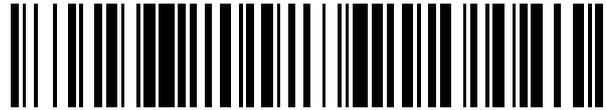


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 416**

51 Int. Cl.:

H04B 10/112 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2011 E 11162399 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.11.2014 EP 2387167**

54 Título: **Técnica para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha**

30 Prioridad:

10.05.2010 US 776941

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

09.12.2014

73 Titular/es:

**EXELIS INC. (100.0%)
1650 Tysons Boulevard, Suite 1700
McLean, VA 22102, US**

72 Inventor/es:

**CUNNINGHAM, JAMES;
WICKHOLM, DAVID;
BABER, DANIEL y
GRINCH, DEAN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 524 416 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

Técnica para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha

5 **ANTECEDENTES**

Los sistemas de comunicaciones ópticas en el espacio libre pueden transmitir datos a velocidades de transferencia de datos muy altas sobre largas distancias. Son necesarios esquemas de adquisición, y capacidades precisas de puntería y de seguimiento del haz para comunicar entre plataformas móviles (por ejemplo, vehículos aerotransportados, espaciales y terrestres). Particularmente con las plataformas aerotransportadas, en las que el movimiento de la aeronave puede ser rápido e impredecible, es crítico que el esquema de puntería y seguimiento proporcione una guía precisa para dirigir los haces de láser de datos.

En las comunicaciones bidireccionales entre terminales de comunicación óptica, la dirección angular de un terminal del extremo lejano se puede adquirir y rastrear determinando el ángulo de llegada de una señal transmitida por el terminal del extremo lejano. Se puede transmitir una señal de baliza dedicada que es diferente de la señal de datos que transporta datos, con el objetivo de determinar la dirección angular. Una opción es utilizar una única señal de baliza con una divergencia del haz fija. Otra opción es conmutar la energía láser de baliza entre dos conjuntos de óptica que producen secuencialmente una señal de baliza de anchura del haz ancha y una señal de baliza de anchura del haz estrecha.

Generalmente, una señal de anchura del haz ancha es ventajosa para la adquisición inicial debido a la mayor probabilidad de detección en el interior de una zona angular de búsqueda dada. Además, una vez que se ha establecido un enlace de comunicación entre terminales, es menos probable que una señal de baliza con una anchura del haz ancha pierda el seguimiento de un terminal del extremo lejano cuando la dirección angular relativa de los terminales está cambiando rápidamente, dado que cada terminal puede salir muy rápidamente de un haz más estrecho. Sin embargo, una señal con anchura del haz más estrecha es deseable para un seguimiento en curso, debido a su superior precisión de puntería y a su mayor intensidad de la señal.

El inconveniente de la utilización de una única señal de baliza de divergencia fija es que se tiene que seleccionar la anchura del haz para alcanzar un compromiso entre los beneficios de adquisición mencionados anteriormente de una señal de anchura del haz ancha y los beneficios de seguimiento de una señal de anchura del haz estrecha. Para un sistema de baliza que conmuta entre anchuras del haz ancha y estrecha, existe probablemente un periodo de tiempo durante la conmutación entre las dos señales de baliza durante el cual no se está emitiendo ninguna señal de baliza, lo que puede tener como resultado interrupciones durante la adquisición y el seguimiento. Por consiguiente, sigue existiendo una necesidad de sistemas de baliza mejorados para soportar comunicaciones ópticas en el espacio libre.

El documento de patente US 2007/0031151 da a conocer un sistema de comunicación óptica en el espacio libre, en el que se generan secuencialmente mediante un conmutador una señal de baliza ancha y una señal de baliza estrecha. Cada uno de los documentos US 6 347 001 y "Demonstration of a High-Altitude Laser Crosslink" -de Petrovich et al.- da a conocer un sistema óptico en el espacio libre, en el que se generan respectivamente una señal de baliza estrecha y una señal de baliza ancha mediante dos láseres diferentes.

COMPENDIO

Una técnica para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha incluye la generación de un haz de láser de baliza y la división del haz de láser de baliza en una primera señal sobre la primera trayectoria y una segunda señal sobre la segunda trayectoria, mediante un divisor del haz dependiente de la longitud de onda. Una señal de baliza ancha que tiene una primera divergencia del haz se genera a partir de la primera señal, y una señal de baliza estrecha que tiene una segunda divergencia del haz, menor, se genera a partir de la segunda señal. La longitud de onda del haz de láser de baliza determina la asignación de la energía láser entre las señales de baliza ancha y estrecha, en base a la característica de transmitancia/reflectancia del divisor del haz a la longitud de onda de la baliza. Las señales de baliza ancha y estrecha se transmiten simultáneamente en el espacio libre de manera superpuesta, para soportar la adquisición y el seguimiento en un sistema de comunicación óptica en el espacio libre.

Dado que las características de transmisión/reflexión del divisor del haz varían en función de la longitud de onda, cuando el haz de láser de baliza se genera mediante un módulo de láser sintonizable, la asignación de la energía entre las señales de baliza ancha y estrecha se puede regular a conveniencia regulando la longitud de onda del haz de láser de baliza. Por consiguiente, se puede asignar casi toda, parte o casi nada de la energía del haz de láser de baliza a cualquiera de las señales de baliza ancha y estrecha. De acuerdo con otra opción, se puede utilizar un módulo de láser de longitud de onda fija para proporcionar una asignación de energía fija entre las señales de baliza ancha y estrecha.

El haz de láser de baliza se puede combinar con un haz de láser de datos que tiene una longitud de onda diferente, de tal modo que el haz de láser combinado de baliza y de datos incide sobre el divisor del haz. En este caso, el divisor del haz puede dirigir sustancialmente la totalidad de un haz de láser de datos a la segunda trayectoria o a

otra trayectoria, de tal modo que la señal de datos se transmite simultáneamente junto con las señales de baliza ancha y estrecha.

5 La invención comprende un procedimiento de transmisión simultánea de señales de baliza óptica ancha y estrecha, comprendiendo el procedimiento: generar un haz de láser; dividir el haz de láser en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria; generar una señal de baliza ancha a partir de la primera señal, teniendo la señal de baliza ancha una primera divergencia del haz; generar una señal de baliza estrecha a partir de la segunda señal, teniendo la señal de baliza estrecha una segunda divergencia del haz que es menor que la primera divergencia del haz; y transmitir simultáneamente las señales de baliza ancha y estrecha.

