

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 863**

51 Int. Cl.:

G01S 17/74 (2006.01)

G01S 7/483 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2011 E 11784501 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2649469**

54 Título: **Equipo y procedimiento óptico de telemetría y de comunicación de alta velocidad**

30 Prioridad:

10.12.2010 FR 1004817

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

14.07.2015

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45 rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

ROUSSEAU, PASCAL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 540 863 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

Equipo y procedimiento óptico de telemetría y de comunicación de alta velocidad

5 El campo de la invención es el de los equipos que garantizan funciones de telemetría óptica y de comunicación óptica en el espacio libre. Se trata de manera más específica de un equipo del que el alcance del telémetro aerotransportado de aire-aire puede alcanzar hasta varias decenas de kilómetros y que garantiza unas comunicaciones en el espacio libre de muy alta velocidad, del orden de varios gigahercios.

10 Un telémetro permite la medición de la distancia que lo separa de un blanco. Un telémetro óptico utiliza la propagación de la luz como un medio de medición. Comprende un emisor y un receptor. Emite luz en dirección al blanco y detecta una fracción de esta luz devuelta por el blanco. La distancia se obtiene a partir del tiempo de propagación de ida y retorno de la luz desde el emisor hasta el receptor. La emisión se modula temporalmente. La luz emitida transporta esta modulación hasta el blanco. La luz es absorbida por la atmósfera, a lo largo del trayecto de ida. Esta es entonces absorbida y reflejada o retrodifundida por el blanco y luego absorbida por la atmósfera en el trayecto de retorno; esta se diluye a lo largo del camino de vuelta con un factor proporcional al cuadrado de la distancia. Una fracción de esta luz devuelta transporta la modulación hasta el receptor del telémetro. Esta modulación temporal permite identificar el inicio del pulso y la identificación de su retorno por el receptor. El tiempo discurrido entre estos dos sucesos permite calcular la distancia entre el telémetro y el blanco a partir de la velocidad de propagación de la luz en los medios atravesados.

Cuando aumenta la distancia, la cantidad de luz detectada decrece rápidamente. Para aumentar la distancia de telemetría a pesar de estas pérdidas atmosféricas, son posibles las siguientes opciones:

- 20
- aumentar la energía por pulso, pero este aumento está limitado por las restricciones de seguridad ocular y por el volumen del emisor que aumenta con la energía por pulso;
 - aumentar el tamaño de la pupila de recepción, pero esto aumenta el tamaño del sistema;
 - aumentar la sensibilidad del receptor con sistemas de múltiples pulsos que utilizan microláseres o láseres de fibras ópticas. Esto permite utilizar la post-integración. Hay un aumento de la potencia media (energía por pulso x cadencia) sin que aumente la energía por pulso.
- 25

Actualmente, se distinguen tres categorías principales de telémetros láser.

- Los telémetros con una emisión continua modulada.
- Los telémetros de múltiples pulsos.
- Los telémetros monopolso.

30 Los telémetros con una emisión continua modulada se utilizan con blancos cooperativos de los que el tiempo de medición no es crítico. Un blanco cooperativo está, por ejemplo, equipado con un retro-reflector, y de este modo refleja la luz dentro de un cono estrecho en la dirección del emisor. El sistema está diseñado para que la recepción sea posible y lo sea durante la emisión.

35 Para los blancos no cooperativos situados a largas distancias del orden de varias decenas de km, los telémetros utilizan habitualmente un único pulso de gran energía limitada por la seguridad ocular en las condiciones de empleo: la exposición integrada en 10 segundos, para una longitud de onda comprendida entre 1,5 y 1,8 μm , debe mantenerse inferior a 10.000 J/m^2 . Este límite, según las aplicaciones, permite unas energías por pulso desde algunos milijulios hasta varias decenas de milijulios. Para alcanzar una buena precisión en la distancia, los pulsos tienen una duración muy corta: del orden de 10 ns. La detección de los ecos no es posible durante la emisión de los pulsos.

40

Para las distancias cortas (< 10 km) se puede utilizar como emisor unos diodos láser. La energía por pulso es muy débil. El rendimiento se obtiene mediante múltiples pulsos con una detección con post-integración. La duración de pulso del orden de entre 10 y 50 ns es muy corta en comparación con el periodo entre los pulsos que es del orden de entre 1 y 50 μs . Durante la emisión, la recepción es ciega. La difusión de la luz emitida por la atmósfera a corta distancia (desde algunos metros a algunas decenas de metros) ciega la recepción. Más allá, la detección se produce durante el periodo entre los pulsos. La detección del eco es una detección de energía.

45

La post-integración presenta algunos inconvenientes.

Se recuerda, en efecto, que:

50 si para un pulso emitido, tenemos para el eco una relación señal-ruido S/R, entonces, para n pulsos emitidos tenemos $(nS)/(n^{1/2}R)$, esto es $(n^{1/2}S)/R$, de ahí la mejora de un factor $n^{1/2}$.

Pero, en el caso de la post-integración, la frecuencia de repetición de los pulsos (o cadencia) limita la distancia alcanzable a causa de la ambigüedad en la distancia. Esta ambigüedad se produce cuando un pulso detectado procede bien del último pulso emitido, devuelto por un blanco cercano, o bien de un pulso emitido anteriormente y devuelto por un blanco lejano, sin que se pueda determinar en estas 2 alternativas cuál es el blanco medido. Al

aceptar un intervalo temporal más grande de recepción ciega, cada pulso se puede sustituir por un tren de pulsos.

Un sistema óptico de comunicación de alta velocidad en el espacio libre comprende también un dispositivo láser de emisión de una señal óptica y, si la comunicación es bidireccional, comprende además un dispositivo de recepción de las señales ópticas emitidas por otro sistema de comunicación. La señal óptica emitida es una sucesión rápida de pulsos en un periodo de repetición tradicionalmente comprendido entre 1 ns y 20 ms. Los intervalos entre los pulsos tienen unas duraciones similares a las anchuras de pulso. Los datos digitales se componen de 0 y de 1. Cada bit de datos tiene asociada una duración unitaria: un pulso durante esta duración unitaria representa un 1, si no hay pulso durante esta duración representa un 0. Las sucesiones de datos están, además, por lo general codificadas por sucesiones de pulsos y por periodos entre los pulsos. La potencia pico de los pulsos de comunicación es, de media, el doble de la potencia media de la emisión de comunicación. La emisión es del tipo continuo modulado en dos niveles 0 y 1. A continuación, dicha sucesión de pulsos así modulada se designa señal óptica de comunicación. Varios ejemplos (16 ejemplos) de señales de comunicación de muy alta velocidad se muestran en la figura 3b. En los 10 primeros ns, el ejemplo del 4º canal corresponde a la siguiente sucesión digital: 00100110010.

