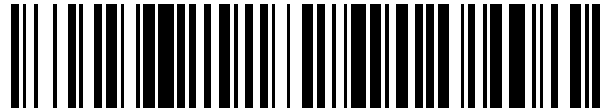


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 271**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2009 E 09806190 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013 EP 2374226**

54 Título: **Sistema de comunicaciones por satélite en túneles**

30 Prioridad:

19.12.2008 EP 08425806

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

22.01.2014

73 Titular/es:

**TELESPAZIO S.P.A. (100.0%)
Via Tiburtina 965
Roma, IT**

72 Inventor/es:

**SAITTO, ANTONIO;
DE LUCA, DAMIANO;
BONO, ROSARIO y
D'AMBROSIO, DANIELE**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 439 271 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 comunicaciones por satélite en túneles.

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 La presente invención, en general, se refiere a un sistema que permite comunicaciones con un satélite incluso en zonas de no visibilidad del satélite y, en particular, a un sistema que se extiende a una señal de banda ancha procedente de un satélite en túneles de cualquier longitud, permite comunicaciones de radio bidireccionales entre el satélite y un vehículo en movimiento que atraviesa dichos túneles y, por lo tanto, garantiza la continuidad de la transmisión y la recepción incluso en ausencia de visibilidad del satélite.

10 En general, la presente invención puede aprovecharse ventajosamente para garantizar la conectividad de banda ancha para vehículos ferroviarios en túneles ferroviarios.

En particular, la presente invención encuentra una aplicación ventajosa, aunque no exclusiva, en el campo de los servicios de comunicaciones de banda ancha basados en Protocolo de Internet (IP) e instalados en trenes de alta velocidad.

15 En cualquier caso, la presente invención puede aplicarse ventajosamente para garantizar el aprovechamiento también de otros tipos de servicios, tales como, por ejemplo, servicios de navegación por satélite o servicios vinculados a la seguridad en el sector ferroviario, resolviendo, también para dicho tipo de servicios, los problemas relacionados con la discontinuidad del servicio debido a la presencia de túneles.

TÉCNICA ANTERIOR

20 En muchos países, tales como, por ejemplo, Italia, Francia y Alemania, existen actualmente diferentes actividades de desarrollo de servicios de comunicación por satélite de banda ancha basados en IP para trenes de alta velocidad. De hecho, se espera que estos servicios se conviertan pronto en una característica específica tanto de trenes de alta velocidad como de los tradicionales.

Los ejemplos de servicios que pueden aprovecharse por medio de un sistema de comunicaciones por satélite de un tren pueden ser:

- 25 - servicios basados en tecnología de Voz por IP (VoIP);
- servicios de videovigilancia;
- uso de video en corriente continua, por ejemplo a la carta;
- televisión digital, por ejemplo de acuerdo con el estándar de Difusión de Video Digital por Satélite o de Difusión de Video Digital a Dispositivos Portátiles (DVB-S, *Digital Video Broadcasting-Satellite*, o DVB-H, *Digital Video Broadcasting-Handheld*);
- 30 - navegación por Internet;
- consultas por correo electrónico;
- servicios de mensajería instantánea (IM, *Instant Messaging*);
- consulta de ficheros electrónicos y/o bases de datos; y
- 35 - servicios basados en protocolo de transferencia de ficheros (FTP, *File Transfer Protocol*).

Como se sabe, en las redes ferroviarias actuales de muchos países, tales como, por ejemplo, Italia, pueden encontrarse diversos obstáculos que impiden la visibilidad de los satélites y que por lo tanto pueden causar la discontinuidad de los servicios de comunicación por satélite a bordo de los trenes.

40 En particular, cuando un tren atraviesa un túnel ferroviario hay una interrupción completa de la conexión directa tren-satélite.

Con el fin de resolver el problema anterior, se conoce el uso de sistema que extienden las señales sateliales en los túneles ferroviarios.

Un sistema del tipo que se ha mencionado anteriormente se describe en el documento JP2001230718.

45 En particular, el documento JP2001230718 propone un sistema de comunicaciones por satélite para zonas en las que la recepción de la señal satelital es débil, basándose el sistema en el uso de un aparato receptor satelital y un aparato transmisor, que se conectan por medio de un cable coaxial. Dicho sistema de comunicaciones por satélite soporta únicamente comunicaciones unidireccionales, es decir, las basadas en señales de tipo difusión, y no

proporciona soluciones al problema de configuración de terminales móviles que deben operar en este contexto. Además, el documento JP2001230718 no propone soluciones para el cambio entre el canal de radio satelital y el canal de radio retransmitido por el sistema de comunicaciones por satélite.

También pueden hacerse consideraciones similares con respecto a la solicitud de patente JP2001308765, que propone una solución para la extensión de una señal satelital de tipo difusión por medio de un sistema de comunicaciones formado por una antena receptora satelital situada fuera del túnel y una pluralidad de unidades radiotransmisoras dentro del túnel conectadas por fibra óptica.

Se describe una solución adicional para retransmitir señales que proceden de un satélite a terminales móviles que están situados en zonas de no visibilidad del satélite en el documento WO2007113861.

10 En particular, el documento WO2007113861 describe un sistema que comprende un terminal fijo para la iluminación de un túnel conectado a una estación satélite fija, y un terminal móvil instalado en un tren y conectado a un terminal satélite móvil. En el enlace del satélite al tren, la estación satélite fija externa recibe la señal satelital transmitida por el satélite y dirigida al tren, y la retransmite en el túnel a través del terminal fijo. En el enlace del tren al satélite, el terminal fijo recibe la señal transmitida por el tren y dirigida al satélite, y la retransmite fuera del túnel por medio de la
15 estación satélite fija externa.

Además, una vez más de acuerdo con la invención descrita en el documento WO2007113861, el tren está equipado con un aparato transceptor conectado al terminal satélite móvil que permite el intercambio de señales directamente con el satélite en los periodos en los que hay visibilidad entre el tren y el satélite, es decir, cuando el tren transcurre en espacios abiertos en los que no hay obstáculos presentes. Cuando el tren sale de una zona de visibilidad del
20 satélite y entra en un túnel, el sistema realiza de forma automática un cambio entre el canal satelital y el canal de radio disponible en el túnel, que lleva la misma señal satelital pero en una frecuencia portadora diferente. De forma similar, cuando el tren sale del túnel y entra en una zona de visibilidad del satélite, el sistema realiza automáticamente un cambio entre el canal de radio disponible en el túnel y el canal satelital. El cambio entre canales se realiza de acuerdo con una lógica que procesa la información sobre la calidad de los canales y decide cuál de los
25 dos canales usar.

En el sistema propuesto en el documento WO200711386, las frecuencias portadoras del canal satelital y del canal de radio en el túnel en la dirección satélite-túnel, es decir, en enlace de bajada, se vinculan entre sí por una primera relación de conversión de frecuencia definida. De forma análoga, las frecuencias portadoras del canal satelital y del canal de radio en el túnel en la dirección tren-satélite, es decir, en enlace de subida, se vinculan entre sí por una
30 segunda relación de conversión de frecuencia definida.

La conversiones de frecuencia portadora que las señales satelitales experimentan tanto en enlace de bajada como en enlace de subida, hacen que el sistema propuesto en el documento WO2007113861 sea algo complejo y, por lo tanto, bastante costoso de implementar.

La solicitud de patente Europea EP1861730 presentada a nombre del Solicitante, describe un sistema para la extensión en túneles ferroviarios de las señales de navegación por satélite, tales como, por ejemplo, señales GPS (sistema de posicionamiento global, *Global Positioning System*), GLONASS o Galileo. Dicho sistema comprende una antena situada fuera de un túnel, configurada para recibir las señales de navegación por satélite y conectada a una pluralidad de repetidores instalados en el interior del túnel. La antena externa recibe las señales de navegación por satélite y las suministra a los repetidores que las retransmiten dentro del túnel.

40 Además, Ryu y col. describen en el artículo "The Gap Filler technology for Mobile Satellite System", Advanced Satellite Mobile Systems, 2008, ASMS 2008, 4ª, IEEE, PSICATAWAY, NJ, Estados Unidos, 26 de agosto de 2008, páginas 33-36, una tecnología de antena complementaria para extender la cobertura del servicio satelital en zonas sin línea de vista (NLOS, *Non Line-Of-Sight*) usando conversión de frecuencia y amplificación de señal.

Además, el documento WO 2008/069438 desvela un procedimiento y un aparato para recibir datos de comunicación usando una red de comunicaciones por satélite y un red de comunicación móvil, incluyendo dicho procedimiento:

- recibir una señal de datos sobre una red de comunicaciones por satélite;
- recibir la señal de datos sobre una red de comunicación móvil si el nivel de la señal de datos recibido sobre la red de comunicaciones por satélite es inferior al nivel de referencia predeterminado; y
- convertir la señal de datos recibida sobre la red de comunicación móvil en una señal de un formato que puede recibirse por un punto de acceso y transmitir la señal convertida.

Adicionalmente, G. Pasolini y col. presentan en el artículo "DVB-S Gap Fillers for Railway Tunnels", 2006 IEEE 64th Vehicular Technology Conference: VTC otoño de 2006, 25-28 de septiembre de 2006, Montreal, Quebec, Canadá, PSICATAWAY, NJ: IEEE Operations Center, 1 de septiembre de 2006, páginas 1-6, una investigación del rendimiento de las antenas complementarias en base a la tecnología de difusión de video digital por satélite (DVB-S, *Digital Video Broadcasting-Satellite*) en un túnel ferroviario de referencia cuyas características de propagación se
55

han obtenido por medio de la técnica del trazado de rayos.

Finalmente, el documento EP2061165A2 desvela un aparato de antena complementaria bidireccional para recibir señales de radiodifusión y retransmitir señales de comunicación, y un procedimiento para transmitir las señales. De acuerdo con el documento EP2061165A2, la antena complementaria bidireccional recibe señales de radiodifusión y 5 señales de comunicación de enlace de bajada, transmite las señales de nuevo como señales inalámbricas, y recibe señales inalámbricas para transmitir señales de comunicación de enlace de subida.