10 Dividir el haz de láser comprende preferentemente: dirigir una parte del haz de láser a la primera trayectoria mediante una de transmisión y de reflexión del haz de láser; y dirigir una parte del haz de láser a la segunda trayectoria mediante la otra de transmisión y de reflexión del haz de láser, en que la primera y la segunda señales tienen una misma longitud de onda. Además la reivindicación 1 de procedimiento, comprende asimismo dirigir una señal de baliza estrecha a través de óptica dispuesta a lo largo de la segunda trayectoria. Las señales de baliza ancha y estrecha pueden tener una misma modulación y una misma longitud de onda. El haz de láser puede incluir una señal de datos en una primera longitud de onda y una señal de baliza en una segunda longitud de onda; dividir el haz de láser incluye: dirigir una parte de la señal de baliza a la primera trayectoria; dirigir una parte de la señal de baliza a la segunda trayectoria; y dirigir sustancialmente la totalidad de la señal de datos a la segunda trayectoria; y transmitir simultáneamente la señal de datos junto con las señales de baliza ancha y estrecha. Además, el haz de láser se puede generar con una longitud de onda fija; y el haz de láser se puede dividir de tal modo que la longitud de onda fija determina una asignación de la energía de la señal entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha. El haz de láser se puede generar con una longitud de onda sintonizable; y la asignación de energía entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha puede ser regulable, mediante el recurso de regular la longitud de onda del haz de láser.

25 La invención comprende asimismo un sistema de transmisor óptico para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha, que comprende: un módulo de láser configurado para generar un haz de láser; un divisor del haz configurado para dividir el haz de láser en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria; óptica divergente dispuesta a lo largo de la primera trayectoria y configurada para generar una señal de baliza ancha aplicando una primera divergencia del haz a la primera señal; óptica de direccionamiento dispuesta a lo largo de la segunda trayectoria y configurada para dirigir la primera señal a efectos de producir una señal de baliza estrecha a lo largo de una línea visual seleccionada; teniendo la señal de baliza estrecha una segunda divergencia del haz que es menor que la primera divergencia del haz; y por lo menos una abertura para transmitir simultáneamente las señales de baliza ancha y estrecha. Preferentemente, el divisor del haz puede ser un divisor del haz dependiente de la longitud de onda que tiene una banda de corte del filtro entre longitudes de onda reflejadas sustancialmente y longitudes de onda transmitidas sustancialmente; y el haz de láser incluye energía a una longitud de onda de baliza que está en la banda de corte del filtro, de tal modo que la longitud de onda de baliza determina una asignación de energía entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha, en base a la característica de transmisión/reflexión del divisor del haz dependiente de la longitud de onda, a la longitud de onda de baliza. El módulo de láser puede ser un módulo de láser sintonizable capaz de regular la asignación de energía entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha, mediante el recurso de regular la longitud de onda del haz de láser. El módulo de láser puede generar el haz de láser a una longitud de onda fija. El haz de láser puede incluir además una señal de datos a una longitud de onda de datos fuera de la banda de corte del filtro, de tal modo que sustancialmente la totalidad de la energía de la señal de datos está dirigida a la trayectoria de la segunda señal; y el sistema transmite simultáneamente la señal de datos junto con las señales de baliza ancha y estrecha. La señal de baliza ancha se puede transmitir a través de una primera abertura, y la señal de baliza estrecha y la señal de datos se transmiten a través de una segunda abertura. La óptica de direccionamiento puede comprender un espejo de direccionamiento rápido. Las señales de baliza ancha y estrecha pueden tener una misma modulación y una misma longitud de onda. La invención comprende asimismo un sistema de transmisor óptico para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha, que comprende: medios para generar un haz de láser; medios para dividir el haz de láser en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria; medios para generar una señal de baliza ancha a partir de la primera señal, teniendo la señal de baliza ancha una primera divergencia del haz; y medios para generar una señal de baliza estrecha a partir de la segunda señal, teniendo la señal de baliza estrecha una segunda divergencia del haz que es menor que la primera divergencia del haz, en el que los medios para generar las señales de baliza ancha y estrecha transmiten simultáneamente las señales de baliza ancha y estrecha hacia el espacio libre. Preferentemente, los medios de división comprenden: medios para dirigir una parte del haz de láser a la primera trayectoria a través de una de transmisión y de reflexión del haz de láser, y para dirigir una parte del haz de láser a la segunda trayectoria a través de la otra de transmisión y de reflexión del haz de láser, en el que la primera y la segunda señales tienen una misma longitud de onda. Las señales de baliza ancha y estrecha pueden tener una misma modulación y una misma longitud de onda. El haz de láser puede incluir una señal de datos en una primera longitud de onda y una señal de baliza en una segunda longitud de onda; y los medios para dividir el haz de láser dirigen una parte de la señal de baliza a la primera trayectoria, dirigen una parte de la señal de baliza a la segunda trayectoria, y dirigen sustancialmente la totalidad de la señal de datos a la segunda trayectoria, donde la señal de datos se transmite simultáneamente junto con las señales de baliza ancha y estrecha. Los medios para generar el haz de láser pueden ser sintonizables; y la

asignación de energía entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha puede ser regulable, mediante el recurso de regular la longitud de onda de los medios para generar el haz de láser.

Las anteriores y otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes tras tomar en consideración las siguientes definiciones, descripciones y figuras descriptivas de realizaciones específicas de la misma, en las que los números de referencia similares en las diversas figuras se utilizan para indicar componentes similares. Si bien estas descripciones entran en detalles específicos de la invención, se deberá comprender que pueden existir y existen variaciones, y éstas serán evidentes para los expertos en la materia en base a las descripciones de la presente memoria.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama que muestra la transmisión simultánea de haces de láser de baliza ancho y estrecho entre dos terminales de un sistema de comunicación óptica.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema transmisor de ejemplo, para generar simultáneamente señales de baliza ancha y estrecha.

La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una implementación de la óptica de transmisor, del sistema transmisor mostrado en la figura 2.