El dispositivo de emisión del telémetro y el del sistema de comunicación obedecen, por lo tanto, a restricciones en conflicto, así como sus dispositivos de recepción. De ahí la utilización de dos dispositivos independientes para garantizar las funciones de telemetría de largo alcance y de comunicación óptica de alta velocidad en el espacio libre. Dichos equipos son por tanto voluminosos y pesados. El objetivo de la invención es resolver estos inconvenientes.

También se conoce el documento WO 2005/001511 que presenta un sistema integrado de telemetría y de comunicaciones ópticas; este consta de un láser común al telémetro y al sistema de comunicación óptica.

La solución según la invención se basa en la utilización de un único dispositivo láser de emisión que puede funcionar en dos modos diferentes, en un modo por pulso, que favorece la energía por pulso, para la telemetría y en un modo continuo modulado lineal para las comunicaciones ópticas de alta velocidad.

De manera más precisa, la invención tiene por objeto un equipo óptico de telemetría y de comunicación en el espacio libre, que comprende un telémetro que consta de un dispositivo de emisión de una señal óptica hacia un blanco y de un dispositivo de recepción de las señales retrodifundidas por el blanco, y un sistema de comunicación óptica en el espacio libre que consta de un dispositivo de emisión de una señal óptica hacia un dispositivo remoto de recepción óptica. Este se caracteriza principalmente porque el dispositivo de emisión del telémetro y el dispositivo de emisión del sistema de comunicación es un dispositivo de emisión común al telémetro y al sistema de comunicación y está adaptado para emitir pulsos de los que la potencia pico es superior a 50 W y el factor de forma es inferior a 0,01 o una señal continua modulada de la que la potencia pico es inferior a 10 W y el factor de forma igual a aproximadamente 0,5 y porque el equipo comprende un supervisor adaptado para controlar el dispositivo de emisión común según dos modos, el modo de pulsos para así garantizar la función de telemetría, o el modo continuo modulado para así garantizar la función de comunicación óptica.

Este equipo permite garantizar las dos funciones de telemetría de largo alcance y de comunicación óptica de alta velocidad con un único equipo. Es fácil de usar con un paso instantáneo de un modo al otro, lo que permite la anidación de los dos modos como se va a ver a continuación.

Según una característica de la invención, el dispositivo de emisión común comprende un emisor de diodo láser que consta de una alimentación eléctrica, y el supervisor comprende unos medios de control de la alimentación eléctrica del emisor de diodo láser.

Este emisor de diodo láser puede ser un diodo láser mono-cinta o un apilamiento de diodos mono-cinta adaptado para emitir colectivamente.

De preferencia, el dispositivo de emisión comprende un emisor y un amplificador conectado a la salida del emisor.

Según una característica de la invención, el equipo comprende un dispositivo de recepción de señales emitidas por otro dispositivo de comunicación óptica en el espacio libre, siendo el dispositivo de recepción del telémetro y este dispositivo de recepción del sistema de comunicación un dispositivo de recepción común, y el equipo comprende un control del dispositivo de recepción en modo telemetría o en modo comunicación.

El supervisor comprende, por ejemplo, el control del dispositivo de recepción.

Los dispositivos de emisión y de recepción son, de manera ventajosa, de múltiples longitudes de onda.

Según una característica de la invención, el emisor de múltiples longitudes de onda comprende varios emisores, estando cada uno adaptado para emitir según una longitud de onda diferente de los demás y comprende un único amplificador de banda ancha conectado a todos estos emisores.

Cuando el dispositivo de recepción es de múltiples longitudes de onda, al menos algunas longitudes de onda de recepción son idénticas a algunas longitudes de onda de emisión.

5 La invención también tiene por objeto un procedimiento de telemetría de un blanco por medio de un equipo óptico de telemetría y de comunicación tal como se ha descrito con anterioridad, que comprende una etapa de emisión de pulsos de láser hacia el blanco por medio del dispositivo de emisión común y una etapa de recepción de los pulsos retrodifundidos por el blanco por medio del dispositivo de recepción de la señal retrodifundida por el blanco. Este se caracteriza porque comprende, además, una etapa de emisión por medio de dicho dispositivo de emisión común de una señal óptica continua modulada de comunicación hacia un dispositivo de recepción de esta señal de comunicación, realizándose la etapa de emisión de una señal de comunicación fuera de las etapas de emisión y de recepción de telemetría.

10 Según una característica de la invención, comprende varias etapas de emisión de una señal de comunicación, y la etapa de emisión de pulsos de láser hacia el blanco, la etapa de recepción de los pulsos retrodifundidos por el blanco, y estas etapas de emisión de una señal de comunicación están anidadas de tal modo que se emita una señal óptica de comunicación entre dos pulsos y fuera de la etapa de recepción de los pulsos retrodifundidos por el blanco.

15 Según otra característica de la invención, el dispositivo de emisión consta de un único amplificador, el intervalo de tiempo entre dos pulsos de telemetría consecutivos o entre el final de una señal de comunicación y el pulso de telemetría consecutivo es superior o igual al tiempo de bombeo del amplificador hasta saturación.

20 Cuando el dispositivo de emisión es de múltiples longitudes de onda y solo consta de un único amplificador de banda ancha, el intervalo de tiempo entre dos pulsos de telemetría con una longitud de onda diferente y consecutivos es superior o igual al tiempo de bombeo del amplificador hasta saturación, el intervalo de tiempo entre el final de una señal de comunicación y el pulso de telemetría consecutivo con la misma longitud de onda es superior o igual al tiempo de bombeo del amplificador hasta saturación, y las señales de comunicación con una longitud de onda diferente se emiten al mismo tiempo.

Se mostrarán otras características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción detallada que viene a continuación, realizada a título de ejemplo no limitativo y en referencia los dibujos adjuntos, en los que:

25 la figura 1 representa esquemáticamente un ejemplo de dispositivo de emisión y de dispositivo de recepción común al telémetro y al sistema de comunicación en una configuración de una única longitud de onda con un amplificador;
la figura 2 representa esquemáticamente un ejemplo de dispositivo de emisión y de dispositivo de recepción común al telémetro y al sistema de comunicación en una configuración de múltiples longitudes de onda con un
30 único amplificador de banda ancha;
las figuras 3 ilustran esquemáticamente unos ejemplos de instantes de emisión de los pulsos en modo telemetría (figura 3a), en modo comunicación (figura 3b) y en modos anidados (figura 3c y 3d) para un equipo de múltiples longitudes de onda.

De una figura a otra, los elementos iguales se identifican con las mismas referencias.

35 El equipo óptico de telemetría y de comunicación puede ser de una única longitud de onda o de múltiples longitudes de onda.

En primer lugar, se considera un equipo de una única longitud de onda.

40 Se va a describir en relación a la figura 1 un dispositivo 10 de emisión común al telémetro y al sistema de comunicación. Este comprende una fuente 11 láser que puede estar conectada en la salida a un amplificador 12 tal como un amplificador de fibra.

Se considera en una primera etapa el caso de un emisor de diodo láser que no está conectado en la salida a un amplificador.