OBJETO Y RESUMEN DE LA INVENCION

El Solicitante ha realizado un estudio exhaustivo para desarrollar un sistema para extender una señal procedente que un satélite en zonas de no visibilidad del satélite que podrá superar las desventajas de los sistemas conocidos.

10 En consecuencia, el objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de comunicaciones por satélite para extender las comunicaciones entre un vehículo y un satélite en una zona de no visibilidad del satélite que podrá paliar las desventajas descritas anteriormente.

El objetivo que se ha mencionado anteriormente se consigue por la presente invención, que se refiere a un sistema de comunicaciones por satélite para extender las comunicaciones entre un vehículo y un satélite en una zona de no 15 visibilidad del satélite, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para una mejor comprensión de la presente invención, a continuación se describirán algunas realizaciones preferidas, proporcionadas simplemente a modo de ejemplo ilustrativo y no limitante, con referencia a los dibujos adjuntos (que no están en escala), en los que:

- 20 - La figura 1 es una ilustración esquemática de un primer escenario de ejemplo en el que opera un sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con la presente invención;
- la figura 2 ilustra en mayor detalle el sistema de comunicaciones por satélite de la figura 1;
- la figura 3 es una ilustración esquemática de un primer subsistema del sistema de comunicaciones por satélite de las figuras 1 y 2 de acuerdo con una primera realización de la presente invención;
- 25 - la figura 4 ilustra en mayor detalle el primer subsistema de la figura 3;
- la figura 5 ilustra en detalle unos primeros componentes del primer subsistema de la figura 4;
- la figura 6 ilustra en detalle unos segundos componentes del primer subsistema de la figura 4;
- la figura 7 ilustra en detalle un segundo subsistema del sistema de comunicaciones por satélite de las figuras 1 y 2;
- 30 - la figura 8 es una ilustración esquemática de una lógica de operación del segundo subsistema de la figura 7;
- la figura 9 es una ilustración esquemática del primer subsistema del sistema de comunicaciones por satélite de las figuras 1 y 2 de acuerdo con una segunda realización de la presente invención; y
- la figura 10 es una ilustración esquemática de un segundo escenario de ejemplo en el que opera un 35 sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

DESCRIPCION DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS DE LA INVENCION

La siguiente descripción se proporciona para permitir a un experto en la técnica reproducir y usar la invención. Diversas modificaciones a las realizaciones que se presentan serán inmediatamente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos desvelados en el presente documento pueden aplicarse a otras realizaciones y 40 aplicaciones, sin que esto implique, sin embargo, apartarse del alcance de protección de la presente invención.

En consecuencia, la presente invención no debe entenderse como limitada a solo las realizaciones descritas y mostradas, sino que a la invención se le debe conceder el alcance más amplio de producción de acuerdo con los principios y características que se presentan en el presente documento y que se definen en las reivindicaciones adjuntas.

45 La presente invención considera un sistema de comunicaciones por satélite para extender las comunicaciones entre un vehículo y un satélite en una zona de no visibilidad del satélite, en particular en un túnel de cualquier longitud.

En consecuencia, la presente invención resuelve los problemas relacionados con las discontinuidades en los

servicios de comunicación por satélite debido a la falta de visibilidad de los satélites.

En términos generales, el sistema de comunicaciones por satélite comprende:

5 - un sistema de transceptor fijo que es capaz de garantizar un servicio "continuo" y que puede instalarse en zonas de no visibilidad de los satélites; en particular, puede acoplarse a túneles ferroviarios de cualquier longitud; y

10 - un sistema de transceptor móvil integrado directamente con aparatos transceptores por satélite ya instalado en vehículos en movimiento, en particular trenes, y configurado para cambiar automáticamente entre uno o más canales satelitales disponibles en zonas de visibilidad de los satélites y uno o más canales de radio proporcionados por el sistema de transceptor fijo en las zonas de no visibilidad de los satélites, en particular en el interior de túneles ferroviarios.

Preferiblemente, el sistema de transceptor fijo está configurado para encenderse automáticamente o que se encenderá automáticamente cuando un tren se aproxima al túnel respectivo al que se acopla.

La figura 1 es una ilustración esquemática de un escenario proporcionado a modo de ejemplo en el que opera el sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con la presente invención.

15 En particular, la figura 1 es una ilustración esquemática de un tren 1 que está recorriendo un túnel ferroviario 2 en el que está instalado dicho sistema de comunicaciones por satélite, que comprende:

- una antena satélite fija 11 situada fuera del túnel ferroviario 2 y configurada para recibir señales de enlace de bajada transmitidas por un satélite (no mostrado en la figura 1) en una o más frecuencias portadoras de enlace de bajada;

20 - una pluralidad de antenas enterradas fijas 12 situadas en el interior del túnel ferroviario 2 de tal manera que se cubra toda la longitud del túnel ferroviario 2, acopladas con la antena satélite fija 11, preferiblemente por medio de conexiones de fibra óptica, y configuradas para retransmitir en el interior del túnel ferroviario 2 en las frecuencias portadoras de enlace de bajada las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite fija 11; y

25 - una antena enterrada móvil 13 instalada en el techo del tren 1, configurada para recibir, cuando el tren 1 está en el túnel ferroviario 2, las señales de enlace de bajada retransmitidas en el interior del túnel ferroviario 2 por las antenas enterradas fijas 12 y para transmitir en una o más frecuencias portadoras de enlace de subida las señales de enlace de subida para comunicaciones de enlace de subida de los usuarios presentes en el tren 1; estando dichas antenas enterradas fijas 12 configuradas adicionalmente para recibir las señales de enlace de subida transmitidas por la antena enterrada móvil 13; estando dicha antena satélite fija 11 configurada adicionalmente para transmitir al satélite en las frecuencias portadoras de enlace de subida las señales de enlace de subida recibidas por las antenas enterradas fijas 12; habiéndose instalado también en el techo del tren 1 una antena satélite móvil (no mostrada en la figura 1) configurada para recibir las señales de enlace de bajada directamente del satélite y para transmitir las señales de enlace de subida directamente al satélite en zonas en las que el satélite es visible.

40 Además, el tren 1 estará dotado convenientemente de una red de comunicación interna (no mostrada en la figura 1) de un tipo LAN (red de área local, *Local Area Network*), preferiblemente inalámbrica, acoplada con la antena enterrada móvil 13 y con la antena satélite móvil y diseñada para permitir a los usuarios presentes en el tren 1 y equipados con dispositivos electrónicos, tales como, smartphones (teléfonos inteligentes), ordenadores portátiles, etc., usar servicios de comunicación basados en señales de enlace de bajada y de subida.

45 La antena satélite fija 11, las antenas enterradas fijas 12, y las conexiones de fibra óptica las conectan constituyen el sistema de transceptor fijo del sistema de comunicaciones por satélite. Dicho sistema de transceptor fijo puede visualizarse como una estación transparente de tipo relé que extiende el canal/canales de radio por satélite en el túnel 2 permitiendo que los usuarios presentes en el tren 1 comunicarse de forma unidireccional y/o bidireccional también en el túnel, es decir, en una zona en la que el satélite no es visible.

Preferiblemente, dicho sistema de transceptor fijo está equipado con un sistema de encendido/apagado automático que sirve para limitar el impacto ambiental debido a la transmisión en el interior del túnel 2 cuando no hay trenes presentes y aumentar la vida útil del propio sistema de transceptor fijo.

50 Además, la antena enterrada móvil 13 está configurada para recibir las señales de enlace de bajada retransmitidas en el interior del túnel ferroviario 2 por las antenas enterradas fijas 12 en direcciones distintas de las de un señalamiento normal de la antena satélite móvil, que, en su lugar, debe alinearse continuamente con el satélite.

En otras palabras, la antena enterrada móvil 13 es una antena no direccional, mientras que la antena satélite móvil es una antena direccional instalada en el techo del tren 1 de tal manera que se alinee continuamente con el satélite.

De forma análoga, la antena satélite fija 11 es una antena direccional instalada fuera del túnel ferroviario 2 de tal manera que se alinee continuamente con el satélite, mientras que cada antena enterrada fija 12 es una antena no direccional.

- Se gestiona una conmutación automática en el tren 1 entre el canal/canales de radio por satélite presentes en zonas de visibilidad del satélite/satélites y el canal/canales de radio terrestres presentes en zonas de no visibilidad del satélite/satélites, por ejemplo en el túnel 2, por medio de un sistema de transceptor móvil instalado en el tren 1, que comprende la antena enterrada móvil 13 y la antena satélite móvil y que se describirá en más detalle a continuación.

La figura 2 ilustra en mayor detalle el sistema de comunicaciones por satélite que se muestra en la figura 1 y se ha descrito previamente.

- 10 En particular, los componentes del sistema de comunicaciones por satélite que se muestra en la figura 1 y se ha descrito previamente se designan en la figura 2 por los mismos números de referencia que los usados en la figura 1 y no se describen de nuevo en detalle.

En detalle, la figura 2 muestra:

- el tren 1 dentro del túnel 2;
- 15 - la antena satélite fija 11, situada fuera del túnel ferroviario 2 en perfecta visibilidad del satélite (no mostrado en la figura 2), diseñada para recibir/transmitir las señales de enlace de bajada/de subida desde el/al satélite en las frecuencias portadoras de enlace de bajada/de subida y, por consiguiente, alineada con el satélite, es decir, que tiene un patrón de radiación como para garantizar una alineación con el satélite, es decir, un señalamiento del satélite;
- 20 - las antenas enterradas fijas 12, situadas en el interior del túnel ferroviario 2, acopladas con la antena satélite fija 11, y diseñadas para recibir/transmitir las señales de enlace de subida/de bajada en las frecuencias portadoras de enlace de subida/de bajada desde/a los trenes que están dentro del túnel 2, tal como, por ejemplo, el tren 1;
- 25 - la antena enterrada móvil 13 con baja direccionalidad, instalada en el techo del tejado 1, y diseñada para recibir/transmitir las señales de enlace de bajada/de subida en las frecuencias portadoras de enlace de bajada/de subida cuando el tren 1 está en las zonas en las que el satélite no es visible, por ejemplo, cuando el tren 1 está en el túnel 2; y
- 30 - la antena satélite móvil, instalada en el techo del tren 1, diseñada para recibir/transmitir las señales de enlace de bajada/de subida del/al satélite en las frecuencias portadoras de enlace de bajada/de subida cuando el tren 1 está en zonas en las que el satélite es visible y, en consecuencia, alineado con el satélite, es decir, que tiene un patrón de radiación como para garantizar una alineación continua con el satélite, es decir, un apuntado continuo del satélite, estando la antena satélite móvil designada en la figura 2 por 14.