La figura 4 es un diagrama de flujo funcional que muestra operaciones llevadas a cabo para generar señales de baliza ancha y estrecha simultáneas, de acuerdo con la realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La figura 1 muestra conceptualmente la transmisión simultánea de haces de láser de baliza ancho y estrecho, entre dos terminales 110 y 120 de comunicación óptica de un sistema de comunicación óptica. En particular, el terminal 110 transmite simultáneamente hacia el terminal 120 un haz de láser de baliza óptica 130 de anchura del haz ancha superpuesto con un haz de láser de baliza óptica 140 de anchura del haz estrecha. Análogamente, el terminal 120 transmite simultáneamente hacia el terminal 110 un haz de láser de baliza óptica 150 de anchura del haz ancha superpuesto con un haz de láser de baliza óptica 160 de anchura del haz estrecha. Se debe observar que las anchuras del haz mostradas en la figura 1 no están a escala. El haz de láser de baliza ancho tiene una divergencia que asegura esencialmente una transferencia suave entre de la adquisición inicial y el seguimiento con el haz de láser de baliza estrecho. De acuerdo con una implementación, el haz de láser de baliza estrecho puede tener una anchura del haz que es aproximadamente la misma que la del haz de láser de datos utilizado para transmitir datos entre los terminales 110 y 120. De acuerdo con otra implementación, el haz de láser de datos puede tener una fracción de la anchura del haz del haz de láser de baliza estrecho, por ejemplo, en el orden de 0,15 a 0,35 miliradianes. En este caso, la divergencia más amplia del haz de láser de baliza estrecho hace más fácil mantener el seguimiento en un terminal del extremo lejano utilizando el haz de láser de baliza estrecho, de lo que sería si se utiliza una parte separada del haz de láser de datos recibido.

La señal de baliza de anchura del haz ancha permite una adquisición rápida debido a que se requiere una exploración mínima o ninguna exploración, después de apuntar con la información de orientación inicial procedente del sistema. Cubriendo un sector más amplio, la señal de baliza ancha aumenta la probabilidad de una detección rápida. La divergencia de la señal de baliza ancha se puede configurar tan ancha como sea posible mientras siga permitiendo una intensidad de la señal suficiente para la detección al alcance máximo especificado por los requisitos del sistema. El inconveniente de la señal de baliza ancha es que la relación señal/ruido (SNR) es menor que la de una señal de baliza estrecha de energía comparable, debido a que es menos la proporción de energía que se concentra en el detector de la posición del terminal del extremo lejano. En la adquisición, esta SNR menor puede ser aceptable siempre que exista la suficiente energía detectada para permitir un direccionamiento preciso del haz de baliza estrecho sobre el detector de posición del terminal del extremo lejano, y permita de ese modo la transición a un modo de seguimiento utilizando la señal de baliza estrecha. Por lo tanto, para la adquisición, la SNR necesaria es menor que durante el seguimiento. Mediante el recurso de eliminar la necesidad de un patrón de exploración complicado, se reduce el tiempo de adquisición y es más probable que se produzca la adquisición de objetivos móviles.

La señal de baliza estrecha tiene una mayor densidad de energía y por lo tanto una SNR mayor que equivale a un seguimiento más preciso. Por ejemplo, la señal de baliza estrecha puede tener una anchura del haz que es aproximadamente un orden de magnitud más estrecha que la señal de baliza ancha, con una divergencia de menos de un miliradián, proporcionando un aumento de aproximadamente 20 dB en la SNR de la señal de baliza estrecha en el detector de la posición del terminal del extremo lejano. La invención no se limita a ninguna divergencia del haz en particular ni a ninguna relación de divergencias particular entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha. Esta SNR adicional equivale asimismo a la capacidad de continuar el seguimiento incluso en presencia de desvanecimientos profundos o a alcances mayores. Sin embargo, la señal de baliza estrecha tiene el inconveniente de que la tolerancia al error de puntería debido al movimiento de la plataforma es menor que para un haz más ancho. Por consiguiente, en un sistema de baliza que conmuta entre una señal de baliza ancha y una estrecha, se podría perder el seguimiento y sería necesario reiniciar la secuencia de readquisición. Con señales de baliza ancha y estrecha superpuestas simultáneas, incluso si el error de puntería hace que la señal de baliza estrecha no apunte al terminal del extremo lejano, en terminal seguirá estando iluminado con la señal de baliza ancha. Por lo tanto, el enfoque de señales de baliza ancha/estrecha combinadas mostrado en la figura 1 proporciona un nivel muy elevado

de rendimiento con todos los beneficios y ninguno de los inconvenientes de las señales de baliza tanto ancha como estrecha.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema transmisor 100 de ejemplo, que puede generar señales de baliza ancha y estrecha simultáneas de acuerdo con una realización de la invención. Un módulo de láser 210 genera una señal de baliza óptica a una longitud de onda λ_B . El módulo de láser 210 puede ser un módulo sintonizable de diseminación de láser, tal como un módulo de láser de factor de forma pequeño enchufable (SFP, small form-factor pluggable), disponible comercialmente, que puede producir una señal de baliza de salida cuya longitud de onda λ_B es sintonizable. De acuerdo con la implementación, el módulo de láser 210 puede ser no sintonizable, produciendo un haz de láser de baliza que tiene una longitud de onda fija.

A modo de ejemplo, las longitudes de onda ópticas utilizadas para transmitir los haces de láser de baliza pueden estar comprendidas en la zona del espectro segura para la vista (es decir, longitudes de onda mayores de aproximadamente 1,4 micras), tal como las longitudes de onda en las bandas de telecomunicaciones C y L, o entre aproximadamente 1530 nm y 1600 nm. Estas longitudes de onda permiten utilizar en el transceptor láser componentes ópticos disponibles comercialmente. Sin embargo, la invención no se limita a ningún intervalo particular de longitudes de onda ópticas. Por lo tanto, tal como se utiliza en la presente memoria y en las reivindicaciones, el término "ópticas" se refiere, en general, al intervalo de longitudes de onda de las señales electromagnéticas a las que funciona habitualmente el equipamiento "óptico" (por ejemplo, equipamiento de comunicación óptica, transmisores, receptores, etc.), incluyendo el espectro visible, las longitudes de onda del infrarrojo y las longitudes de onda del ultravioleta.

La señal de baliza óptica generada por el módulo de láser 210 se suministra a un amplificador óptico 220. Tal como se muestra en la figura 2, por ejemplo, en la que la salida del módulo de láser 210 se suministra a través de fibra óptica, el amplificador 220 se puede implementar con un amplificador de fibra, tal como un amplificador de fibra dopada con erbio monomodo. La señal amplificada del láser de baliza se distribuye a través de fibra óptica al plano focal del colimador de transmisión 230. La energía del láser sale del colimador como un haz de 10 mm de diámetro en el espacio libre, por ejemplo.

