



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 315 819**

(51) Int. Cl.:
H04B 10/105 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05291852 .1**

(96) Fecha de presentación : **07.09.2005**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1635485**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **15.03.2006**

(54) Título: **Procedimiento de transmisión óptica entre un terminal embarcado sobre un vehículo espacial y un terminal distante y vehículo espacial adaptado para tal procedimiento.**

(30) Prioridad: **13.09.2004 FR 04 09691**

(73) Titular/es: **EADS ASTRIUM S.A.S.**
31, rue des Cosmonautes
31402 Toulouse Cédex 4, FR

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2009

(72) Inventor/es: **Cazaubel, Vincent**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2009

(74) Agente: **Buceta Facorro, Luis**

ES 2 315 819 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

Procedimiento de transmisión óptica entre un terminal embarcado sobre un vehículo espacial y un terminal distante y vehículo espacial adaptado para tal procedimiento.

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un procedimiento de transmisión óptica entre un terminal embarcado sobre un vehículo espacial y un terminal distante, así como un vehículo espacial adaptado para la puesta en práctica de un procedimiento de este tipo.

Estado de la técnica

Es conocido el uso de un modo de transmisión óptica para establecer un enlace de comunicación con un dispositivo embarcado sobre un satélite. Tales transmisiones ópticas se utilizan, por ejemplo, para comunicaciones entre satélites que pertenecen a una misma órbita o a órbitas distintas, entre un satélite y un terminal en tierra, o entre un satélite y una aeronave, por ejemplo. Un terminal de transmisión óptica presenta en efecto un consumo energético muy bajo, que es particularmente ventajoso cuando este terminal está embarcado a bordo de un satélite.

Ahora bien, el haz de radiación utilizado para una transmisión óptica presenta una divergencia muy débil. Por consiguiente, es necesario apuntar con mucha precisión a dos terminales de transmisión óptica cada uno en la dirección de la otra, para establecer con éxito un enlace de comunicación. Para ello, un terminal de transmisión óptica destinado a embarcarse sobre un satélite comprende varios componentes conectados según el diagrama de la figura 1. El terminal comprende así, en una parte (120) externa de dicho terminal, un telescopio (110) de transmisión óptica, mecanismos (111) y (112) de puntería del telescopio (110), un módulo (113) electrónico denominado de proximidad, así como un sensor (114) de adquisición y de seguimiento. Estos componentes (110-114) están conectados de manera que forman un bucle de seguimiento de la dirección de puntería del telescopio (110) hacia un terminal distante. El terminal comprende además dos módulos (121 y 122) electrónicos, destinados respectivamente al control del terminal de transmisión óptica y al control del sistema de comunicación. Los módulos (121 y 122) están dispuestos en una parte (130) fija del satélite. Los componentes señalados con (C) en la figura 1 son colimadores ópticos, que realizan interfaces ópticas entre dos componentes del terminal, o entre un componente y una fibra óptica.

Los mecanismos (111 y 112) forman respectivamente, con los circuitos de control asociados integrados en el módulo (113), un sistema de puntería aproximada, o CPA por sus siglas en inglés "Coarse Pointing Assembly" (Conjunto de Puntería Aproximada), y un sistema de puntería precisa, o FPA por sus siglas en inglés "Fine Pointing Assembly" (Conjunto de Puntería Precisa). Durante una comunicación con un terminal distante, el campo de transmisión del terminal embarcado está orientado con respecto al satélite por medio del sistema de puntería aproximada, de modo que el terminal distante permanezca situado en este campo de transmisión. La dirección de transmisión se ajusta además en el interior del campo de transmisión por medio del sistema de puntería precisa.

El mecanismo (111) de puntería aproximada puede tener varias formas. Éste puede ser, especialmente, un periscopio articulado, un mecanismo de dos ejes que desplaza una cabeza óptica, un mecanismo de espejo de salida orientable en acimut y en elevación, un telescopio de Coudé, etc.

El mecanismo de puntería aproximada presenta partes móviles tales como, por ejemplo, un espejo de salida con su montura, cuyo tamaño se corresponde con la abertura de salida del terminal. En ciertos mecanismos, el terminal de transmisión óptica es a su vez móvil, especialmente cuando está dispuesto sobre una plataforma secundaria del satélite, orientable con respecto a la plataforma principal. En todos los casos, las partes móviles del mecanismo de puntería aproximada son voluminosas y pesadas, y son, por consiguiente, particularmente problemáticas para una utilización a bordo de un satélite.