La antena satélite fija 11 puede visualizarse como una antena de pasarela hacia el satélite del sistema de transceptor fijo con el que el túnel 2 está equipado.

- 35 Las antenas enterradas fijas 12 pueden visualizarse como repetidores, dentro del túnel 2, de las señales que proceden del satélite y recibirse por la antena satélite de pasarela fija 11.

El número de antenas enterradas fijas 12 instaladas en el túnel 2 depende del tamaño del balance de enlace de cada antena enterrada fija individual 12 con la antena enterrada móvil 13 y sobre la longitud del túnel 2.

- La figura 3 ilustra en mayor detalle el sistema de transceptor fijo, que comprende la antena satélite fija 11 y las 40 antenas enterradas fijas 12.

En particular, como se muestra en la figura 3, la antena satélite fija 11 está acoplada con un primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal 15 que, a su vez, está acoplada por medio de conexiones de fibra óptica con una pluralidad de segundos sistemas electro-ópticos de distribución/adquisición de señal 16, cada uno de los cuales está acoplado con una antena enterrada fija respectiva 12.

- 45 Además, la figura 4 muestra un diagrama de bloques que representa incluso más detalladamente, el sistema de transceptor fijo que se muestra en la figura 3, en particular, el primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal 15 y los segundos sistemas electro-ópticos de distribución/adquisición de señal 16, la figura 5 muestra una ampliación del primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal 15 que se muestra en la figura 4, y la figura 6 muestra una ampliación de uno de los segundos sistemas electro-ópticos de 50 distribución/adquisición de señal 16 ilustrados en la figura 4.

En particular, como se muestra en las figuras 4 y 5, el primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal 15 comprende:

- un primer duplexor (R/T) 151 acoplado con la antena satélite fija 11;
- un primer amplificador de nivel bajo de ruidos (LNA) 152 conectado por medio de un cable coaxial al primer duplexor (R/T) 151;
- 5 - un primer amplificador de potencia (PA) 153 conectado por medio de un cable coaxial al primer duplexor (R/T) 151;
- un primer convertidor electro-óptico bidireccional (E/O) 154 conectado por medio de un cable coaxial al primer amplificador de nivel bajo de ruidos (LNA) 152 y al primer amplificador de potencia (PA) 153;
- un combinador óptico (1-<N) 155 conectado mediante fibra óptica al primer convertidor electro-óptico (E/O) 154; y
- 10 - un desfaseador óptico (1->N) 156 conectado mediante fibra óptica al primer convertidor electro-óptico (E/O) 154.

En su lugar, como se muestra en las figuras 4 y 6, cada segundo sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal 16 comprende:

- un segundo duplexor respectivo (R/T) 161 acoplado con la antena enterrada fija respectiva 12;
- 15 - un segundo amplificador de nivel bajo de ruidos respectivo (LNA) 162 conectado por medio de un cable coaxial al segundo duplexor respectivo (R/T) 161;
- un segundo amplificador de potencia respectivo (PA) 163 conectado por medio de un cable coaxial al segundo duplexor respectivo (R/T) 161; y
- 20 - un segundo convertidor electro-óptico bidireccional respectivo (E/O) 164 conectado por medio de un cable coaxial al segundo amplificador de nivel bajo de ruidos respectivo (LNA) 162 y al segundo amplificador de potencia respectivo (PA) 163.

El primer duplexor (R/T) 151 está configurado para encaminar las señales de enlace de bajada, es decir, las señales para comunicaciones en la dirección satélite-tren, desde la antena satélite fija 11 al primer amplificador de nivel bajo de ruidos (LNA) 152 y las señales de enlace de subida, es decir, las señales para comunicaciones en la dirección 25 tren-satélite, desde el primer amplificador de potencia (PA) 153 a la antena satélite fija 11.

Durante el funcionamiento normal del sistema de transceptor fijo, una señal recibida por la antena satélite fija 11 se encamina en primer lugar por el primer duplexor (R/T) 151 al primer amplificador de nivel bajo de ruidos (LNA) 152, después se amplifica por dicho primer amplificador de nivel bajo de ruidos (LNA) 152, y después se convierte de radiofrecuencia (RF) a frecuencia óptica por el primer convertidor electro-óptico (E/O) 154. La señal convertida en 30 frecuencia óptica, que transcurre por la fibra óptica, alcanza el desfaseador óptico (1->N) 156 con N salidas, donde N es igual al número de antenas enterradas fijas 12 instaladas en el túnel 2, que divide la señal de frecuencia óptica en N señales de frecuencia óptica, cada una de las cuales se suministra en una salida respectiva del desfaseador óptico (1->N) 156.

Además, cada una de las N señales de frecuencia óptica suministradas a la salida del desfaseador óptico (1->N) 156, 35 que recorren la fibra óptica, alcanza un segundo convertidor electro-óptico respectivo (E/O) 164, que las convierte de frecuencia óptica a radiofrecuencia (RF). La señal convertida en radiofrecuencia (RF) se amplifica en primer lugar por el segundo amplificador de potencia respectivo (PA) 163 y después se encamina por el segundo duplexor respectivo (R/T) 161 a la antena enterrada fija respectiva 12, que la transmite en el túnel 2.

De forma análoga, una señal recibida por una antena enterrada fija 12 se encamina en primer lugar por el segundo 40 duplexor respectivo (R/T) 161 al segundo amplificador de nivel bajo de ruidos respectivo (LNA) 162, después se amplifica por dicho segundo amplificador de nivel bajo de ruidos respectivo (LNA) 162, y después se convierte de radiofrecuencia (RF) a frecuencia óptica por el segundo convertidor electro-óptico respectivo (E/O) 164. La señal convertida a frecuencia óptica, que viaja por la fibra óptica, alcanza el combinador óptico (1-<N) 155 con N entradas, que combina las N señales de frecuencia óptica que recibe en la entrada en una sola señal de frecuencia óptica 45 combinada, que se suministra en la salida. Dicha señal de frecuencia óptica combinada, que viaja por la fibra óptica, alcanza el primer convertidor electro-óptico (E/O) 154, que la convierte de frecuencia óptica a radiofrecuencia (RF). La señal combinada convertida a radiofrecuencia (RF) se amplifica en primer lugar por el primer amplificador de potencia (PA) 153 y después se encamina por el primer duplexor (R/T) 151 a la antena satélite fija 11, que la transmite al satélite.

50 Además, la figura 7 muestra un diagrama de bloques que ilustra en detalle el sistema de transceptor móvil instalado en el tren 1.

En particular, como se muestra en la figura 7, dicho sistema de transceptor móvil comprende:

- un subsistema satelital 21;
- un subsistema terrestre 22;
- un subsistema de navegación por satélite 23; y
- un conmutador automático del subsistema 24 acoplado con el subsistema satelital 21, con el subsistema terrestre 22, con el subsistema de navegación por satélite 23, y con la red de comunicación interna (LAN) del tren 1 (en la figura 7 se designa como 25) y configurado para cambiar automáticamente entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22 las comunicaciones desde/a la red de comunicación interna (LAN) 25.

En mayor detalle, una vez más como se muestra en la figura 7, el subsistema satelital 21 comprende:

- la antena satélite móvil 14;
- un primer convertidor (RF/BB) 211, acoplado con la antena satélite móvil 14, y configurado para hacer descender a la banda base (BB) las señales de enlace de bajada recibidas en radiofrecuencia (RF) por la antena satélite móvil 14 y para hacer ascender a radiofrecuencia (RF) las señales de enlace de subida en la banda base (BB) que se van a transmitir por la antena satélite móvil 14;
- un primer módem 212, acoplado con el primer convertidor (RF/BB) 211 y con el conmutador automático del subsistema 24, y configurado para modular/desmodular las señales de enlace de subida/de bajada en la banda base (BB); y
- un primer módulo de análisis 213, acoplado con el primer módem 212 y con el conmutador automático del subsistema 24, y configurado para analizar una calidad del canal/canales de radio por satélite de enlace de bajada.

Además, una vez más como se muestra en la figura 7, el subsistema terrestre 22 comprende:

- la antena enterrada móvil 13;
- un segundo convertidor (RF/BB) 221, acoplado con la antena enterrada móvil 13, y configurado para hacer descender a la banda base (BB) las señales de enlace de bajada recibidas en la radiofrecuencia (RF) por la antena enterrada móvil 13 y para hacer ascender a radiofrecuencia (RF) las señales de enlace de subida en la banda base (BB) que deben transmitirse por la antena enterrada móvil 13;
- un segundo módem 222, acoplado con el segundo convertidor (RF/BB) 221 y con el conmutador automático del subsistema 24, y configurado para modular/desmodular las señales de enlace de subida/de bajada en la banda base (BB); y
- un segundo módulo de análisis 223, acoplado con el segundo módem 222 y con el conmutador automático del subsistema 24, y configurado para analizar una calidad del canal/canales de radio terrestres de enlace de bajada.

Finalmente, una vez más como se muestra en la figura 7, el subsistema de navegación por satélite 23 comprende:

- una antena GPS móvil 231, configurada para recibir las señales de navegación por satélite transmitidas por el sistema GPS;
- un receptor GPS 232, acoplado con la antena GPS móvil 231, y configurado para calcular la posición del tren 1 en base a las señales recibidas por la antena GPS móvil 231; y
- un tercer módulo de análisis 233, acoplado con el receptor GPS 232 y con el conmutador automático del subsistema 24, y configurado para analizar las señales GPS recibidas.