El emisor de diodo láser puede ser un diodo láser mono-cinta o un apilamiento de diodos mono-cinta que emiten colectivamente.

45 La anchura de pulso se realiza mediante la alimentación del diodo láser o mediante la del apilamiento. Más allá de un umbral, la potencia de emisión es proporcional a la corriente de alimentación.

En funcionamiento casi continuo para la comunicación, la corriente máxima y, por lo tanto, la potencia media están principalmente limitadas por la térmica del componente.

50 En telemetría, con los pulsos muy cortos, la potencia pico puede ser mucho más importante y alcanzar aproximadamente 30 veces la potencia media utilizada en funcionamiento casi continuo. No hay limitación térmica como anteriormente, sino una limitación por la resistencia al flujo óptico de las caras de los componentes del diodo láser.

El perfil temporal de emisión es muy diferente para la telemetría y la comunicación. Es mediante el control eléctrico del diodo láser como las dos funciones se diferencian en función del perfil temporal deseado y de la corriente

máxima posible.

Tomando como ejemplo un diodo láser simple, se obtiene para la función de telemetría, unos pulsos que tienen una potencia pico de algunas decenas de vatios y una frecuencia de repetición de entre 20 y 30 kHz, haciendo que varíe la corriente del diodo de 0 a 10 A, en esta misma frecuencia de repetición. Se obtiene para la función de comunicación, una señal óptica modulada en una frecuencia de varios MHz y que tiene una potencia media de aproximadamente 100 mW, haciendo que varíe la corriente del diodo de 0 a 100 mA, en esta misma frecuencia.

Se considera ahora un emisor de diodo láser seguido de un amplificador óptico.

El amplificador 12 óptico permite aumentar los rendimientos de la telemetría y de la comunicación. En telemetría, este amplificador permite aumentar la energía del pulso emitido. En comunicación, es la potencia óptica la que principalmente se aumenta con el amplificador.

En telemetría, el bombeo de la amplificación entre dos pulsos debe permitir que cada pulso tenga la energía solicitada. El intervalo de tiempo entre dos pulsos se ajusta para que se bombee el amplificador hasta saturación antes de que el diodo láser emita un nuevo pulso. Cuando se emite el pulso, este se amplifica. Esta amplificación depende de la energía de pulso en la entrada del amplificador. Cuando la energía de pulso óptico del diodo láser es suficiente para que toda la energía almacenada en el amplificador se transfiera en el pulso emitido, entonces el pulso emitido se amplifica al máximo. La amplificación utilizada está diseñada para proporcionar altas energías por pulso. La energía por pulso puede ser de la clase milijulio. Dichos amplificadores están disponibles en las empresas Manlight (clase de producto Luskenn) o Keopsys (clase de producto EOLA).

En comunicación, el diodo láser emite el tren de pulsos de la señal de comunicación mientras se bombea el amplificador; entre dos pulsos de este tren de pulsos, el amplificador no tiene tiempo de alcanzar el modo saturado. El nivel de potencia media del diodo láser se ajusta para optimizar el rendimiento del dispositivo, es decir para que todos los pulsos de la señal de comunicación se amplifiquen al máximo con la misma ganancia.

Por razones de optimización, al ser el amplificador 12 común a las dos funciones de telemetría y comunicación, se pueden añadir unos circuitos dispuestos entre el diodo 11 láser y el amplificador 12, uno para la telemetría y el otro para la comunicación. El circuito para la telemetría es tradicionalmente un preamplificador para aumentar la energía del pulso y de este modo favorecer la extracción de la energía del amplificador, el circuito para la comunicación también puede ser un preamplificador que tiene como función ajustar la energía de cada pulso en una horquilla predeterminada. El mismo preamplificador se puede utilizar para la telemetría y para la comunicación a condición de que se adapte en función de su utilización como se ha indicado con anterioridad.

Para un emisor que implementa un amplificador, las funciones telemetría y comunicación son posibles secuencialmente; estas también pueden estar anidadas cronológicamente. Como se ha visto con anterioridad, en telemetría es necesario que el amplificador 12 tenga su plena capacidad de energía para cada pulso. Después de la emisión de un pulso de telemetría, el amplificador necesita un tiempo de bombeo suficiente para tener la ganancia esperada para amplificar un tren de pulsos de comunicación. Del mismo modo, después de la amplificación del tren de pulsos de comunicación, es necesario un tiempo para que el amplificador recupere sus plenas capacidades para la amplificación de los pulsos para la telemetría. Esta restricción es la misma para un emisor de una única longitud de onda o de múltiples longitudes de onda. Además, la emisión de comunicación no es posible durante la espera de eco de telemetría.

A continuación se va a detallar la parte de recepción de un equipo de una única longitud de onda. Esta comprende un dispositivo de recepción para la telemetría y en el caso de un sistema de comunicación bidireccional, también comprende un dispositivo de recepción para la comunicación. Estos dispositivos de recepción pueden ser independientes entre sí.

El dispositivo de recepción para la telemetría comprende esquemáticamente un objeto de recogida de la luz que llega del blanco, a la que focaliza en un detector. Puede existir un transporte por fibra entre el punto de focalización del objetivo de recogida y el detector. También se pueden interponer unos dispositivos de filtrado espectral y de separación de los canales de emisión y recepción. También pueden estar una amplificación óptica o una transposición de longitud de onda en el trayecto antes del fotodetector. El fotodetector de recepción puede ser un fotodiodo PIN o de avalancha. La banda pasante eléctrica del circuito de transimpedancia asociado a este fotodetector está adaptado a la longitud de los pulsos que hay que detectar que está tradicionalmente comprendida entre 10 y 50 ns.

En el caso de la telemetría, la extracción de un pulso se busca en el ruido para la duración correspondiente a la distancia a la que puede estar el blanco. En el modo de funcionamiento de un único pulso o de múltiples pulsos (y, por lo tanto, con post-integración), unos tratamientos analógicos y digitales conocidos por el experto en la materia permiten determinar las distancias. El límite de los tratamientos es el índice de falsas alarmas, esto es cuántas falsas distancias se recorren en función del número de ensayos.

La mejora de los rendimientos consiste en detectar unas señales lo más débiles posibles controlando todos los ruidos asociados a la detección. Las fuentes de ruido son ópticas y electrónicas.

5 El dispositivo de recepción para la comunicación comprende esquemáticamente un objetivo de recogida de la luz que emite en directo el emisor remoto de otro sistema de comunicación, focalizándola en un detector. Puede existir un transporte por fibra entre el punto de focalización del objetivo de recogida y el detector. También se pueden interponer unos dispositivos de filtrado espectral y de separación de los canales de emisión y de recepción. Una amplificación óptica o una transposición de longitud de onda también pueden estar en el trayecto antes del fotodetector. El fotodetector de recepción para la comunicación puede ser un fotodiodo PIN o de avalancha. El detector puede ser un único elemento lo que significa un único canal de comunicación; este único elemento puede ser capaz de detectar de manera indiferente una o varias longitudes de onda.