Además, las dimensiones y el peso de las partes móviles de estos mecanismos de puntería aproximada necesitan prever de actuadores de tamaño y potencia suficientes para orientarlos o desplazarlos. Estos actuadores son por tanto a su vez pesados y de gran volumen. Además, presentan un consumo de energía en relación con su potencia.

El documento US 6 297 897 es un ejemplo de vehículo espacial que comprende mecanismos de puntería aproximada.

Objeto de la invención

Un objetivo de la presente invención consiste por tanto en proponer un procedimiento de transmisión óptica adaptado para establecer una comunicación con un vehículo espacial, y que, en particular, no presente los inconvenientes mencionados anteriormente.

Para ello, la invención propone un procedimiento de transmisión óptica entre un terminal embarcado sobre un vehículo espacial y un terminal distante de dicho vehículo, según el cual, el terminal embarcado presenta un campo de transmisión orientado de manera fija con respecto a la plataforma principal del vehículo, y según el cual dicho terminal embarcado se apunta hacia dicho terminal distante por rotación de dicha plataforma principal del vehículo.

En el marco de la invención, se llama campo de transmisión de un terminal óptico a la parte del espacio situada en el exterior de este terminal, para la que una señal óptica que se emite en esta parte de espacio puede detectarse por dicho terminal, y para la que una señal óptica emitida por este terminal puede recibirse en cualquier punto de dicha parte de espacio.

De este modo, según la invención, el campo de transmisión del terminal óptico que está embarcado a bordo del vehículo espacial es fijo con respecto a la plataforma principal del vehículo. Ningún sistema de puntería aproximada se utiliza por tanto para orientar, con respecto a la plataforma principal, el campo de transmisión del terminal embarcado hacia el terminal distante. La carga embarcada a bordo del vehículo espacial es por tanto reducida, lo que contribuye a disminuir el coste del lanzamiento y/o de la colocación en órbita del vehículo.

La puntería del terminal embarcado hacia el terminal distante se obtiene orientando la plataforma principal del vehículo espacial por rotación de la misma. En la jerga del experto en la técnica, esta orientación se obtiene adaptando la actitud del vehículo con respecto a las posiciones relativas del terminal embarcado y del terminal distante. Los medios de cambio de actitud del vehículo tienen por tanto también una función de orientación del campo de transmisión del terminal óptico embarcado.

De manera ventajosa, la plataforma principal del vehículo espacial está orientada por medio de al menos un actuador giroscópico para apuntar el terminal embarcado hacia el terminal distante. Una puntería suficientemente precisa puede realizarse así, de un modo sencillo y rápido, gracias a la precisión de orientación del vehículo que se obtiene durante las maniobras efectuadas utilizando uno o varios actuadores giroscópicos.

Según el modo de puesta en práctica preferido de la invención, el terminal embarcado comprende un telescopio y un dispositivo de puntería precisa adaptado para desplazar una imagen del terminal distante en un plano focal del telescopio. Una dirección de transmisión puede así además ajustarse en el interior del campo de transmisión del terminal embarcado, por medio del dispositivo de puntería precisa. Gracias a un dispositivo de puntería precisa de este tipo, puede establecerse una transmisión óptica particularmente fiable entre los dos terminales, sobre una distancia de transmisión que puede ser muy grande, por ejemplo de varias decenas de miles de kilómetros.

Según un perfeccionamiento de este modo de puesta en práctica de la invención, los desplazamientos, en el plano focal del telescopio, de la imagen de un haz recibido durante una transmisión óptica en curso se utilizan para controlar la orientación del terminal embarcado sobre el terminal distante.

La invención se refiere también a un vehículo espacial que comprende una plataforma principal y un terminal de transmisión óptica embarcado, teniendo dicho terminal embarcado un campo de transmisión orientado de manera fija con respecto a la plataforma principal. El vehículo espacial comprende además medios de orientación por rotación de la plataforma principal que están adaptados para apuntar dicho terminal embarcado hacia un terminal de transmisión óptica distante del vehículo.

En particular, los medios de orientación por rotación de la plataforma principal pueden comprender al menos un actuador giroscópico.

De una manera preferente, el terminal embarcado puede comprender un telescopio y un dispositivo de puntería precisa dispuesto para desplazar una imagen del terminal distante en un plano focal del telescopio, de forma que se ajusta una dirección de transmisión en el interior del campo de transmisión de dicho terminal embarcado.