- Como puede apreciarse fácilmente a partir de la figura 7 por un experto en la técnica, las señales de enlace de bajada recibidas, respectivamente, por la antena satélite móvil 14 y por la antena enterrada móvil 13, se hacen descender de la radiofrecuencia (RF) a la banda base (BB), respectivamente, por el primer convertidor (RF/BB) 211 y por el segundo convertidor (RF/BB) 221, y después se desmodulan, respectivamente, por el primer módem 212 y por el segundo módem 222, y después se suministran al conmutador automático del subsistema 24 y, respectivamente, al primer módulo de análisis 213 y al segundo módulo de análisis 223.

El primer módulo de análisis 213 determina la calidad del canal/canales de radio por satélite de enlace de bajada en base a un análisis de la proporción señal-ruido o de la relación energía por bit-densidad espectral de potencia de ruido (E_b/N_0), o de la tasa de bits erróneos ("Bit Error Rate" - BER), de las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite móvil 14, que se hacen descender a la banda base (BB) y desmoduladas.

El segundo módulo de análisis 223 determina la calidad del canal/canales de radio terrestres de enlace de bajada en base a un análisis de la relación señal-ruido, o de la energía por bit-densidad espectral de potencia de ruido ratio E_b/N_0 , o de la BER, de las señales de enlace de bajada recibidas por la antena enterrada móvil 13, que se hacen descender a la banda base (BB) y desmoduladas.

- 5 El conmutador automático del subsistema 24 está configurado para permitir el uso de la antena satélite móvil 14 o de la antena enterrada móvil 13 de acuerdo con si el tren 1 está o no en una zona de visibilidad del satélite, en particular fuera o dentro de un túnel ferroviario, tal como, por ejemplo, el túnel 2.

En particular, cuando el tren 1 está en una zona de visibilidad del satélite, las señales se reciben y se transmiten a través de la antena satélite móvil 14, mientras que, cuando el tren está dentro de un túnel ferroviario, por ejemplo el
10 túnel 2, las señales se reciben y se transmiten a través de la antena enterrada móvil 13.

En detalle, el conmutador automático del subsistema 24, en base a los resultados de los análisis realizados por el primer módulo de análisis 213 y por el segundo módulo de análisis 223 sobre las señales desmoduladas en la banda base (BB) y por el tercer módulo de análisis 233 en las señales GPS recibidas, decide de forma automática que subsistema de emisión-recepción usar entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22. En consecuencia,
15 según qué subsistema de emisión-recepción se usa entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22, el conmutador automático del subsistema 24 encamina las señales de enlace de bajada respectivas en la banda base (BB) desmoduladas en la red de comunicación interna (LAN) 25 del tren 1.

De forma análoga, en el enlace de subida, el conmutador automático del subsistema 24 encamina las señales de enlace de subida que proceden de la red de comunicación interna (LAN) 25 en el subsistema de emisión-recepción
20 que se usa entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22, modulándose en primer lugar dichas señales, respectivamente, por el primer módem 212 o por el segundo módem 222, después llevándolas de la banda base (BB) a radiofrecuencia (RF), respectivamente, por el primer convertidor (RF/BB) 211 o por el segundo convertidor (RF/BB) 221, y después transmitiéndose, respectivamente, por la antena satélite móvil 14 o por la antena enterrada móvil 13.

- 25 De forma conveniente, la antena enterrada móvil 13 puede instalarse bajo la cabina del compartimento del pasajero del tren 1 a una distancia preestablecida de la antena satélite móvil 14 tales como para evitar un bucle de las señales.

En particular, una vez más para evitar un bucle de las señales, la antena satélite móvil 14 y la antena enterrada móvil 13 pueden aislarse de forma conveniente por trampas electromagnéticas con una dimensión suficiente en las
30 frecuencias operativas de la señal satelital y establecidas a una distancia significativa.

Como se ha mencionado previamente, la lógica del cambio entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22 se basa en el análisis de la calidad de los canales de radio por satélite y terrestres de enlace de bajada, en particular de la relación señal-ruido o de la relación E_b/N_0 , o de la BER, y de acuerdo con la información transmitida por el tercer módulo de análisis 233, que podrá detectar la entrada del tren 1 en el túnel 2.

- 35 A este respecto, en la figura 8 se ilustra un diagrama de flujo que representa una lógica para un cambio automático entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22 de acuerdo con una primera realización preferida de la presente invención.

En particular, como se muestra en la figura 8, las señales se reciben y se transmiten (TX activa-RX activa) a través de la antena satélite móvil 14 y únicamente se reciben (TX inactiva-RX activa) a través de la antena enterrada móvil
40 13 (primer bloque 81) si una primera tasa de bits erróneos BER_S calculada por el primer módulo de análisis 213 en base a las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite móvil 14, que se ha hecho descender a la banda base y desmodulada, es inferior a una segunda tasa de bits erróneos BER_T calculada por el segundo módulo de análisis 223 en base a las señales de enlace de bajada recibidas por la antena enterrada móvil 13, descendidas a la banda base, y desmoduladas (condición presente en un segundo bloque 82), mientras que si la primera tasa de
45 bits erróneos BER_S es superior a la segunda tasa de bits erróneos BER_T y la señal GPS está ausente (condición presente en un tercer bloque 83), es decir, el tercer módulo de análisis 233 detecta que la antena GPS móvil 231 no está recibiendo ninguna señal GPS, las señales se reciben y se transmiten (TX activa-RX activa) a través de la antena enterrada móvil 13 y únicamente se reciben (TX inactiva-RX activa) a través de la antena satélite móvil 14.

El uso del conmutador automático del subsistema 24 permite una eliminación drástica de cualquier posible
50 interferencia.

Otra ventaja relacionada con la estructura de doble antena es la optimización de la recepción de la señal a través de la duplicación de la señal en ambas antenas.

La antena enterrada móvil 13 es preferiblemente una antena pequeña con baja direccionalidad.

Como alternativa, de acuerdo con una segunda realización preferida de la presente invención, la lógica de cambio
55 automático también puede basarse sólo en un procesamiento de las señales GPS recibidas por la antena GPS móvil

231.

A este respecto, en la solicitud de patente Europea N° EP1861730, presentada a nombre del Solicitante, se describe un sistema para extender las señales para una navegación por satélite, en particular señales GPS, en túneles, que, entre sus diversas funciones, también es capaz de determinar, es decir, detectar, cuando entre un tren en un túnel.

5 Dicha característica del sistema descrito en el documento N° EP1861730 puede aprovecharse de forma ventajosa también por la presente invención.

A este respecto, en la figura 9 se muestra un sistema para extender la señal GPS en el túnel 2 del tipo descrito en el documento EP1861730.

Como se muestra en la figura 9, el sistema para extender la señal GPS en el túnel 2 comprende:

10 - una antena GPS fija 31 situada fuera del túnel 2 y configurada para recibir las señales GPS; y

- M repetidores 32 situados en el interior del túnel, acoplados con la antena GPS fija 31, y configurados para retransmitir en el interior del túnel 2 las señales GPS recibidas por la antena GPS fija 31, donde M es un número entero y en la figura 9 es igual a la unidad; es decir, únicamente se muestra un repetidor 32 en la figura 9.

15 Además, de acuerdo con una segunda realización preferida de la presente invención, el sistema de transceptor móvil del tren 1 puede no comprender los módulos de análisis 213, 223 y 233, mientras el receptor GPS 232 está acoplado directamente con el conmutador automático del subsistema 24 para notificarle cuando el tren 1 entra en un túnel o sale de un túnel, en particular cuando el tren 1 entra en el túnel 2 o sale del túnel 2.

Además, de acuerdo con esta realización de la presente invención, el conmutador automático del subsistema 24
20 cambia las comunicaciones de/a la red de comunicación interna (LAN) 25 entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22 tras la entrada/salida del tren 1 en/del túnel 2.

En particular, el receptor GPS 232 está configurado para:

25 - calcular, en base a las señales GPS recibidas por la antena GPS móvil 231, datos de fase y pseudodistancia y un error de reloj global que incluye un error de reloj intrínseco y, cuando el tren 1 está dentro de un túnel, en particular en el interior del túnel 2, un error de reloj adicional que depende de la posición de la antena GPS móvil 231 con respecto a la antena GPS fija 31;

- determinar, en base al error de reloj global calculado, cuando el tren 1 entra en un túnel, en particular el túnel 2, y cuando el tren 1 sale de un túnel, en particular el túnel 2;

30 - si el tren 1 está fuera de un túnel, en particular fuera del túnel 2, calcular la posición del tren 1 en base a los datos de fase y pseudodistancia calculados;

- si el tren 1 está dentro de un túnel, en particular en el interior del túnel 2, calcular el error de reloj adicional en el error de reloj global calculado, corregir los datos de fase y pseudodistancia calculados en base al error de reloj adicional calculado, y calcular la posición del tren 1 en base a los datos de fase y pseudodistancia corregidos; y

35 - notificar al conmutador automático del subsistema 24 cuando el tren 1 entra en un túnel y cuando el tren 1 sale de un túnel, en particular cuando el tren 1 entra en el túnel 2 y cuando el tren 1 sale del túnel 2, cambiando por consiguiente dicho conmutador automático del subsistema 24 las comunicaciones de/a la red de comunicación interna (LAN) 25 entre el subsistema satelital 21 y el subsistema terrestre 22.

40 Como se ha mencionado previamente, preferiblemente el sistema de transceptor fijo puede además configurarse para:

- encenderse automáticamente si está apagado y un tren, por ejemplo el tren 1, está a punto de entrar en el túnel 2; y

- apagarse automáticamente si un tren, por ejemplo el tren 1, sale del túnel 2 y no hay otro tren en el túnel 2.

45 En particular, el sistema de comunicaciones por satélite puede comprender un sistema de encendido/apagado automático acoplado con el sistema de transceptor fijo y que comprende:

- al menos un detector instalado fuera del túnel 2 y configurado para detectar si un tren, por ejemplo el tren 1, está a punto de entrar en el túnel 2 y para detectar si un tren, por ejemplo el tren 1, ha salido del túnel 2; y

50 - una unidad de control de encendido/apagado, acoplada con el sistema de transceptor fijo y con el

detector, y configurada para encender el sistema de transceptor fijo si está apagado, y el detector detecta que un tren, por ejemplo el tren 1, está a punto de entrar en el túnel 2 y para apagar el sistema de transceptor fijo si el detector detecta que un tren, por ejemplo el tren 1, ha salido del túnel 2 y no hay otro tren en el túnel 2.