10 La banda pasante eléctrica del circuito de transimpedancia asociado al fotodetector está adaptado a la velocidad que es más elevada que en telemetría; es superior a 100 MHz.

El rendimiento de comunicación depende de la velocidad aceptable por el emisor, el receptor y de la energía detectable.

En el caso de la comunicación, en cada instante el tratamiento debe discernir un 1 o un 0. El límite de los tratamientos es el índice de error.

15 La mejora de los rendimientos consiste en aumentar el índice de transmisión de información. La velocidad en una única longitud de onda aumenta con la frecuencia del tren de pulsos. Para que la comunicación se detecte también, la banda pasante se debe aumentar para seguir siendo adecuada.

20 La recepción de comunicación se ilumina en directo por el emisor remoto. En función de la distancia, de las condiciones de recepción y del diseño del receptor, la energía por bit y la frecuencia de la comunicación están limitadas.

25 Según una forma particular de realización de la invención, el dispositivo de recepción para la telemetría no es independiente del del sistema de recepción para la comunicación. En función de los rendimientos esperados en velocidad de la comunicación, la detección de telemetría y la detección de comunicación comparten todos o parte de los elementos necesarios. El dispositivo 20 de recepción del equipo puede ser común a la telemetría y a la comunicación bidireccional. El circuito de transimpedancia asociado al fotodetector puede ser el mismo. Pero puede ser necesario tener una detección con dos modos que presente una banda pasante adaptada a la telemetría y otra banda pasante adaptada a la comunicación. A continuación, la señal de detección se trata según su uso, telemetría o comunicación.

30 El tratamiento de los datos procedentes de la telemetría y de la comunicación es diferente debido en particular a unas velocidades muy diferentes. La telemetría se limita a algunos pulsos recibidos por segundo. La comunicación puede tener unas velocidades desde el kilobit al gigabit por segundo.

Este dispositivo 20 de recepción común puede funcionar en el modo telemetría o en el modo comunicación. Este doble funcionamiento permite telemetrizar el blanco y transmitirle informaciones.

35 Para un emisor de diodo con una única longitud de onda, es arriesgado tener una emisión de comunicación cuando el telémetro espera unos ecos de telemetría. La difusión de la luz emitida puede alterar la recepción de telemetría. Las dos funciones son posibles secuencialmente.

40 Se muestra en la figura 1 un ejemplo de equipo de telemetría y de comunicación con una única longitud de onda según la invención. Comprende un supervisor 1 adaptado para recibir los datos de comunicación o de telemetría y para transmitirlos al dispositivo 10 de emisión común secuenciando las etapas de emisión y de recepción de telemetría y las etapas de emisión y eventualmente de recepción de comunicación. El dispositivo 10 de emisión común comprende un diodo 11 láser eventualmente conectado en la salida a un amplificador 12 a su vez conectado a un dispositivo 13 óptico de conformación del haz emitido. El dispositivo 20 de recepción común comprende un objetivo 23 de recogida de la luz emitida por el blanco o por un emisor de comunicación remoto; este objetivo 23 está conectado eventualmente a un amplificador 22 a su vez conectado a un fotodetector 21 que transmite la señal detectada a una unidad 24 de tratamiento adaptada para suministrar en la salida las distancias de blancos y los datos de comunicación según si el supervisor 1 controla esta unidad 24 de tratamiento en el modo telemetría o en el modo comunicación.

50 De manera ventajosa, el equipo según la invención es de múltiples longitudes de onda, lo que permite aumentar el alcance de la telemetría y el número de códigos para las comunicaciones de alta velocidad. Este se describe en relación a la figura 2.

En primer lugar, se considera el dispositivo 10 de emisión común al telémetro y al sistema de comunicación.

55 En el caso de un sistema de múltiples longitudes de onda, hay tantos diodos 111, 112, 113, 114 láser como longitudes de onda hay que emitir. En el caso del uso de un amplificador 12, este es común a todas las longitudes de onda. Antes del amplificador, las emisiones de los diodos láser se superponen en un único haz. Esto se puede realizar con espejos o mediante acoplamiento de fibras. La salida es común a todas las emisiones.

En el modo telemetría, cada longitud de onda se emite sola para tener el más alto contenido energético. La ventaja de las múltiples longitudes de onda es la posibilidad de aumentar la frecuencia de repetición de los pulsos sin problemas de ambigüedad de distancia. En efecto, esto equivale a disponer de N telémetros en paralelo, cada uno con una ambigüedad de distancia bastante grande con respecto al alcance previsto para la telemetría. En este modo de pulsos, la frecuencia de repetición de los pulsos es inferior a la frecuencia umbral. De este modo, ningún emisor encuentra ningún problema de ambigüedad en la distancia. De una longitud de onda a la otra, las frecuencias de repetición de los pulsos pueden ser diferentes o idénticas. Los instantes de emisión de los pulsos de telemetría con unas longitudes de onda diferentes son, de preferencia, diferentes a causa de la energía necesaria para cada pulso que de otro modo se compartiría; en la figura 3a, se emiten sucesivamente N longitudes de onda (N = 16 en la figura) y la frecuencia de repetición es la misma de una longitud de onda a la otra, en este caso 400 μ s para una distancia de ambigüedad para unos blancos a partir de 60 km. Los trenes de N pulsos se repiten muchas veces con el fin de obtener el balance de alcance mediante post-integración. La secuencia de pulsos es, por lo tanto: $\lambda_1, \dots, \lambda_N, \lambda_1, \dots, \lambda_N, \dots$

Como el amplificador es común a todas las longitudes de onda, el bombeo de la amplificación entre dos pulsos con una longitud de onda diferente, debe permitir a cada pulso que tenga la energía solicitada. En el ejemplo de la figura 3a, el intervalo entre dos pulsos con una longitud de onda diferente es de 25 μ s; el bombeo dura, por lo tanto, un máximo de 25 μ s.

El orden de las longitudes de onda no afecta al alcance de telemetría.

El orden de las longitudes de onda puede ser portador de información y utilizarse para otros fines, de identificación por ejemplo.

El funcionamiento en el modo comunicación depende de la capacidad del receptor remoto al cual está destinada esta comunicación. Si este receptor remoto tiene un único detector, se puede establecer un único canal de comunicación. El receptor remoto puede estar adaptado para recibir diferentes longitudes de onda. El dispositivo de emisión debe emitir según una longitud de onda que pueda detectar el receptor remoto. Si se desconoce la longitud de onda de recepción, la emisión también puede activar en paralelo varias longitudes de onda que emiten de manera idéntica y síncrona.

La comunicación también puede ser específica para una clase de receptores caracterizada por su capacidad de recibir determinadas longitudes de onda. La discreción se puede garantizar mediante la elección de una longitud de onda diferente de las que se utilizan en la mayoría de los telémetros.