El vehículo espacial puede ser de diferentes tipos, que incluyen, concretamente, un satélite, sea cual sea la naturaleza de su órbita, o una sonda interplanetaria.

Descripción de las figuras

Otras particularidades y ventajas de la presente invención aparecerán en la descripción siguiente de un ejemplo de realización no limitativo, en referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1, ya descrita, ilustra la arquitectura de un terminal de transmisión óptica tal como se conoce en la técnica anterior;

- la figura 2 ilustra el principio de una transmisión óptica entre dos satélites; y

- la figura 3 representa esquemáticamente un satélite equipado con un terminal de transmisión óptica puesto en práctica según la invención.

Descripción detallada de la invención

Se entiende que las figuras 2 y 3 ilustran el principio de la invención de manera simplificada. En particular, para mayor claridad, no representándose todos los elementos de un satélite. Además, las dimensiones de las partes del satélite que se representan no lo son en proporción con las dimensiones reales de estas partes.

La figura 2 ilustra un ejemplo de aplicación de la invención. Un satélite (S1), que puede ser geoestacionario, se utiliza para retransmitir datos transmitidos a partir de un satélite (S2) cuyo destino es un terminal (R) de recepción terrestre. La Tierra se designa con (T) y la órbita del satélite (Si) tiene la referencia (01). El satélite (S2) puede tener una función de observación terrestre de alta resolución. Para ello, se sitúa sobre una órbita (02) de baja altitud, y presenta una velocidad orbital elevada. Para el terminal (R) terrestre, el satélite (S2) está oculto por la Tierra aproximadamente la mitad del tiempo, de modo que una cantidad importante de datos no pueden transmitirse de manera continua entre el satélite (S2) y el terminal (R). Para aumentar la duración de transmisión entre el satélite (S2) y el terminal (R), el satélite (S1) se utiliza como relé de transmisión: los datos se transmiten por el satélite (S2) al satélite (S1), después el satélite (S1) vuelve a emitir los datos al terminal (R). La comunicación entre los dos satélites puede realizarse por una transmisión de tipo óptico, a la que se aplica la presente invención.

Según la figura 3, el satélite (S1) comprende una plataforma (100) principal, que puede ser de forma general paralelepípedica o cilíndrica. La plataforma (100) constituye el armazón rígido del satélite (S1), sobre el cual se montan los motores, los depósitos de ergoles, paneles solares, instrumentos de medición o de observación, dispositivos de transmisión, etc.

Un terminal de transmisión óptica está fijado sobre la plataforma (100). Este terminal comprende un telescopio (110) de transmisión, un sistema de puntería precisa (FPA), y una unidad (103) de emisión-detección de señal óptica. El terminal puede incorporar módulos suplementarios, tales como colimadores, elementos de acoplamiento óptico, un filtro de corte de la radiación solar, un sistema de alineamiento de la unidad de emisión-detección, etc. Tales módulos se consideran conocidos por un experto en la técnica y, aunque indispensables para el funcionamiento del terminal, no se describen en lo sucesivo.

El telescopio (110) comprende un espejo (1) principal, y espejos segundo y tercero, respectivamente con las referencias (2 y 3). Los espejos (1 y 3) están fijados sobre un apoyo (101) del telescopio (110), y el espejo (2) descansa sobre una estructura (102) rígida, fijada a su vez sobre el apoyo (101). De manera conocida, los espejos (1 y 3) pueden ser cóncavos y el espejo (2) puede ser convexo. Cuando el terminal funciona como receptor, un haz de transmisión óptica incidente, que tiene una configuración de haz paralelo e indicado con (F) sobre las figuras (2 y 3), se refleja sucesivamente por los espejos (1, 2) y después (3). Un punto (I) de imagen se forma así en un plano (P) focal del telescopio (110). El espejo (1) principal constituye la pupila de entrada del telescopio (110): determina la energía de la señal óptica recibida limitando la sección de una parte del haz (F) que penetra en el terminal. Según una configuración habitual de los telescopios de tres espejos, una imagen intermedia se forma entre los espejos (2 y 3). La unidad (103) de emisión-detección presenta una ventana (5) de entrada de la señal óptica que está colocada en el plano (P) focal o interconectada ópticamente con este último.