5 De forma conveniente, el sistema de encendido/apagado automático puede comprender:

- uno o más detectores de paso instalados a lo largo de la vía ferroviaria a una distancia preestablecida del túnel equipado con el sistema de transceptor fijo, por ejemplo el túnel 2, y configurados para detectar el paso de un tren y la dirección de desplazamiento de dicho tren; y

10 - la unidad de control de encendido/apagado, que siempre está activa y está acoplada con el sistema de transceptor fijo y conectada a los detectores de paso.

Cuando los detectores de paso detectan el paso de un tren, comunican dicho paso a la unidad de control de encendido/apagado junto con la dirección de desplazamiento del tren. Por lo tanto, la unidad de control de encendido/apagado enciende o apaga el sistema de transceptor fijo según si el tren está a punto de entrar en el túnel o está saliendo del túnel.

15 A este respecto, la figura 10 es una ilustración esquemática de un escenario de ejemplo en el que:

- (imagen superior) el tren 1 se aproxima al túnel 2, el sistema de transceptor fijo con el que el túnel 2 está equipado se apaga inicialmente (OFF), y a lo largo de la vía ferroviaria se instalan detectores de paso 40;

20 - (imagen central) los detectores de paso 40 detectan el paso del tren 1 y comunican, a una unidad de control de encendido/apagado (no mostrada en la figura 10) acoplada con el sistema de transceptor fijo, el paso del tren 1 en la dirección del túnel 2 y, en consecuencia, la unidad de control de encendido/apagado enciende el sistema de transceptor fijo (ON); y

- (imagen inferior) el tren 1 está a punto de entrar en el túnel 2, y el sistema de transceptor fijo se enciende (ON).

25 Como una alternativa al o junto con el sistema de encendido/apagado automático, el sistema de transceptor fijo también puede acoplarse con un centro de control a distancia configurado para:

- supervisar los trenes que transcurren por la red ferroviaria y las posiciones respectivas;

- almacenar las posiciones de los túneles ferroviarios;

30 - determinar si un tren supervisado, por ejemplo el tren 1, está a punto de entrar en un túnel ferroviario, por ejemplo el túnel 2, en base a las posiciones de los túneles ferroviarios y de las posiciones de los trenes supervisados;

- determinar si un tren supervisado, por ejemplo el tren 1, ha salido de un túnel ferroviario, por ejemplo el túnel 2, en base a las posiciones de los túneles ferroviarios y de las posiciones de los trenes supervisados;

35 - determinar si un tren supervisado, por ejemplo el tren 1, está dentro de un túnel ferroviario, por ejemplo el túnel 2, en base a las posiciones de los túneles ferroviarios y de las posiciones de los trenes supervisados;

- encender el sistema de transceptor fijo si está apagado y un tren supervisado, por ejemplo el tren 1, está a punto de entrar en el túnel 2; y

- apagar el sistema de transceptor fijo si un tren supervisado, por ejemplo el tren 1, ha salido del túnel 2 y ya no hay otro tren supervisado en el interior del túnel 2.

40 Por lo tanto, el encendido/apagado del sistema de transceptor fijo puede proporcionarse por medio de una comunicación asíncrona desde el centro de control a distancia, que compara las posiciones de los trenes que transcurren por la red ferroviaria con las de los túneles ferroviarios.

45 Finalmente, el presente Solicitante ha realizado estudios en profundidad sobre la posibilidad de transmitir una señal en túneles ferroviarios, concluyendo dichos estudios que en presencia de un tren, los problemas relacionados con múltiples trayectos no son graves y no conducen a una degradación significativa de la señal. Esto sucede especialmente para señales de banda ancha.

A partir de la descripción anterior, las ventajas de la presente invención pueden entenderse inmediatamente.

En particular, el sistema que conforma el objeto de la presente invención puede aprovecharse ventajosamente para realizar cualquier tipo de comunicación por satélite y/o navegación por satélite que se desee transportar en túneles o zonas de no visibilidad de los satélites y para ofrecer en el sector del transporte ferroviario un gran número de

servicios potenciales, que van desde navegación, a supervisión, e incluso seguridad.

Además, el sistema que forma el objeto de la presente invención permite el suministro de la señal satelital en túneles con las mismas portadoras de las bandas de enlace de bajada y enlace de subida y con las mismas frecuencias portadoras usadas en zonas de visibilidad de los satélites.

- 5 Finalmente, es evidente que pueden hacerse diversas modificaciones a la presente invención, cada una de las cuales está dentro del alcance de protección de la invención definida en las reivindicaciones adjuntas.

En particular, aquí se pretende destacar cómo, cuando en la descripción de la invención se ha hecho referencia explícita a antenas, receptores y señales para el sistema GPS, está implícita la posibilidad, equivalente por completo, de usar antenas, receptores y señales para otros sistemas globales de navegación por satélite (GNSS), tal

- 10 como, por ejemplo, el sistema Galileo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de comunicaciones por satélite para extender las comunicaciones entre un vehículo (1) y un satélite en una zona (2) de no visibilidad del satélite, que comprende un sistema de transceptor fijo y un sistema de transceptor móvil;

5 comprendiendo el sistema de transceptor fijo una antena satélite fija (11) situada fuera de la zona (2) de no visibilidad del satélite, y al menos una antena enterrada fija (12) acoplada con la antena satélite fija (11) y situada en la zona (2) de no visibilidad del satélite;

estando el sistema de transceptor fijo configurado para:

10 - recibir a través de la antena satélite fija (11) señales de enlace de bajada transmitidas por el satélite en al menos una frecuencia portadora de enlace de bajada; y

- transmitir las señales de enlace de bajada recibidas en al menos una frecuencia portadora de enlace de bajada en la zona (2) de no visibilidad del satélite a través de la, al menos, una antena enterrada fija (12);

estando el sistema de transceptor móvil instalado en el vehículo (1) y comprendiendo:

15 - una antena satélite móvil (14), que está configurada para recibir las señales de enlace de bajada transmitidas por el satélite en la, al menos, una frecuencia portadora de enlace de bajada, y está configurada adicionalmente para transmitir señales de enlace de subida en al menos una frecuencia portadora de enlace de subida;

20 - un primer convertidor (211), que está acoplado con la antena satélite móvil (14), está configurado para hacer descender de la radiofrecuencia (RF) a la banda base (BB) las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite móvil (14), y está configurado adicionalmente para hacer ascender de la base de banda (BB) a la radiofrecuencia las señales de enlace de subida que se van a transmitir por la antena satélite móvil (14);

25 - un primer módem (212), que está acoplado con el primer convertidor (211), está configurado para desmodular las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite móvil (14) y que se han hecho descender hasta la banda base (BB) por el primer convertidor (211), y está configurado adicionalmente para modular las señales de enlace de subida que se van a hacer ascender a la radiofrecuencia (RF) por el primer convertidor (211) y que se van a transmitir por la antena satélite móvil (14);

30 - un primer módulo de análisis (213), que está acoplado con el primer módem (212), y está configurado para calcular una primera tasa de bits erróneos (BER_s) en base a las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite móvil (14), descendidas a la banda base (BB) por el primer convertidor (211) y desmoduladas por el primer módem (212);

35 - una antena enterrada móvil (13), que está configurada para recibir las señales de enlace de bajada transmitidas en la, al menos, una frecuencia portadora de enlace de bajada por el sistema de transceptor fijo a través de la, al menos, una antena enterrada fija (12), y está configurada adicionalmente para transmitir señales de enlace de subida en la, al menos, una frecuencia portadora de enlace de subida;

40 - un segundo convertidor (221), que está acoplado con la antena enterrada móvil (13), está configurado para hacer descender de la radiofrecuencia (RF) a la banda base (BB) las señales de enlace de bajada recibidas por la antena enterrada móvil (13), y está configurado adicionalmente para hacer ascender de la base de banda (BB) a la radiofrecuencia (RF) las señales de enlace de subida que se van a transmitir por la antena enterrada móvil (13);

45 - un segundo módem (222), que está acoplado con el segundo convertidor (221), está configurado para desmodular las señales de enlace de bajada recibidas por la antena enterrada móvil (13) y que se han hecho descender hasta la banda base (BB) por el segundo convertidor (221), y está configurado adicionalmente para modular las señales de enlace de subida que se van a hacer ascender a la radiofrecuencia (RF) por el segundo convertidor (221) y que se van a transmitir por la antena enterrada móvil (13);

50 - un segundo módulo de análisis (223), que está acoplado con el segundo módem (222), y está configurado para calcular una segunda tasa de bits erróneos (BER_T) en base a las señales de enlace de bajada recibidas por la antena enterrada móvil (13), descendidas a la banda base (BB) por el segundo convertidor (221) y desmoduladas por el segundo módem (222);

- una antena de navegación por satélite móvil (231) configurada para recibir señales de navegación por satélite;

- un receptor de navegación por satélite (232), que está acoplado con la antena de navegación por satélite móvil (231), y está configurado para calcular una posición del vehículo (1) en base a las señales de navegación por satélite recibidas por la antena de navegación por satélite móvil (231);

5 - un tercer módulo de análisis (233), que está acoplado con el receptor de navegación por satélite (232), y está configurado para detectar si no se recibe una señal de navegación por satélite por la antena de navegación por satélite móvil (231); y

10 - un conmutador (24), que está acoplado con el primer módem (212), con el primer módulo de análisis (213), con el segundo módem (222), con el segundo módulo de análisis (223), con el tercer módulo de análisis (233), y con una red de comunicación interna (25) del vehículo (1); estando dicho conmutador (24) configurado para

- determinar que el vehículo (1) está en una zona de visibilidad del satélite si la segunda tasa de bits erróneos calculada (BER_T) es superior a la primera tasa de bits erróneos calculada (BER_S).