Para las comunicaciones, las N longitudes de onda se utilizan simultáneamente y llevan unos códigos independientes (tenemos tradicionalmente que N = 16). Y a cada longitud de onda se le asocia un código. Este código consiste, por ejemplo, en modular la cadencia de los pulsos que varía de una longitud de onda a otra como se puede ver en la figura 3b. Cada longitud de onda es un canal de información independiente de los otros. La emisión activará de forma independiente cada longitud de onda que pueda detectar el receptor remoto. La amplificación en la emisión puede ser común a todas las longitudes de onda. En este caso, las señales de comunicación por lo general diferentes de un canal a otro, se emiten simultáneamente en todas las longitudes de onda ya que no puede haber emisión de pulsos de telemetría durante la emisión de una señal de comunicación. Esto permite emitir otros tantos canales independientes de comunicación. La velocidad de la comunicación es el producto del número de canales por la velocidad de cada canal. Algunos de estos canales pueden ser específicos para la telemetría exclusivamente.

La figura 3b representa el funcionamiento de 16 canales de comunicación simultánea de 1 gigahercio cada una, esto es una velocidad del orden de 16 gigabits/segundo.

El dispositivo de emisión común puede funcionar en el modo telemetría y en el modo comunicación. Este doble funcionamiento permite telemetrizar el blanco y transmitirle informaciones.

El equipo con múltiples longitudes de onda también puede funcionar con los dos modos anidados. Este doble modo se ilustra en la figura 3c, para una configuración del dispositivo de emisión con un único amplificador para todas las longitudes de onda. El amplificador se mantiene en modo saturado el tiempo que emite un pulso para cada longitud de onda con unos instantes de emisión desplazados de una longitud de onda a otra, a continuación cambia al modo continuo durante la emisión para cada longitud de onda de la señal modulada, siendo estas emisiones simultáneas. Visto desde el amplificador, el ejemplo de la figura 3c se proyecta cronológicamente en el eje del tiempo en una figura 3d: el amplificador dispone de un tiempo de bombeo de aproximadamente 25 μ s entre dos amplificaciones de pulsos de telemetría con una longitud de onda diferente, o entre la amplificación de un pulso de telemetría y la del 1^{er} pulso del tren de pulsos de comunicación. Teniendo en cuenta las restricciones procedentes de la amplificación, para cada longitud de onda la emisión de comunicación no es posible durante la espera de los ecos de telemetría de esta misma longitud de onda.

La figura 3c representa una posibilidad de funcionamiento de telemetría y de comunicación que utiliza 16 longitudes de onda. El modo de funcionamiento representado obliga a neutralizar los receptores de telemetría durante la emisión de comunicación. El sistema tendría en el modo telemetría una eficacia equivalente a la utilización del orden

de entre 14 y 15 longitudes de onda: en efecto, es posible que para una (o dos) longitudes de onda la señal de comunicación se emita durante la recepción del eco de telemetría correspondiente.

Según las necesidades de rendimiento de telemetría y de comunicación, se pueden optimizar otras secuenciacines de telemetría y de comunicación en función de las longitudes de onda.

5 A continuación se considera la parte de recepción de un equipo con múltiples longitudes de onda.

10 El dispositivo de recepción para la telemetría comprende, de preferencia, un dispositivo de amplificación de cada pulso reflejado que permite amplificar las señales muy débiles añadiéndoles el ruido mínimo: el objetivo es mejorar la relación señal-ruido de detección. Al igual que para la emisión, se puede seleccionar un dispositivo de amplificación de banda ancha que amplifica indistintamente cada pulso y/o unos dispositivos de amplificación de banda estrecha que amplifican específicamente cada pulso.

Se utiliza un filtro óptico de los pulsos reflejados procedentes del objeto para separar los diferentes canales que hay que detectar, es decir para desmultiplexarlos. La separación es espectral.

Después de este filtrado, se pueden amplificar los pulsos de cada canal por medio de un amplificador en banda estrecha.

15 Solo se puede utilizar un detector en relación con un único canal. Al no conocerse la distancia del objeto, la detección debe estar activa mientras se esperan los ecos. La detección de puede obtener mediante un detector adaptado para detectar los pulsos reflejados para varias longitudes de onda y para diferenciarlos en función de su longitud de onda. No existen ventajas manifiestas en rendimiento de alcance en el sistema con una única longitud de onda. Cuando se buscan grandes alcances, es una ventaja tener tantos detectores como longitudes de onda de emisión.

20 Se utiliza un dispositivo de acumulación clásico para realizar la post-integración de los pulsos detectados.

El funcionamiento en el modo comunicación depende de la capacidad del receptor.

El dispositivo de recepción para la comunicación puede tener varios detectores en diferentes longitudes de onda. Cada longitud de onda es un canal de información independiente de los demás.

25 El dispositivo de recepción con múltiples longitudes de onda también puede funcionar con los dos modos anidados como en el caso del dispositivo de recepción con una única longitud de onda.

30 Se muestra en la figura 2 un ejemplo de equipo de telemetría y de comunicación con múltiples longitudes de onda según la invención. Este comprende un supervisor 1 adaptado para recibir los datos de comunicación o de telemetría y para transmitirlos al dispositivo 10 de emisión común secuenciando las etapas de emisión y de recepción de telemetría. El dispositivo de emisión comprende un distribuidor 14 de longitud de onda conectado en la entrada al supervisor 1 y en la salida a unos diodos 111, 112, 113, 114 láser con una longitud $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_i$ de onda diferente. El dispositivo de emisión común comprende eventualmente, además de estos diodos, un amplificador 12 conectado en la entrada a cada uno de los diodos y en la salida a un dispositivo 13 óptico de conformación del haz emitido. El dispositivo 20 de recepción común comprende un objetivo 23 de recogida de la luz emitida por el blanco o por un emisor de comunicación remoto; este objetivo está eventualmente conectado a un amplificador 22 a su vez conectado a unos fotodetectores 211, 212, 213, 214 respectivamente específicos para una longitud $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$ de onda diferente, que transmiten respectivamente su señal detectada a una unidad 24 de tratamiento adaptada para proporcionar en la salida unas distancias de blancos y unos datos de comunicación según si el supervisor 1 controla esta unidad de tratamiento en el modo telemetría o en el modo comunicación. Los fotodetectores están