Cuando el terminal actúa como emisor, una señal óptica focalizada sobre la ventana (5) se produce por la unidad (103) de emisión-detección. Esta señal se transforma por el telescopio (110) en un haz paralelo transmitido en el espacio a la salida del espejo (1) principal. El camino seguido en el telescopio (110) por una señal óptica emitida es idéntico al de una señal óptica recibida, siendo recorrido en sentido opuesto.

Los espejos (1, 2 y 3) del telescopio (110) se fijan con respecto al apoyo (101) y a la estructura (102), así como con respecto a la plataforma (100) del satélite (S1). En particular, ningún sistema móvil de orientación del telescopio (110) está dispuesto entre el apoyo (101) y la plataforma (100). Igualmente, ningún espejo móvil está dispuesto en el exterior del telescopio (110) para modificar, con respecto a la plataforma (100), la orientación del haz (F) recibido o la de un haz transmitido por el terminal.

El campo (C) de transmisión del terminal embarcado sobre el satélite (S1) es la parte de espacio cónico que tiene como vértice el telescopio (110) y que contiene las direcciones de transmisión asociadas, por el telescopio (110), a puntos de imagen situados, en el plano (P) focal, en el interior de la ventana (5) de entrada de la unidad (103) de emisión-detección. Por consiguiente, el campo (C) está determinado por las posiciones relativas de los espejos (1-3) y de la unidad (103) de emisión-detección. Se fija por tanto con respecto a la plataforma (100).

Un terminal de transmisión óptica de este tipo está por tanto desprovisto de sistema de puntería aproximada (CPA). Una reducción importante de la masa, del volumen y de la complejidad del terminal óptico es resultado de esto.

Un espejo (4) suplementario, que puede ser un espejo plano, está dispuesto además sobre el trayecto de los haces ópticos en el interior del telescopio (110). El espejo (4) está dispuesto al nivel de una pupila intermedia real del telescopio (110), por ejemplo al nivel de una imagen de la circunferencia del espejo (1) principal por los espejos (2 y 3). El espejo (4) es el elemento activo del sistema de puntería precisa (FPA): gracias a actuadores precisos y de respuesta rápida, el espejo (4) se orienta de modo que la dirección (D) de transmisión en la salida del telescopio (110) permanece interconectada en cada instante con un punto central de la ventana (5) de la unidad (103) de emisión-detección. Tal sistema FPA permite conservar, en el interior del campo (C) de transmisión, una dirección (D) de transmisión fija

compensando variaciones de la orientación de la plataforma (100), debidas, por ejemplo, a perturbaciones. A modo de ejemplo, el espejo (4) puede orientarse por actuadores piezoeléctricos o magnéticos.

Además, el espejo (4) puede presentar una función de repliegue del haz en el interior del telescopio (110), de modo que el terminal óptico es compacto.

El satélite (S1) comprende además un conjunto de actuadores giroscópicos, o girodinos, o incluso CMG por sus siglas en inglés "Control Moment Gyro" (Regulador Giroscópico Inercial). Cada actuador giroscópico permite orientar el satélite por rotación de la plataforma (100) principal alrededor de un eje determinado. Según la figura 3, cada actuador giroscópico comprende una rueda (10), o peonza, mantenida en rotación a velocidad sensiblemente constante alrededor de su eje (11) de simetría de revolución, por un motor de accionamiento no representado. La rueda (10) está unida a la plataforma (100) por una articulación cardán de un eje, de modo que además puede hacerse girar alrededor de un eje (AA₁) secundario por un motor de actitud, no representado. El eje (AA₁) está contenido en el plano de la rueda (10) y está fijo con respecto a la plataforma (100). Por efecto giroscópico, una rotación de la rueda (10) alrededor del eje (AA₁), controlada con la ayuda del motor de actitud, provoca un par de reacción sobre la plataforma (100), que hace girar esta última alrededor de un eje determinado.

Dos actuadores giroscópicos bastan para realizar un pilotaje de 2 ejes de la orientación del satélite. En la práctica, se utilizan en general al menos cuatro actuadores giroscópicos dispuestos en racimo para asegurar un pilotaje de 3 ejes garantizando por completo una redundancia. En la figura 3, los ejes respectivos (AA₁, AA₂, AA₃ y AA₄) de las articulaciones cardán respectivas de los actuadores giroscópicos, se disponen según los topes de una pirámide de base cuadrada y de vértice (A). Ángulos iguales separan así dos ejes de articulaciones cardán sucesivas, girando alrededor del vértice (A). De manera conocida, la disposición de los ejes de las articulaciones cardán puede adaptarse para obtener una sensibilidad de orientación de la plataforma (100), o agilidad, aumentada según ciertas direcciones.