15 - si el vehículo (1) está en una zona de visibilidad del satélite, enviar a la red de comunicación interna (25) las señales de enlace de bajada recibidas por la antena satélite móvil (14), descendidas a la banda base (BB) por el primer convertidor (211) y desmoduladas por el primer módem (212), y enviar al primer módem (212) las señales de enlace de subida recibidas de la red de comunicación interna (25) de manera que dichas señales de enlace de subida recibidas de la red de comunicación interna (25) sean moduladas por el primer módem (212), ascendidas a la radiofrecuencia (RF) por el primer convertidor (211) y transmitidas por la antena satélite móvil (14),

20 - determinar que el vehículo (1) está en la zona (2) de no visibilidad del satélite si la segunda tasa de bits erróneos calculada (BER_T) es inferior a la primera tasa de bits erróneos calculada (BER_S) y no se recibe una señal de navegación por satélite por la antena de navegación por satélite móvil (231), y,

25 - si el vehículo (1) está en la zona (2) de no visibilidad del satélite, enviar a la red de comunicación interna (25) las señales de enlace de bajada recibidas por la antena enterrada móvil (13), descendidas a la banda base (BB) por el segundo convertidor (221) y desmoduladas por el segundo módem (222), y enviar al segundo módem (222) las señales de enlace de subida recibidas de la red de comunicación interna (25) de manera que dichas señales de enlace de subida recibidas de la red de comunicación interna (25) sean moduladas por el segundo módem (222), ascendidas a la radiofrecuencia (RF) por el segundo convertidor (221) y transmitidas por la antena enterrada móvil (13);

estando el sistema de transceptor fijo configurado adicionalmente para:

35 - recibir a través de la, al menos, una antena enterrada fija (12) las señales de enlace de subida transmitidas por la antena enterrada móvil (13) del sistema de transceptor móvil en la, al menos, una frecuencia portadora de enlace de subida; y

- transmitir las señales de enlace de subida recibidas al satélite en la, al menos, una frecuencia portadora de enlace de subida a través de la antena satélite fija (11).

2. El sistema de comunicaciones por satélite de la reivindicación 1, en el que la zona (2) de no visibilidad del satélite es un túnel.

40 3. El sistema de comunicaciones por satélite de la reivindicación 2, en el que el sistema de transceptor fijo comprende una pluralidad de antenas enterradas fijas (12) acopladas con la antena satélite fija (11) y situadas en diferentes posiciones dentro del túnel (2) para cubrir toda la longitud del túnel (2).

4. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, en el que el vehículo (1) es un tren.

45 5. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la antena satélite fija (11) es una antena direccional situada fuera de la zona (2) de no visibilidad del satélite para que esté alineada con el satélite, en el que cada antena enterrada fija (12) es una antena no direccional, en el que la antena enterrada móvil (13) es una antena no direccional, y en el que la antena satélite móvil (14) es una antena direccional instalada en el vehículo (1) para que esté alineada con el satélite.

50 6. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el sistema de transceptor fijo comprende adicionalmente:

- un primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal (15) acoplado con la antena satélite fija (11); y,

- para cada antena enterrada fija (12), un segundo sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal respectivo (16);

en el que el primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal (15) está acoplado con cada segundo sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal (16) por medio de al menos una conexión de fibra óptica.

5 7. El sistema de comunicaciones por satélite de la reivindicación 6, en el que el primer sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal (15) comprende:

- un primer duplexor (151) acoplado con la antena satélite fija (11);
- un primer amplificador de nivel bajo de ruidos (152) conectado por medio de un cable coaxial al primer duplexor (151);

10 - un primer amplificador de potencia (153) conectado por medio de un cable coaxial al primer duplexor (151);

- un primer convertidor electro-óptico bidireccional (154) conectado por medio de un cable coaxial al primer amplificador de nivel bajo de ruidos (152) y al primer amplificador de potencia (153);

- un combinador óptico (155) conectado mediante fibra óptica al primer convertidor electro-óptico (154); y

15 - un desfaseador óptico (156) conectado mediante fibra óptica al primer convertidor electro-óptico (154).

8. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, en el que cada segundo sistema electro-óptico de distribución/adquisición de señal (16) comprende:

- un segundo duplexor respectivo (161) acoplado con la antena enterrada fija respectiva (12);

20 - un segundo amplificador de nivel bajo de ruidos respectivo (162) conectado por medio de un cable coaxial al segundo duplexor respectivo (161);

- un segundo amplificador de potencia respectivo (163) conectado por medio de un cable coaxial al segundo duplexor respectivo (161); y

25 - un segundo convertidor electro-óptico bidireccional respectivo (164) conectado por medio de un cable coaxial al segundo amplificador de nivel bajo de ruidos respectivo (162) y al segundo amplificador de potencia respectivo (163).

9. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el sistema de transceptor fijo está configurado adicionalmente para:

- encenderse automáticamente si está apagado y un vehículo (1) está a punto de entrar en la zona (2) de no visibilidad del satélite; y

30 - apagarse automáticamente si un vehículo (1) sale de la zona (2) de no visibilidad del satélite y no hay otro vehículo (1) en la zona (2) de no visibilidad del satélite.

10. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente:

35 - al menos un detector (40), que está instalado fuera de la zona (2) de no visibilidad del satélite, y está configurado para:

- detectar si un vehículo (1) está a punto de entrar en la zona (2) de no visibilidad del satélite, y
- detectar si un vehículo (1) ha salido de la zona (2) de no visibilidad del satélite; y

- una unidad de control de encendido/apagado, que está acoplada con el sistema de transceptor fijo y con el al menos un detector (40), y está configurada para

40 - encender el sistema de transceptor fijo si está apagado y el al menos un detector (40) detecta que un vehículo (1) está a punto de entrar en la zona (2) de no visibilidad del satélite, y

- apagar el sistema de transceptor fijo si el al menos un detector (40) detecta que un vehículo (1) ha salido de la zona (2) de no visibilidad del satélite y no hay otro vehículo (1) en la zona (2) de no visibilidad del satélite.

45 11. El sistema de comunicaciones por satélite de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el sistema de transceptor fijo está acoplado con un centro de control a distancia y está configurado para encenderse

y apagarse por dicho centro de control a distancia, que está configurado para:

- supervisar vehículos (1) en movimiento;
- determinar si un vehículo supervisado (1) está a punto de entrar en la zona (2) de no visibilidad del satélite;

- 5
- determinar si un vehículo supervisado (1) ha salido de la zona (2) de no visibilidad del satélite;
 - encender el sistema de transceptor fijo si está apagado y un vehículo supervisado (1) está a punto de entrar en la zona (2) de no visibilidad del satélite; y
 - apagar el sistema de transceptor fijo si un vehículo supervisado (1) ha salido de la zona (2) de no visibilidad del satélite y no hay otro vehículo supervisado (1) en la zona (2) de no visibilidad del satélite.

10 12. Un sistema transceptor para extender las comunicaciones entre un vehículo (1) y un satélite en una zona (2) de no visibilidad del satélite, configurado como el sistema de transceptor fijo del sistema de comunicaciones por satélite que se ha reivindicado en cualquier reivindicación anterior.

13. Un sistema transceptor para extender las comunicaciones entre un vehículo (1) y un satélite en una zona (2) de no visibilidad del satélite, configurado como el sistema de transceptor móvil del sistema de comunicaciones por satélite que se ha reivindicado en cualquier reivindicación 1-11.