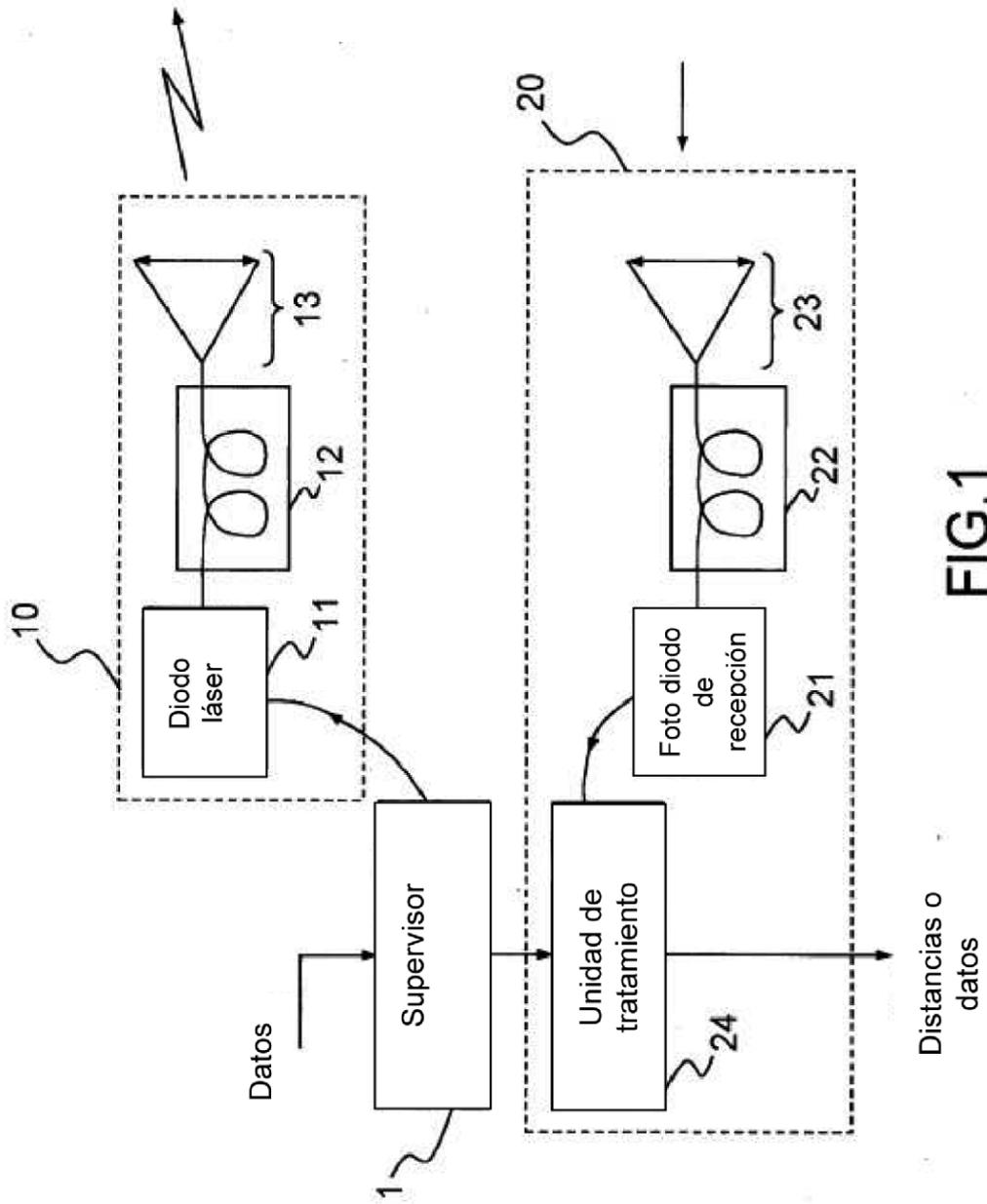
35

40 conectados por medio de otro distribuidor 25 al supervisor 1.

REIVINDICACIONES

1. Equipo óptico de telemetría y de comunicación en el espacio libre que comprende un telémetro que consta de un dispositivo de emisión de una señal óptica hacia un blanco y de un dispositivo de recepción de las señales retrodifundidas por el blanco, y un sistema de comunicación óptica en el espacio libre que consta de un dispositivo de emisión de una señal óptica hacia un dispositivo de recepción óptica remoto, **caracterizado porque** el dispositivo de emisión del telémetro y el dispositivo de emisión del sistema de comunicación es un dispositivo (10) de emisión común al telémetro y al sistema de comunicación y es apto para emitir pulsos de los que la potencia pico es superior a 50 W y el factor de forma es inferior a 0,01 o una señal continua modulada de la que la potencia pico es inferior a 10 W y el factor de forma igual a aproximadamente 0,5 y **porque** el equipo comprende un supervisor (1) apto para controlar el dispositivo (10) de emisión común según dos modos, el modo de pulsos para así garantizar la función de telemetría, o el modo continuo modulado para así garantizar la función de comunicación óptica.
2. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el dispositivo (10) de emisión común comprende un emisor de diodo (11) láser que consta de una alimentación eléctrica, y **porque** el supervisor (1) comprende unos medios de control de la alimentación eléctrica del emisor de diodo láser.
3. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el emisor de diodo (11) láser es un diodo láser mono-cinta o un apilamiento de diodos mono-cinta apto para emitir colectivamente.
4. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo (10) de emisión comprende un emisor y un amplificador (12) conectado a la salida del emisor.
5. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un dispositivo de recepción de señales emitidas por otro dispositivo de comunicación óptica en el espacio libre, siendo el dispositivo de recepción del telémetro y este dispositivo de recepción del sistema de comunicación un dispositivo (20) de recepción común, y **porque** el equipo comprende un control del dispositivo de recepción en el modo telemetría o en el modo comunicación.
6. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el supervisor (1) comprende el control del dispositivo (20) de recepción común.
7. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** los dispositivos comunes de emisión (10) y de recepción (20) son de múltiples longitudes de onda.
8. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el emisor con múltiples longitudes de onda comprende varios emisores (111, 112, 113, 114), cada uno apto para emitir según una longitud de onda diferente de los demás y **porque** comprende un único amplificador (12) de banda ancha conectado a todos estos emisores.
9. Equipo óptico de telemetría y de comunicación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo (20) de recepción común es de múltiples longitudes de onda, siendo al menos algunas longitudes de onda de recepción idénticas a algunas longitudes de onda de emisión.
10. Procedimiento de telemetría de un blanco por medio de un equipo óptico de telemetría y de comunicación según una de las reivindicaciones anteriores que comprende una etapa de emisión hacia el blanco de pulsos láser en los que la potencia pico es superior a 50 W y el factor de forma es inferior a 0,01 por medio del dispositivo (10) de emisión común y una etapa de recepción de los pulsos retrodifundidos por el blanco por medio del dispositivo de recepción de la señal retrodifundida por el blanco, **caracterizado porque** comprende, además, una etapa de emisión de una señal óptica continua modulada de comunicación en la que la potencia pico es inferior a 10 W y el factor de forma igual a aproximadamente 0,5 hacia un dispositivo de recepción de esta señal de comunicación por medio de dicho dispositivo (10) de emisión común, realizándose la etapa de emisión de una señal de comunicación fuera de las etapas de emisión y de recepción de telemetría.
11. Procedimiento de telemetría de un blanco según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** comprende varias etapas de emisión de una señal de comunicación, y **porque** la etapa de emisión de pulsos láser hacia el blanco, la etapa de recepción de los pulsos retrodifundidos por el blanco y estas etapas de emisión de una señal de comunicación están anidadas de tal modo que una señal óptica de comunicación es emitida entre dos pulsos y fuera de la etapa de recepción de los pulsos retrodifundidos por el blanco.
12. Procedimiento de telemetría de un blanco según una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado porque** el dispositivo de emisión consta de un único amplificador (12), el intervalo de tiempo entre dos pulsos de telemetría consecutivos o entre el final de una señal de comunicación y el pulso de telemetría consecutivo es superior o igual al tiempo de bombo del amplificador hasta saturación.
13. Procedimiento de telemetría de un blanco por medio de un equipo según la reivindicación 10 u 11,