El haz de láser de baliza incide en un divisor del haz 240 que divide el haz de láser de baliza en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria. En el ejemplo mostrado en la figura 2, el divisor del haz 240 transmite una parte del haz de láser de baliza a la trayectoria de la primera señal hacia la óptica de baliza ancha, y refleja una parte del haz de láser de baliza a la trayectoria de la segunda señal, hacia la óptica de baliza estrecha. Se puede adoptar asimismo la disposición inversa, en la que la parte transmitida del haz de láser de baliza se dirige a la óptica de baliza estrecha y la parte reflejada del haz de láser de baliza se dirige a la óptica de baliza ancha.

La parte del haz de láser de baliza sobre la trayectoria de la primera señal se suministra a la óptica divergente 250 para producir la señal de baliza ancha. Por ejemplo, la óptica 250 puede incluir una lente divergente que produce la divergencia necesaria para la señal de baliza ancha, que se transmite a continuación a través de una abertura hacia el terminal del extremo lejano. La divergencia con la línea de base se configura mediante la selección de la lente divergente que, por ejemplo, se puede configurar tan baja como de un miliradián, hasta tal alta como dos grados para una adquisición más amplia. Durante el montaje, la señal de baliza ancha se puede registrar conjuntamente con el haz de datos de transmisión.

La parte del haz de láser de baliza de la trayectoria de la segunda señal se suministra a óptica para producir la señal de baliza estrecha. En el ejemplo mostrado en la figura 2, la óptica de baliza estrecha incluye óptica de direccionamiento 260 para dirigir una dirección de puntería del haz de baliza estrecho hacia una línea visual seleccionada, y un telescopio 270 que dirige la señal de baliza estrecha al espacio libre. La divergencia del haz de la señal de baliza estrecha transmitida por el telescopio 270 es menor que la divergencia del haz de la señal de baliza ancha transmitida a través de la óptica 250 de baliza ancha. La invención no se limita a ninguna óptica particular de baliza ancha y estrecha, y se pueden utilizar cualesquiera disposiciones y dispositivos ópticos adecuados para producir las señales de baliza ancha y estrecha.

El divisor del haz 240 puede ser un divisor del haz dependiente de la longitud de onda, tal como un divisor del haz dicróico que tiene una característica de transmisión/reflexión que varía en función de la longitud de onda. Más específicamente, el divisor del haz 240 puede tener una banda de corte del filtro entre longitudes de onda que son transmitidas sustancialmente por completo (por ejemplo, una transmisión mayor del 98%) y longitudes de onda que son reflejadas sustancialmente por completo (por ejemplo, una reflexión mayor del 98%). Dentro de la banda de corte del filtro, la energía láser se transmite parcialmente y se refleja parcialmente, variando la proporción de energía transmitida frente a reflejada en función de la longitud de onda. Cuando la longitud de onda varía desde un extremo de la banda de corte del filtro hasta el otro extremo, la característica de transmisión/reflexión varía a lo largo de una curva desde transmisión sustancialmente completa hasta reflexión sustancialmente completa.

Para tener partes de transmisión y reflexión del haz de láser de baliza, del divisor del haz dependiente de la longitud de onda, la longitud de onda λ_B del haz de láser de baliza se puede seleccionar estando en la banda de corte del

5 filtro. La característica de transmisión/reflexión del divisor del haz a la longitud de onda λ_B determinará qué fracción de la energía de láser de baliza se refleja y qué fracción se transmite, controlando por lo tanto la asignación de energía entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha. Utilizar este mecanismo para producir simultáneamente las señales de baliza ancha y estrecha a partir del mismo haz de láser de baliza tiene como resultado que las señales de baliza ancha y estrecha tienen las mismas características de señal, tal como la misma longitud de onda y la misma modulación, si hay alguna.

10 Tal como se ha indicado previamente, el módulo de láser 210 mostrado en la figura 2 puede ser un módulo de láser sintonizable, de tal modo que la longitud de onda λ_B del haz de láser de baliza es seleccionable sobre un intervalo de longitudes de onda. Dentro de la banda de corte del filtro del divisor del haz 240, cambiar la longitud de onda λ_B desplaza el punto a lo largo de la curva característica de transmisión/recepción reflexión. Por consiguiente, el módulo de láser 210 puede regular la longitud de onda λ_B del haz de láser de baliza a efectos de regular la asignación de energía del haz de láser de baliza de manera controlable entre las señales de baliza ancha y estrecha. Conduciendo la longitud de onda λ_B hacia, o más allá de un extremo de la banda de corte del filtro, sustancialmente la totalidad (por lo menos un 98%) de la energía del haz de láser de baliza se puede dirigir a la señal de baliza ancha, y conduciendo la longitud de onda λ_B hacia, o más allá del otro extremo de la banda de corte del filtro, sustancialmente la totalidad (por lo menos en 98%) de la energía del haz de láser de baliza se puede dirigir a la señal de baliza estrecha. Seleccionar la longitud de onda λ_B en el interior de la banda de corte del filtro tendrá como resultado una asignación de energía entre estos dos extremos. Dado que la curva característica de transmisión/reflexión del divisor del haz 240 se conoce o se puede medir, el módulo de láser 210 se puede controlar para seleccionar una longitud de onda λ_B que produzca una asignación de energía deseada entre las dos señales de baliza.

25 De acuerdo con otra implementación, el módulo de láser 210 puede ser no sintonizable y producir un haz de láser de baliza a una longitud de onda fija λ_B . En este caso, la energía del haz de láser de baliza puede seguir siendo asignada a conveniencia entre las señales de baliza ancha y estrecha, diseñando el módulo de láser 210 para producir luz láser a la longitud de onda seleccionada. Sin embargo, la asignación de energía entre la señal de baliza ancha y la estrecha es fija, dado que no se puede regular la longitud de onda. Opcionalmente, en esta implementación, el divisor del haz 240 no tiene por qué depender de la longitud de onda, aunque el divisor del haz 240 tiene que seguir dividiendo en dos haces el haz de láser de baliza a la longitud de onda de baliza λ_B , a lo largo de las trayectorias de las señales de baliza ancha y estrecha, con la asignación de energía deseada entre los dos haces.