15

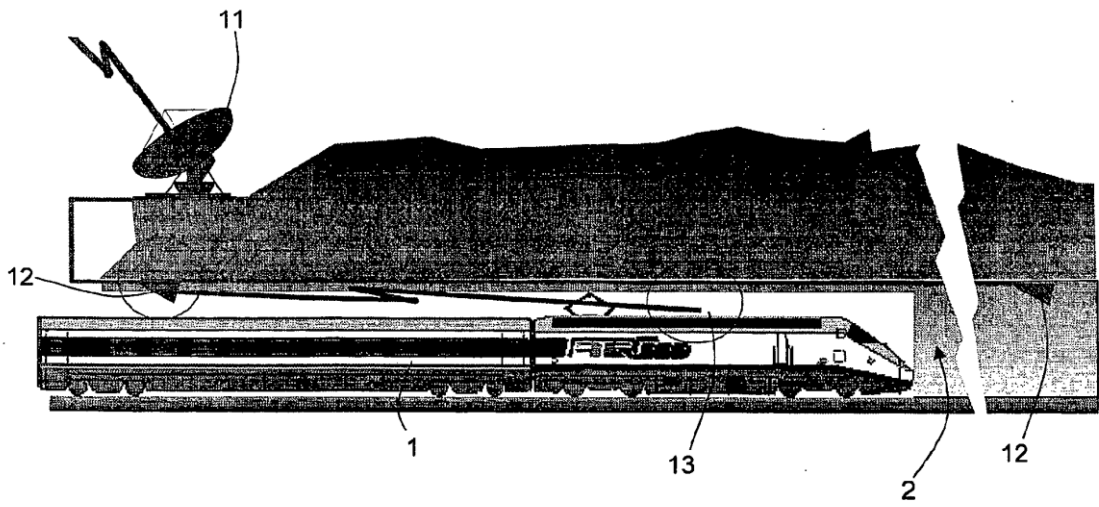


Fig. 1

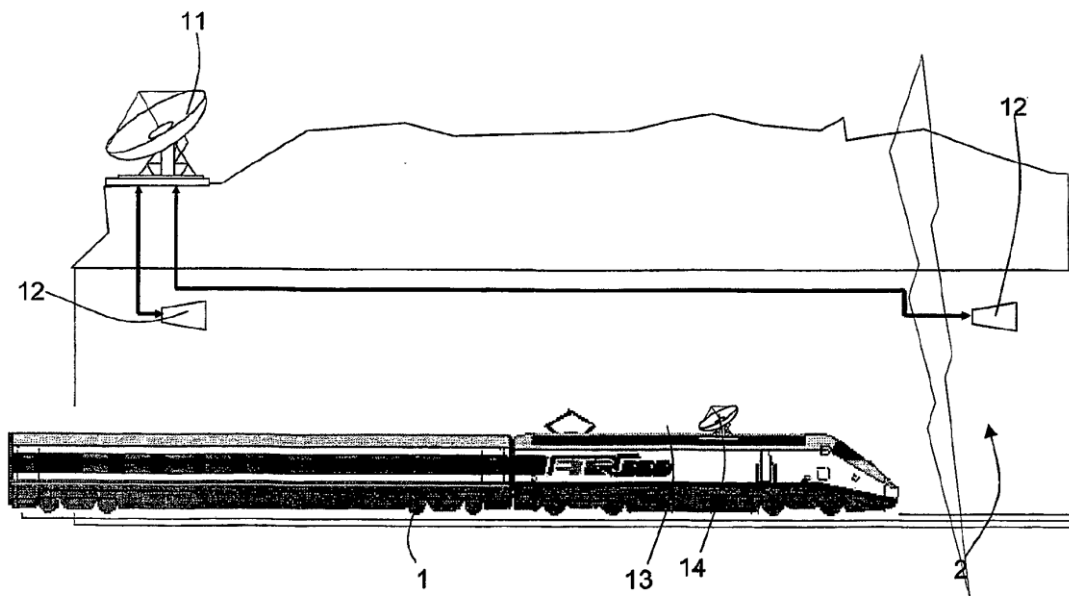


Fig. 2

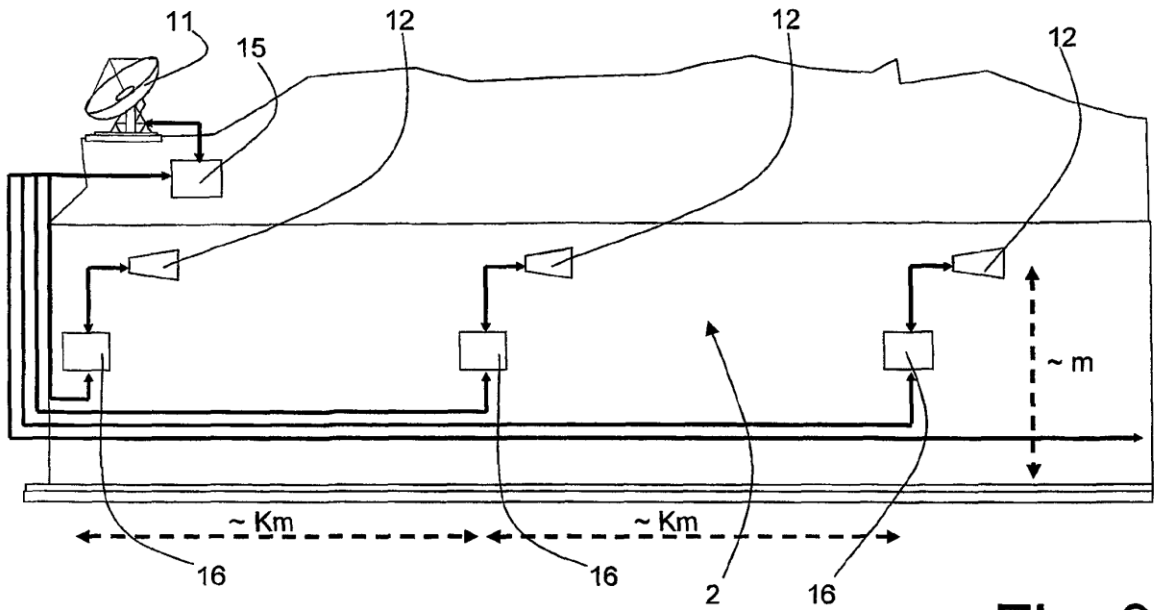


Fig. 3

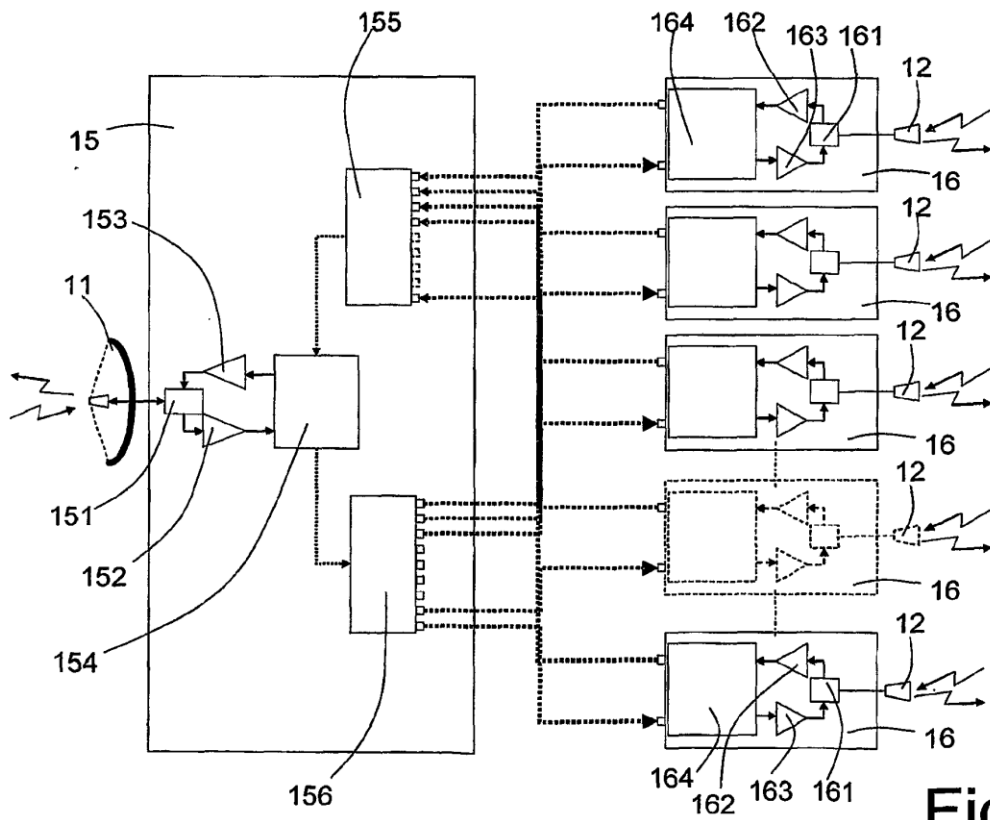


Fig. 4

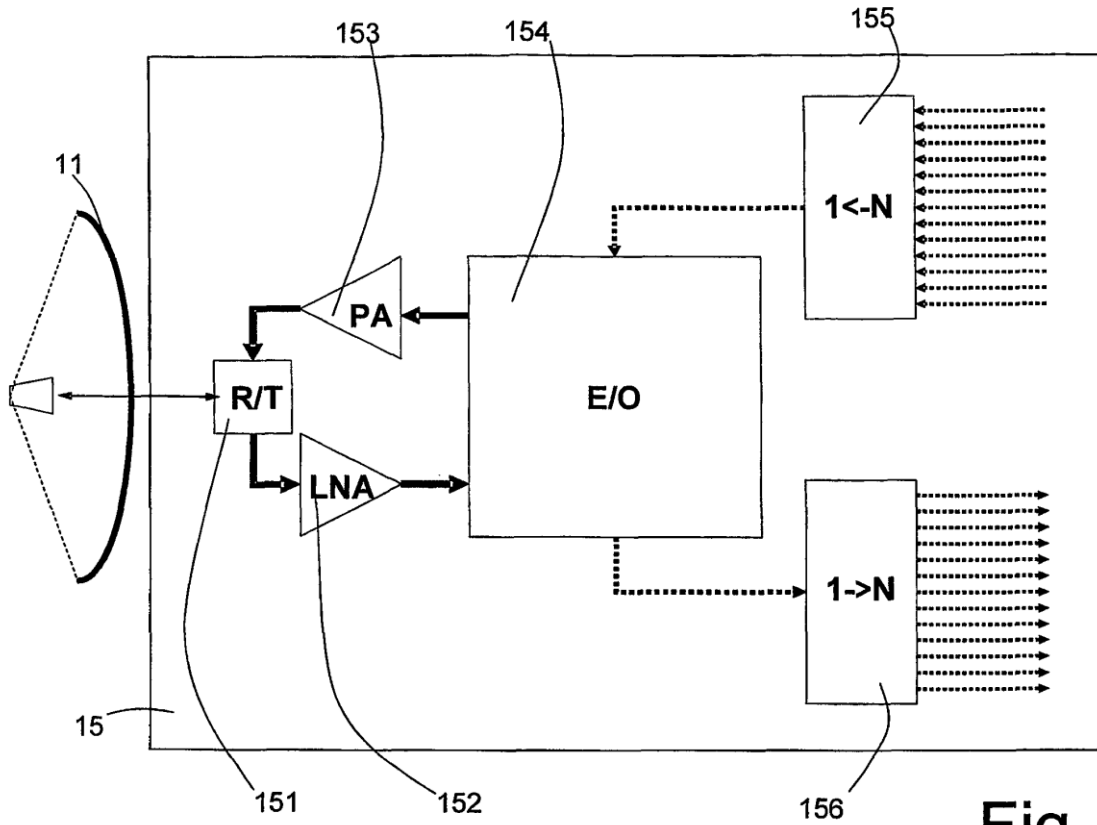


Fig. 5