5 **caracterizado porque** siendo el dispositivo de emisión de múltiples longitudes de onda y constando solo de un único amplificador (12) de banda ancha, el intervalo de tiempo entre dos pulsos de telemetría con una longitud de onda diferente y consecutivos es superior o igual al tiempo de bombeo del amplificador hasta saturación, el intervalo de tiempo entre el final de una señal de comunicación y el pulso de telemetría consecutivo con la misma longitud de onda es superior o igual al tiempo de bombeo del amplificador hasta saturación, y **porque** las señales de comunicación con una longitud de onda diferente son emitidas al mismo tiempo.



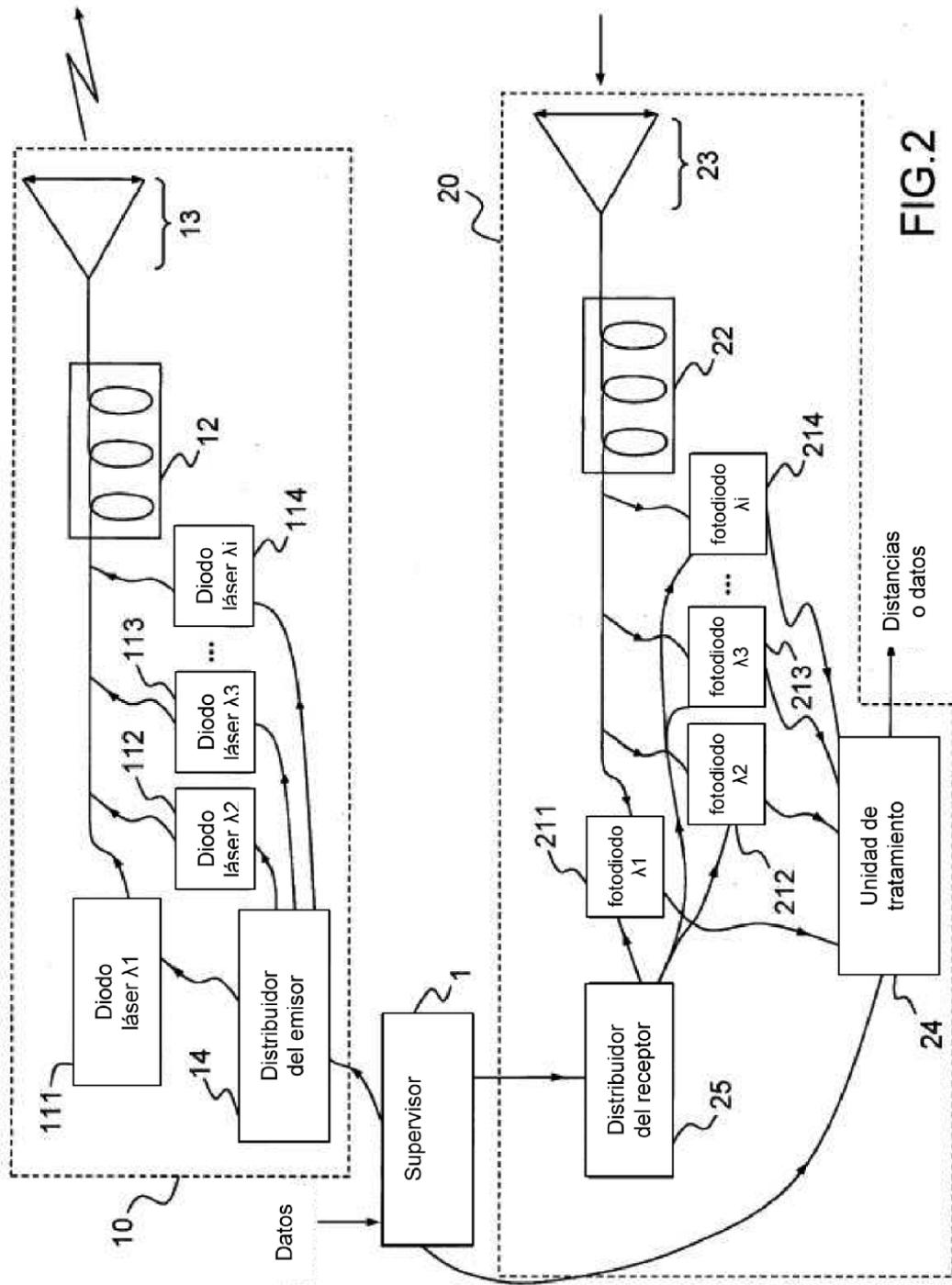


FIG.2

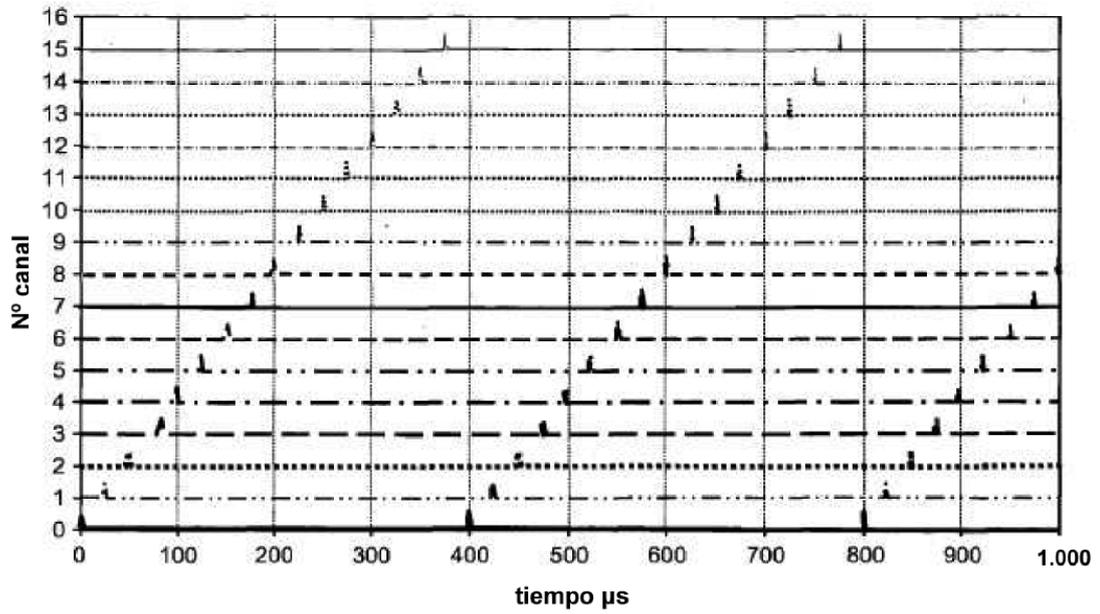


FIG.3a

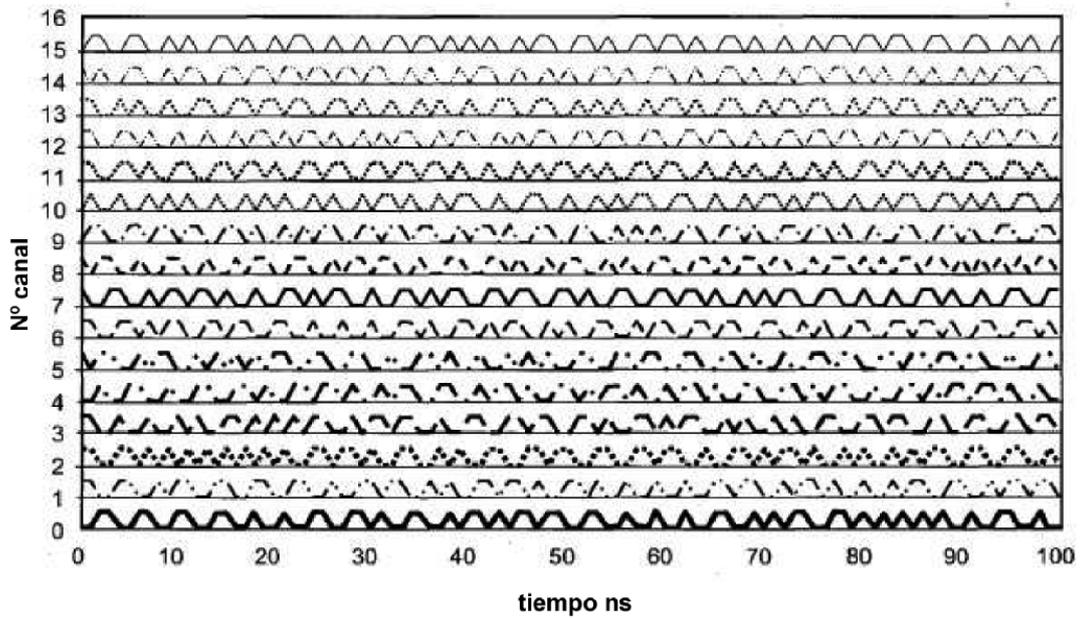


FIG.3b

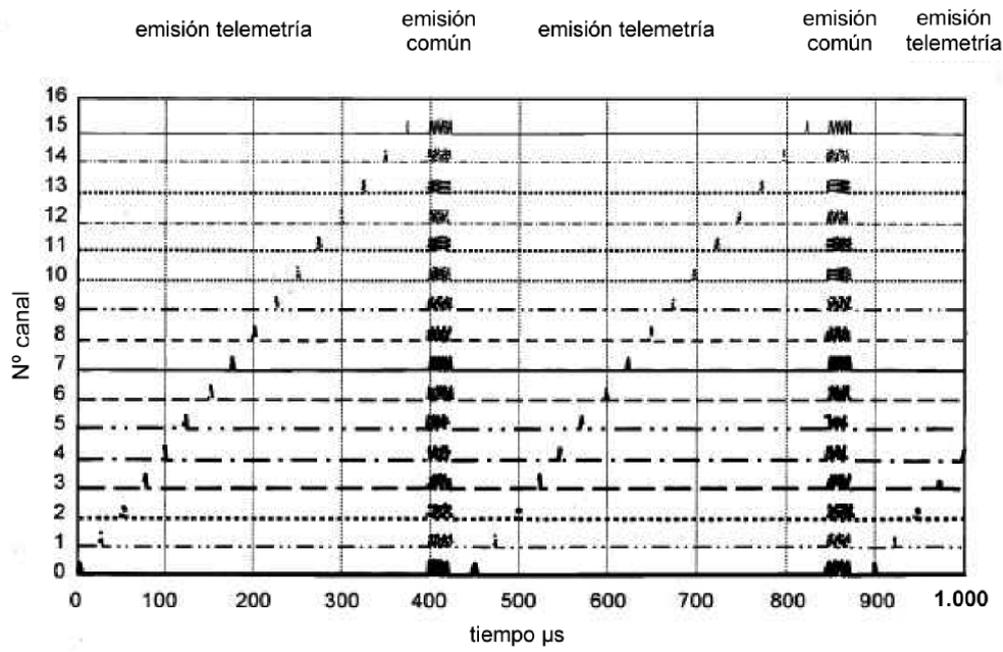


FIG.3c

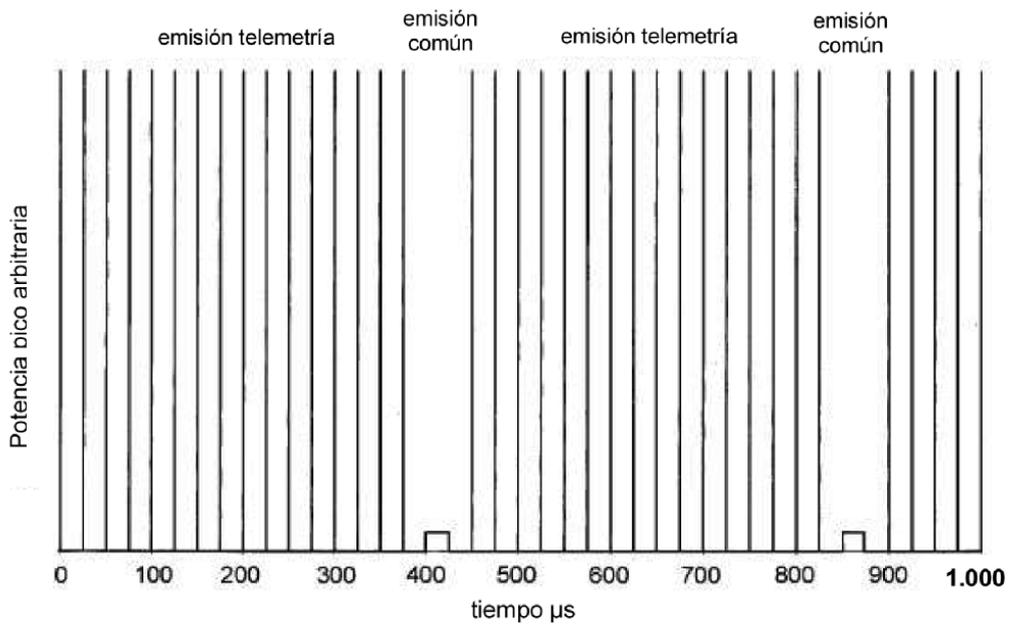


FIG.3d