Pueden utilizarse numerosos procedimientos para mantener la plataforma principal de un satélite en una orientación, o actitud, determinada. Por ejemplo, se localizan direcciones de referencia por sensores montados sobre la plataforma, y los motores de actitud respectivos de los actuadores giroscópicos están sometidos a mediciones de desplazamientos aparentes de las direcciones de referencia con respecto a la plataforma. Utilizando sensores muy precisos para medir estos desplazamientos aparentes, y un modo de control preciso de los motores de actitud, puede obtenerse una precisión de orientación de la plataforma (100) del satélite (S1), que es suficiente para orientar el campo (C) de transmisión del terminal óptico durante una secuencia de comunicación. Un modo de control paso a paso de los motores de actitud permite en particular obtener una precisión de orientación suficiente.

De este modo, el sistema de orientación de la plataforma principal del satélite cumple la función de un sistema de puntería aproximada (CPA). Esta función suplementaria atribuida al sistema de orientación de la plataforma principal del satélite, según la invención, puede combinarse de diversas maneras con funciones ya conocidas, tales como la orientación de paneles solares, la orientación de un dispositivo de toma de imágenes, de un dispositivo de transmisión de radio, etc. Por ejemplo, orientaciones diferentes de la plataforma del satélite pueden controlarse de manera sucesiva para duraciones determinadas, durante las cuales los diferentes aparatos embarcados que necesitan una orientación adaptada del satélite para su funcionamiento se activan sucesivamente.

En particular, los desplazamientos, en el plano (P) focal del telescopio (110), de la imagen (I) de un haz (F) recibido durante una transmisión óptica en curso, pueden utilizarse para controlar los motores de actitud. En este caso, el flujo óptico de comunicación transmitido al terminal embarcado sobre el satélite (S1) puede comprender señales periódicas de puntería del terminal embarcado, independientes de las señales de datos.

Pueden introducirse numerosas modificaciones y adaptaciones de un satélite equipado con un terminal de transmisión óptica con respecto a la descripción detallada anterior. En particular pueden modificarse, el número, la disposición y el modo de control o seguimiento de los actuadores giroscópicos. Igualmente, puede utilizarse un telescopio de un tipo diferente al que se ha descrito.

Finalmente, aunque la invención se ha descrito en detalle en el caso de un satélite, se entiende que puede aplicarse a todo tipo de vehículos espaciales. En particular, puede equiparse a una sonda interplanetaria de manera análoga, con el fin de establecer un enlace de transmisión con esta sonda según el procedimiento de la invención.

Referencias citadas en la memoria

Esta lista de referencias citadas por el solicitante se dirige únicamente a ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Incluso si se ha procurado el mayor cuidado en su concepción, no se pueden excluir errores u omisiones y el OEB declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente mencionados en la memoria

- US 6297897 B (0008)

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de transmisión óptica entre un terminal embarcado sobre un vehículo (S1) espacial y un terminal distante de dicho vehículo, según el cual el terminal embarcado presenta un campo (C) de transmisión orientado de manera fija con respecto a la plataforma (100) principal del vehículo, y según el cual dicho terminal embarcado se apunta hacia dicho terminal distante por rotación de dicha plataforma principal del vehículo.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, según el cual la plataforma (100) principal del vehículo se orienta por medio de al menos un actuador (10) giroscópico para apuntar el terminal embarcado hacia el terminal distante.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, según el cual el terminal embarcado comprende un telescopio (110) y un dispositivo (4) de puntería precisa adaptado para desplazar una imagen (I) del terminal distante en un plano (P) focal del telescopio, y según el cual una dirección (D) de transmisión se ajusta además en el interior del campo (C) de transmisión del terminal embarcado por medio de dicho dispositivo de puntería precisa.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, según el cual se utilizan desplazamientos, en el plano (P) focal del telescopio, de la imagen (I) de un haz (F) recibido durante una transmisión óptica en curso, para controlar la puntería del terminal embarcado hacia el terminal distante.
- 25 5. Vehículo (S1) espacial que comprende una plataforma (100) principal y un terminal de transmisión óptica embarcado, teniendo dicho terminal embarcado un campo (C) de transmisión orientado de manera fija con respecto a la plataforma principal, comprendiendo además el vehículo espacial medios (10) de orientación por rotación de la plataforma principal adaptados para apuntar dicho terminal embarcado hacia un terminal de transmisión óptica distante del vehículo.
- 30 6. Vehículo según la reivindicación 5, en el que dichos medios de orientación por rotación de la plataforma (10) principal comprenden al menos un actuador giroscópico.
- 35 7. Vehículo según la reivindicación 5 ó 6, en el que el terminal embarcado comprende un telescopio (110) y un dispositivo (4) de puntería precisa dispuesto para desplazar una imagen (I) del terminal distante en un plano (P) focal del telescopio, de manera que se ajusta una dirección (D) de transmisión en el interior del campo (C) de transmisión de dicho terminal embarcado.
- 40 8. Vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que comprende un satélite o una sonda interplanetaria.