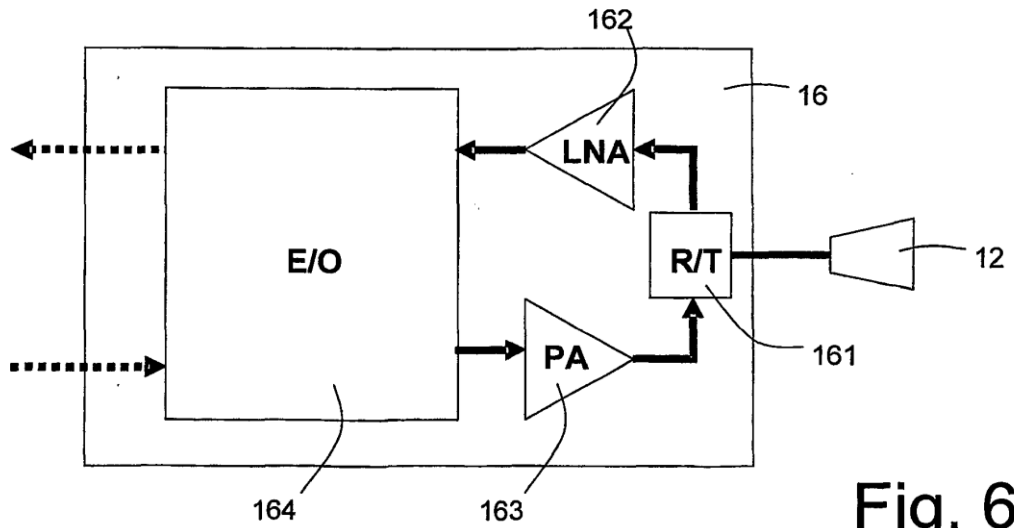


Fig. 6

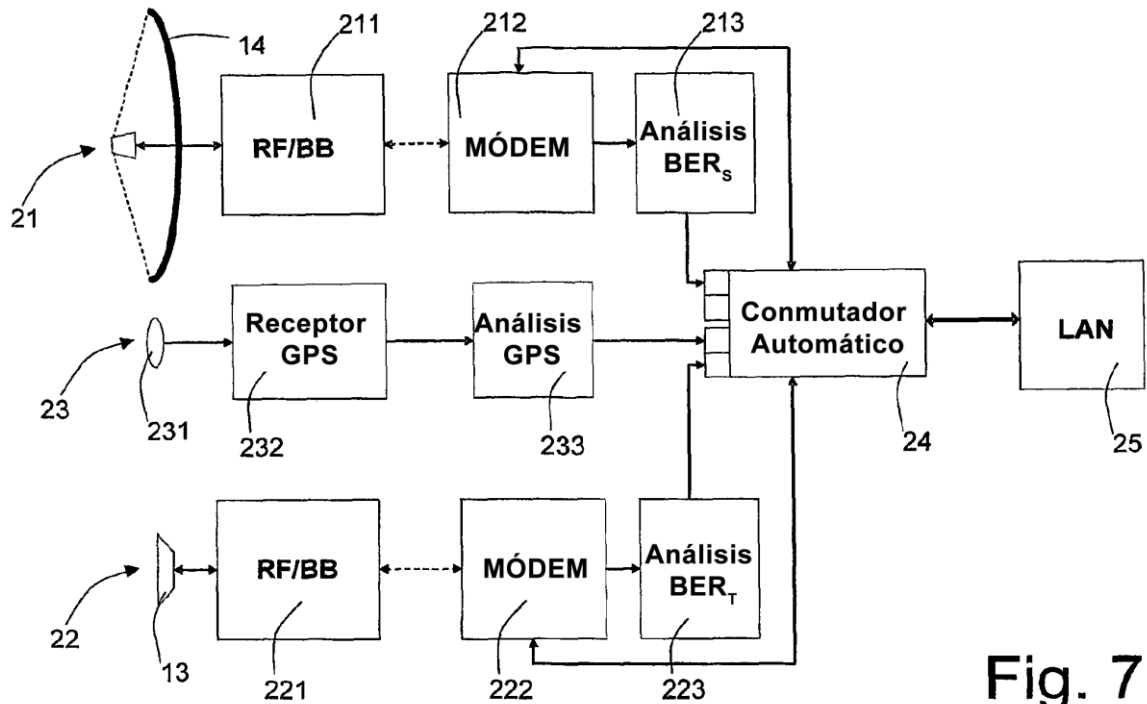


Fig. 7

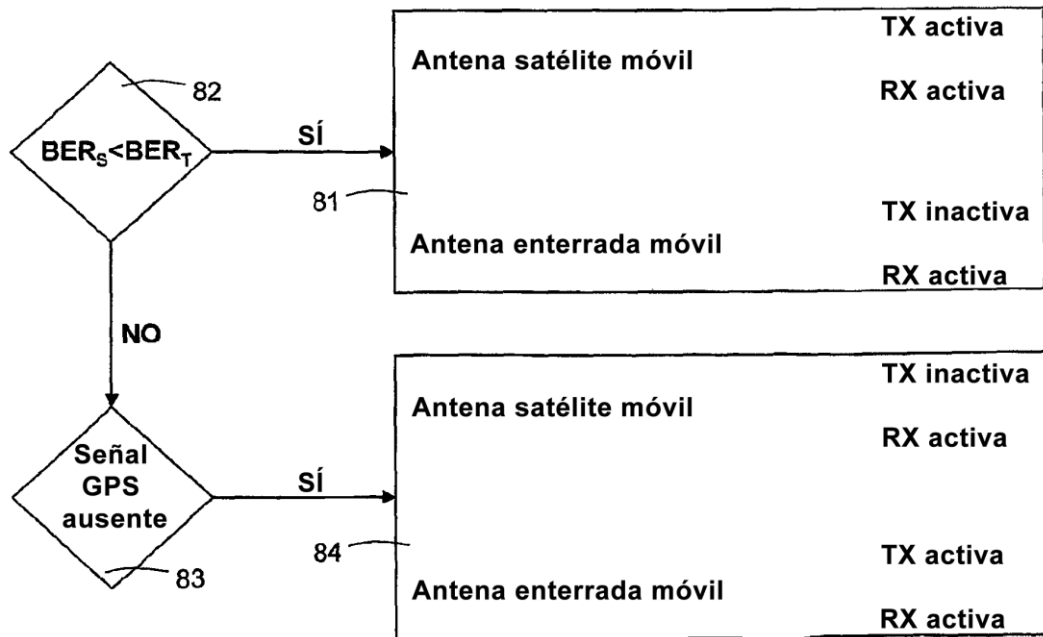


Fig. 8

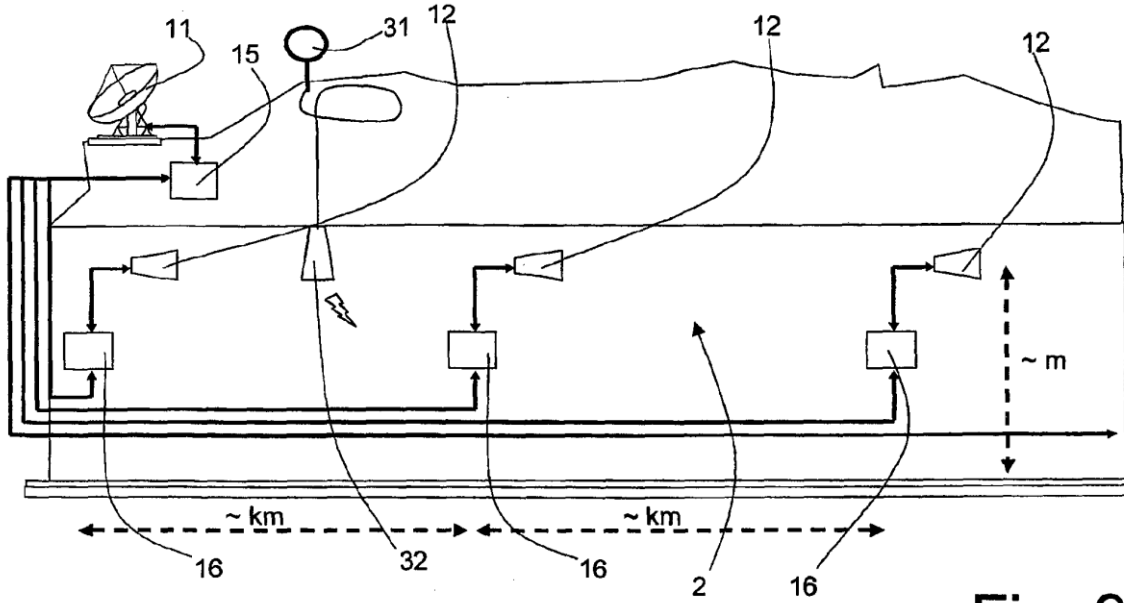


Fig. 9

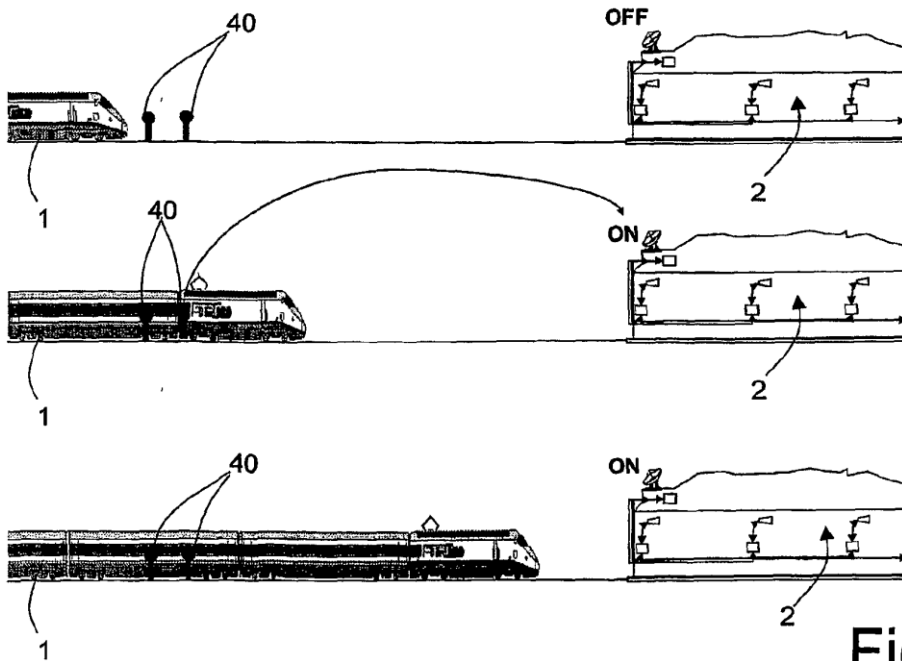


Fig. 10