35 La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una implementación de la parte de óptica de transmisor, del sistema transmisor mostrado en la figura 2. Un colimador de transmisión 330 recibe la señal del láser de baliza desde el extremo de la fibra óptica (en sentido descendente desde el amplificador) y produce un haz de láser de baliza colimado. El haz de láser de baliza que se emite desde el colimador 330 se muestra en líneas gruesas en la figura 3, para indicar que el haz de láser de baliza contiene toda la energía del haz en este punto.

40 Un divisor del haz 340, tal como un espejo dicróico parcial transmite una parte del haz de láser de baliza a una primera trayectoria (de baliza ancha) y refleja una parte del haz de láser de baliza a una segunda trayectoria (de baliza estrecha). Se debe observar que las líneas que representan las señales primera y segunda, transmitida y reflejada por el divisor del haz 340 se muestran en líneas más finas para indicar que cada una contiene una parte de la energía del haz de láser de baliza. Se debe observar que la invención no se limita ninguna implementación particular del divisor del haz, y se pueden utilizar muchos otros mecanismos para dividir el haz de láser de baliza. La señal transmitida a lo largo de la trayectoria de la señal de baliza ancha incide sobre la lente divergente 350, que produce la señal de baliza ancha, por ejemplo, con una anchura del haz de 10 miliradianes.

50 Un espejo 360 de direccionamiento rápido está dispuesto a lo largo de la trayectoria de la segunda señal, entre el divisor del haz 340 y el telescopio 370, y desvía la parte del haz de láser de baliza reflejada por el divisor del haz 340, en un ángulo seleccionado para controlar el ángulo con que la señal de baliza estrecha es transmitida por el telescopio 370. Se puede conseguir un direccionamiento fino controlando el espejo de direccionamiento rápido.

55 El haz de láser reflejado por el espejo 360 de direccionamiento rápido es desviado por un segundo espejo 365 al telescopio 370, que funciona como un ensanchador del haz frente al espejo 360 de direccionamiento rápido. Un telescopio de 2X a 10X puede ser adecuado como telescopio 370; sin embargo, la invención no se limita a ninguna potencia de aumento particular del telescopio. La señal de baliza estrecha resultante se transmite a través de una ventana 380 al espacio libre, simultáneamente con la señal de baliza ancha. Tal como se utiliza en la presente memoria y en las reivindicaciones, el término abertura se refiere a cualquier telescopio, lente, espejo, antena u otro mecanismo para transmitir haces al espacio libre.

60 La figura 4 es un diagrama de flujo funcional que resume las operaciones llevadas a cabo para generar simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha, tal como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 1 a 3. En la operación 410, se genera un haz de láser, que comprende una señal de baliza a una longitud de onda λ_B . En la operación 420, el haz de láser se divide en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria. Una señal de baliza ancha con una primera divergencia del haz se

5 genera a partir de la primera señal utilizando, por ejemplo, una lente divergente (operación 430). Una señal de baliza estrecha se genera a partir de la segunda señal, donde la señal de baliza estrecha tiene una segunda divergencia del haz que es menor que la primera divergencia del haz (operación 440). Opcionalmente, en la operación 450, la señal de baliza estrecha se dirige con óptica (por ejemplo, un espejo de direccionamiento rápido) lo largo de la segunda trayectoria. En la operación 460, las señales de baliza ancha y estrecha se transmiten simultáneamente al espacio libre.

10 Opcionalmente, los haces de láser de baliza ancho y estrecho se pueden modular para facilitar la detección y para simplificar el diseño del sistema. Por ejemplo, la energía del láser de baliza puede estar modulada en conexión y desconexión o "segmentada" a una frecuencia relativamente baja (por ejemplo, de 4 a 15 kHz) para producir una
 15 señal de onda cuadrada cuya frecuencia de modulación se pueda detectar. Se puede utilizar una frecuencia única de segmentación de baliza para cada terminal en un sistema de comunicación óptica, de tal modo que la detección de la frecuencia de segmentación identifica qué terminal está enviando la señal de baliza. La modulación de conexión/desconexión crea una señal AC de onda cuadrada que puede estar acoplada por AC a un detector sensor de la posición terminal del extremo lejano. Acoplando en AC el detector sensor de la posición, las señales continuas que crean un sesgo de DC no afectan al proceso de detección. Es posible asimismo modular la señal de baliza para
 20 codificar datos en la señal de baliza. Independientemente de si el haz de láser de baliza está modulado, o de qué esquema de modulación se utiliza, las señales de baliza ancha y estrecha tienen la misma modulación (si tienen alguna), dado que ambas se generan en el mismo haz de láser de baliza suministrado al divisor del haz, que separa el haz en señales de baliza ancha y estrecha.

25 Tal como se ha explicado anteriormente, las señales de baliza soportan la adquisición y el seguimiento de la posición angular de terminales de comunicación óptica, para permitir la recepción de haces de láser de datos estrechos que están modulados para transportar datos. De acuerdo con una opción, la señal de datos puede ser manipulada mediante una óptica de transmisor diferente y transmitida a través de una abertura independiente. De acuerdo con otra opción, la señal de datos puede estar contenida en el mismo haz de láser que la señal de baliza. La señal de datos puede tener una longitud de onda óptica diferente a la señal de baliza, que está fuera de la banda de corte del filtro del divisor del haz, de tal modo que sustancialmente la totalidad de la energía de la señal de datos se transmite o bien se refleja mediante el divisor del haz. Por ejemplo, en la disposición mostrada en la figura 3, la
 30 señal de datos se puede reflejar mediante el divisor del haz dicróico 340 hacia el espejo 360 de direccionamiento rápido, que dirige las señales tanto de datos como de baliza estrecha. La señal de datos y la señal de baliza estrecha se transmiten simultáneamente a través del telescopio 370.

35 La señal de datos se puede utilizar para transmitir virtualmente cualquier tipo de información o de datos que incluyen, pero sin limitarse a: datos de sensores, señales de navegación, señales de voz/audio, señales de imagen, señales de video, datos relativos a una aplicación que se ejecuta en un procesador, señales de control y señales de protocolo de sobrecarga o de comunicación (por ejemplo, relativas al protocolo de comunicación, enlace, encaminamiento, configuración de equipos, etc.). En particular, los sensores que reúnen información para
 40 inteligencia, vigilancia y reconocimiento generan una cantidad sustancial de datos y se pueden beneficiar de mayores velocidades de transferencia de datos utilizadas en las comunicaciones ópticas, para transmitir la información en una cantidad de tiempo razonable.

