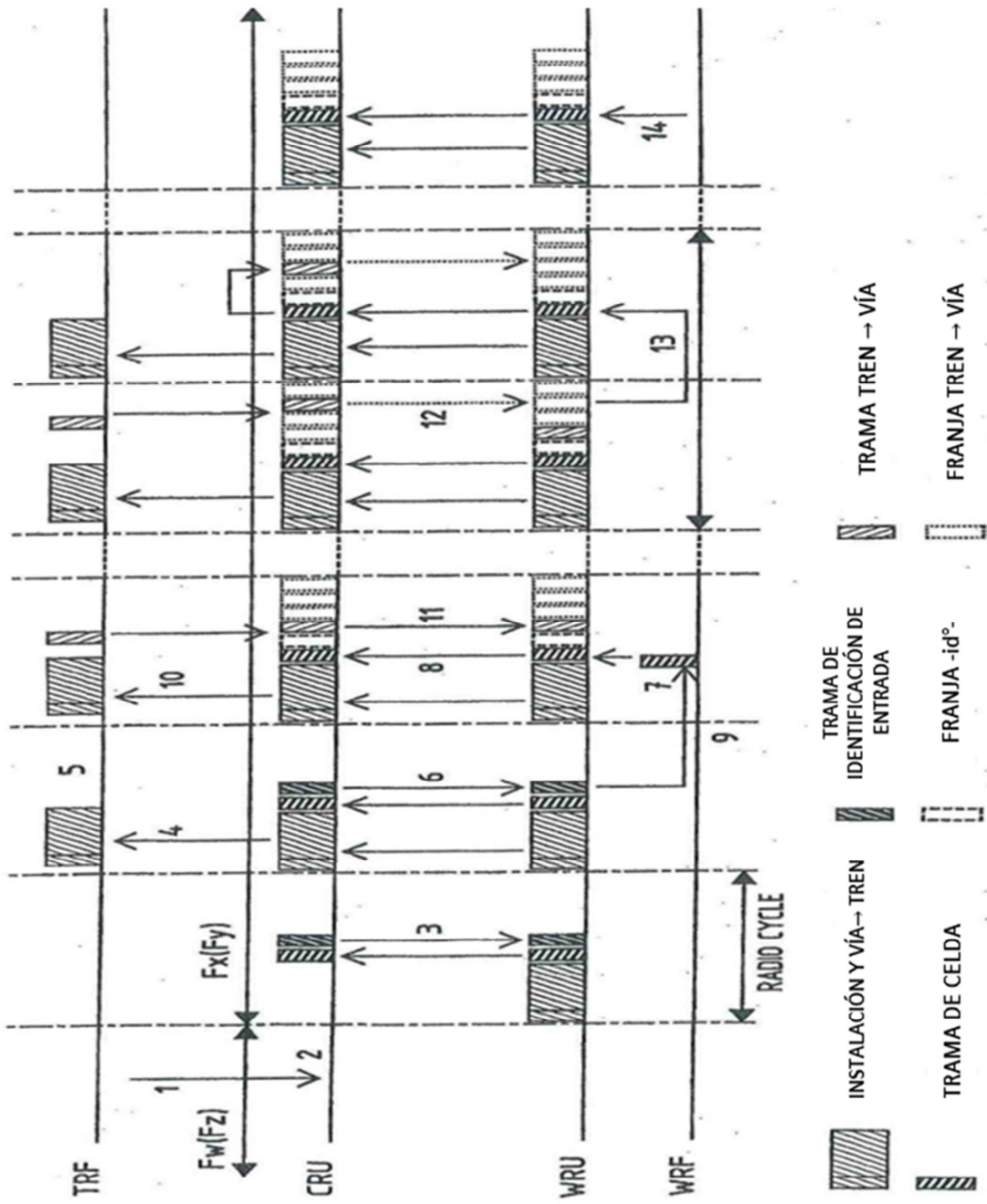


FIG. 5

FIG. 6

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
1	X		X						
2	X			X					
3	X				X				
4	X					X			
5	X						X		
6	X							X	
7	X								X
8		X		X					
9		X			X				
10		X				X			
11		X					X		
12		X						X	
13		X							X
14			X		X				
15			X			X			
16			X				X		
17			X					X	
18			X						X
19				X		X			
20				X			X		
21				X				X	
22				X					X
23					X		X		
24					X			X	
25					X				X
26						X		X	
27						X			X
28							X		X