40

45

50

55

60

65

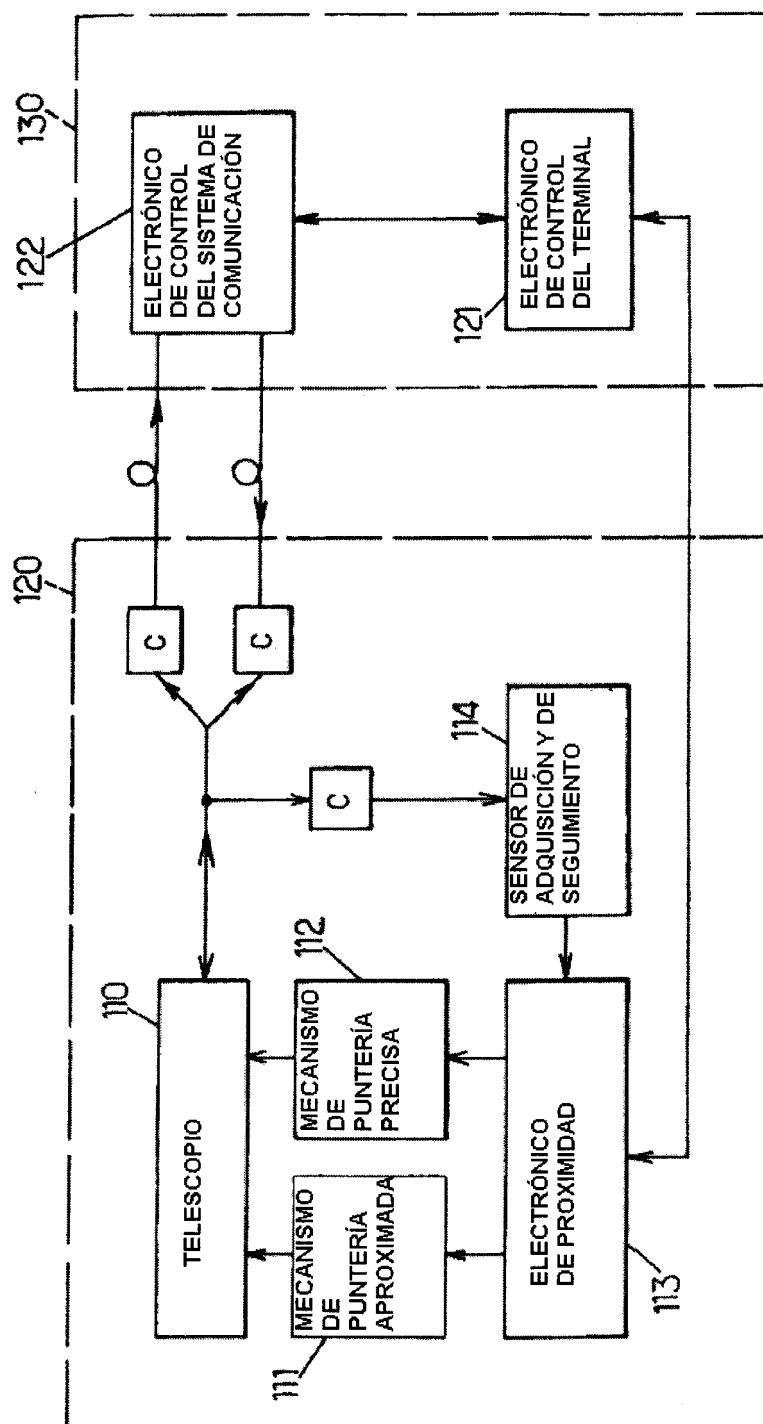


FIG.1. (TÉCNICA ANTERIOR)