45 La disposición mostrada en la figura 3 se puede utilizar asimismo para soportar un modo de retroreflector modulado (MRR, modulated retro-reflector), en el que dos terminales llevan a cabo un funcionamiento semidúplex y uno de los terminales no crea ninguna energía láser. En este modo, el terminal de transmisión puede enviar datos modulando el haz de láser de datos transmitido. El terminal MRR refleja la señal entrante de retorno al terminal de transmisión. Para enviar datos desde el terminal MRR al terminal de transmisión, el terminal de transmisión transmite una señal no modulada. La señal no modulada es incidente en el terminal MRR, en el que un modulador de pozo cuántico (QWM, quantum well modulator) aplica una modulación de datos al haz, y el terminal MRR refleja la señal modulada
 50 de vuelta al terminal de transmisión. La longitud de onda del láser en el terminal de transmisión es sintonizable para tener en cuenta el desplazamiento de temperatura de la longitud de onda del QWM utilizado en el terminal MRR.

55 El sistema transmisor para generar señales de baliza ancha y estrecha descrito en la presente memoria se puede utilizar en un terminal de comunicación óptica (por ejemplo, láser) diseñado para funcionar en un sistema de comunicación de láser con plataformas móviles, donde las posiciones relativas de los terminales cambian con el tiempo. El sistema puede incluir, por ejemplo, terminales montados en plataformas aerotransportadas, satélites, naves, embarcaciones o vehículos terrestres, así como terminales estacionarios que comunican con terminales montados en plataformas móviles (por ejemplo, combinaciones de conexiones aire-aire y aire-tierra).

60 Habiéndose descrito realizaciones preferidas de una técnica nueva y mejorada para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha, se considera que se ocurrirán otras modificaciones, variaciones y cambios a los expertos en la materia, a la luz de las descripciones expuestas en la presente memoria. Por lo tanto, se debe comprender que se considera que la totalidad de dichas variaciones, modificaciones y cambios quedan dentro del alcance de la presente invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Si bien en la
 65 presente memoria se utilizan términos específicos, estos se utilizan solamente en sentido genérico y descriptivo, y no con propósitos de limitación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de transmisión simultánea de señales de baliza óptica ancha y estrecha, comprendiendo el procedimiento:
- generar un haz de láser (130, 140, 150, 160);
dividir el haz de láser (130, 140, 150, 160) en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria para asignar energía del haz de láser (130, 140, 150, 160) entre la primera y la segunda señales;
10 generar una señal de baliza ancha a partir de la primera señal, teniendo la señal de baliza ancha una primera divergencia del haz;
generar una señal de baliza estrecha a partir de la segunda señal, teniendo la señal de baliza estrecha una segunda divergencia del haz que es menor que la primera divergencia del haz; y
transmitir simultáneamente las señales de baliza ancha y estrecha.
- 15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la división del haz de láser comprende:
- dirigir una parte del haz de láser a la primera trayectoria a través de una de transmisión y de reflexión del haz de láser; y
20 dirigir una parte del haz de láser a la segunda trayectoria a través de la otra de transmisión y de reflexión del haz de láser, en el que la primera y la segunda señales tienen una misma longitud de onda.
3. El procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, que comprende además:
- 25 dirigir la señal de baliza estrecha a través de óptica (260) dispuesta a lo largo de la segunda trayectoria.
4. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las señales de baliza ancha y estrecha tienen una misma modulación y una misma longitud de onda.
- 30 5. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que:
- generar el haz de láser incluye generar una señal de datos a una primera longitud de onda y una señal de baliza a una segunda longitud de onda;
dividir el haz de láser incluye: dirigir una parte de la energía de la señal de baliza a la primera trayectoria;
35 dirigir una parte restante de la energía de la señal de baliza a la segunda trayectoria; y
dirigir sustancialmente la totalidad de la energía de la señal de datos a la segunda trayectoria; y
la señal de datos se transmite simultáneamente junto con las señales de baliza ancha y estrecha.
- 40 6. El procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que:
- el haz de láser se genera con una longitud de onda fija; y el haz de láser se divide de tal modo que la longitud de onda fija determina una asignación de la energía del haz de láser entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha; o
45 - el haz de láser se genera con una longitud de onda sintonizable; y la asignación de energía del haz de láser entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha es regulable, mediante el recurso de regular una longitud de onda del haz de láser.
7. Un sistema de transmisor óptico para transmitir simultáneamente señales de baliza óptica ancha y estrecha, que comprende:
- 50 un módulo de láser (210) configurado para generar un haz de láser (130, 140, 150, 160);
un divisor del haz (240) configurado para dividir el haz de láser (130, 140, 150, 160) en una primera señal sobre una primera trayectoria y una segunda señal sobre una segunda trayectoria, a efectos de asignar la energía del haz de láser entre la primera y la segunda señales;
55 óptica divergente (250) dispuesta a lo largo de la primera trayectoria y configurada para generar una señal de baliza ancha aplicando una primera divergencia del haz a la primera señal;
óptica de direccionamiento (260) dispuesta a lo largo de la segunda trayectoria y configurada para dirigir la primera señal a efectos de producir una señal de baliza estrecha a lo largo de una línea visual seleccionada, teniendo la señal de baliza estrecha una segunda divergencia del haz que es menor que la primera divergencia del haz; y
60 por lo menos una abertura para transmitir simultáneamente las señales de baliza ancha y estrecha.
8. El sistema según la reivindicación 7, en el que:

el divisor del haz (240) es un divisor del haz dependiente de la longitud de onda que tiene una banda de corte del filtro entre longitudes de onda sustancialmente reflejadas y longitudes de onda sustancialmente transmitidas; y

5 la energía del haz de láser incluye energía en una longitud de onda de baliza que está en la banda de corte del filtro, de tal modo que la longitud de onda de baliza determina una asignación de la energía entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha, en base a una característica de transmisión/reflexión del divisor del haz (240) dependiente de la longitud de onda, a la longitud de onda de baliza.

10 9. El sistema según la reivindicación 7 ó 8, en el que el módulo de láser (210)

- es un módulo de láser sintonizable que puede regular la asignación de la energía del haz de láser entre la señal de baliza ancha y la señal de baliza estrecha regulando una longitud de onda del haz de láser; y/o
- genera el haz de láser a una longitud de onda fija.

15 10. El sistema según una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que:

el haz de láser incluye además una señal de datos a una longitud de onda de datos en el exterior de la banda de corte del filtro, de tal modo que sustancialmente la totalidad de la energía de la señal de datos se dirige a la trayectoria de la segunda señal; y
20 el sistema transmite simultáneamente la señal de datos junto con las señales de baliza ancha y estrecha.

11. El sistema según una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que la señal de baliza ancha se transmite a través de una primera abertura y la señal de baliza estrecha y la señal de datos se transmiten a través de una segunda
25 abertura.

12. El sistema según una de las reivindicaciones 7 a 11, en el que la óptica de direccionamiento (260) comprende un espejo de direccionamiento rápido.

13. El sistema según una de las reivindicaciones 7 a 12, en el que las señales de baliza ancha y estrecha tienen una
30 misma modulación y una misma longitud de onda.

14. El sistema según una de las reivindicaciones 7 a 13, en el que el divisor del haz (240) comprende:

35 medios para dirigir una parte del haz de láser a la primera trayectoria a través de una de transmisión y de reflexión del haz de láser, y para dirigir una parte del haz de láser a la segunda trayectoria a través de la otra de transmisión y de reflexión del haz de láser, en el que la primera y la segunda señales tienen una misma longitud de onda.

40 15. El sistema según una de las reivindicaciones 7 a 14, en el que:

el haz de láser incluye una señal de datos a una primera longitud de onda y una señal de baliza a una segunda longitud de onda; y
el divisor del haz (240) dirige una parte de la energía de la señal de baliza a la primera trayectoria, dirige una parte restante de la energía de la señal de baliza a la segunda trayectoria, y dirige sustancialmente la
45 totalidad de la energía de la señal de datos a la segunda trayectoria, en el que la señal de datos se transmite simultáneamente junto con las señales de baliza ancha y estrecha.

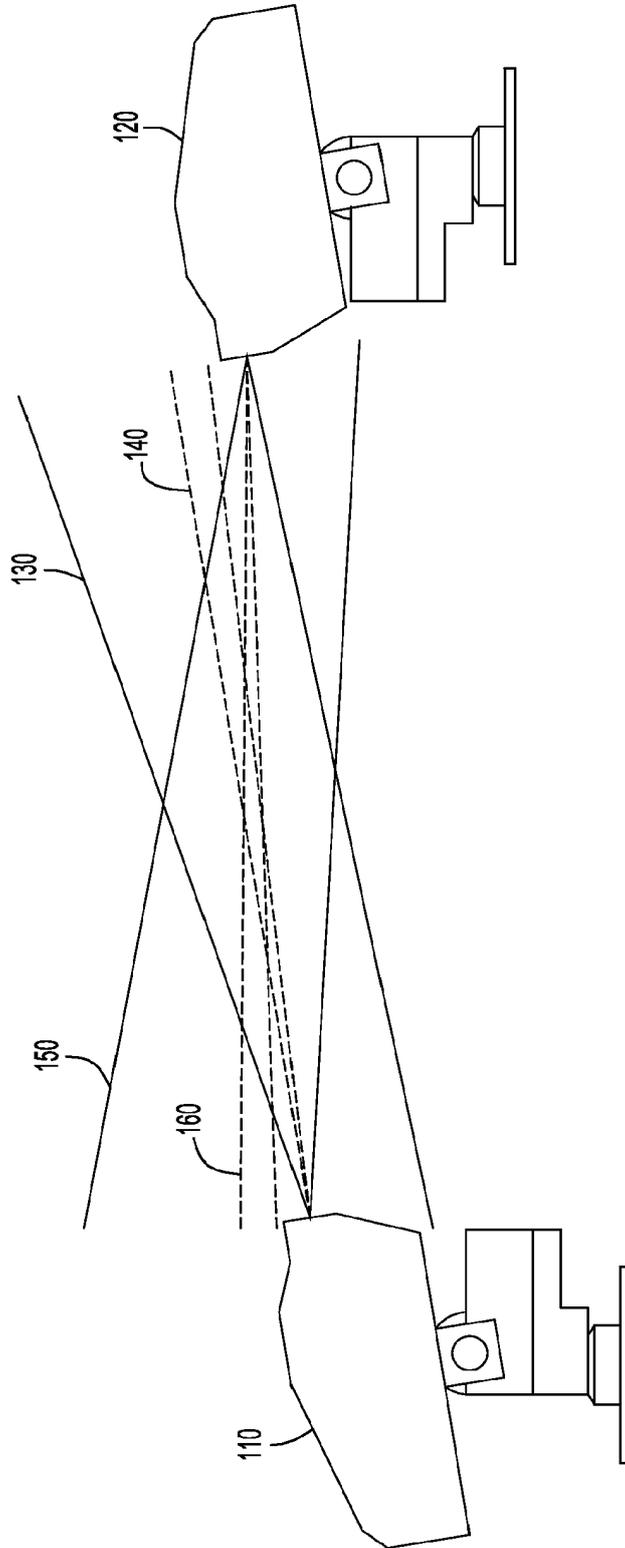


FIG.1

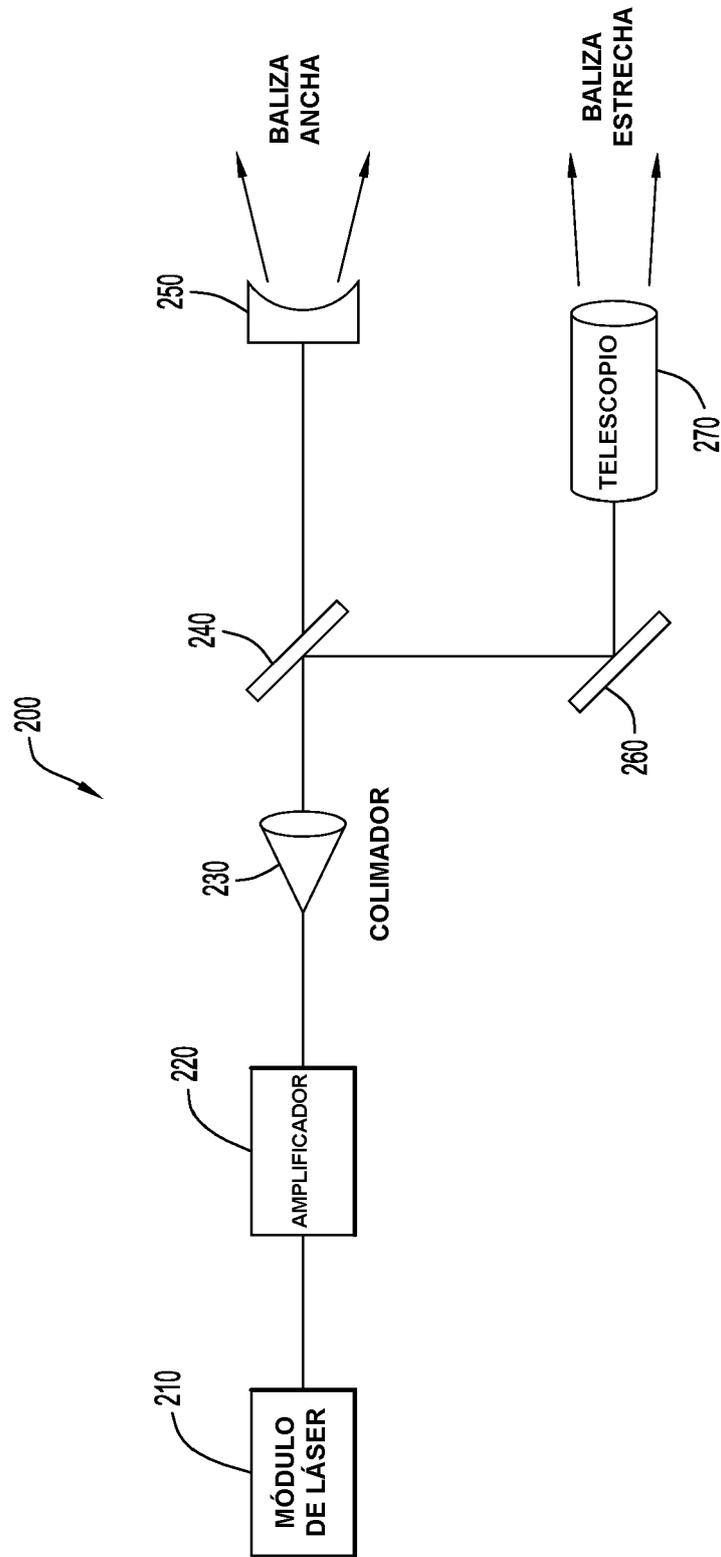


FIG.2

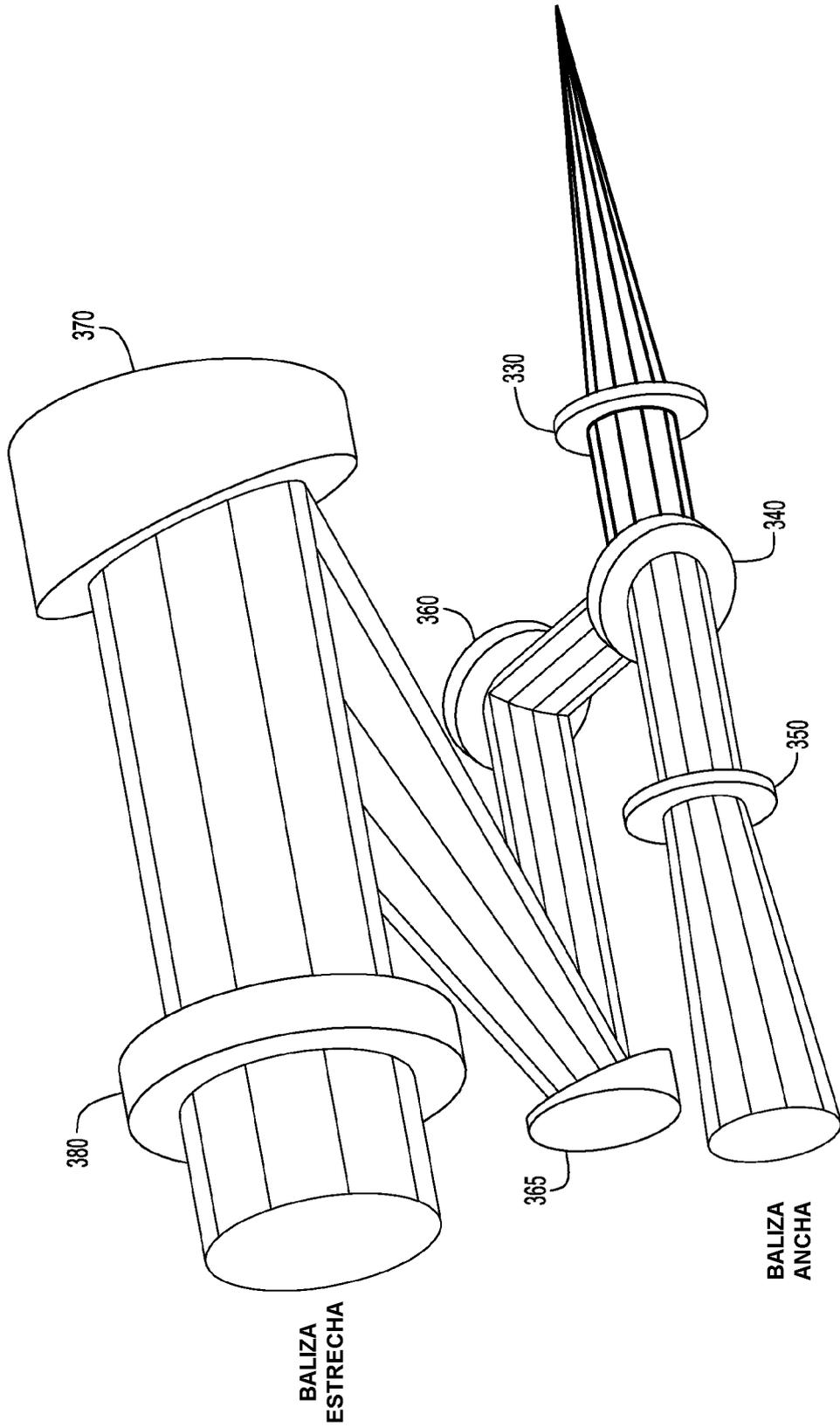


FIG.3

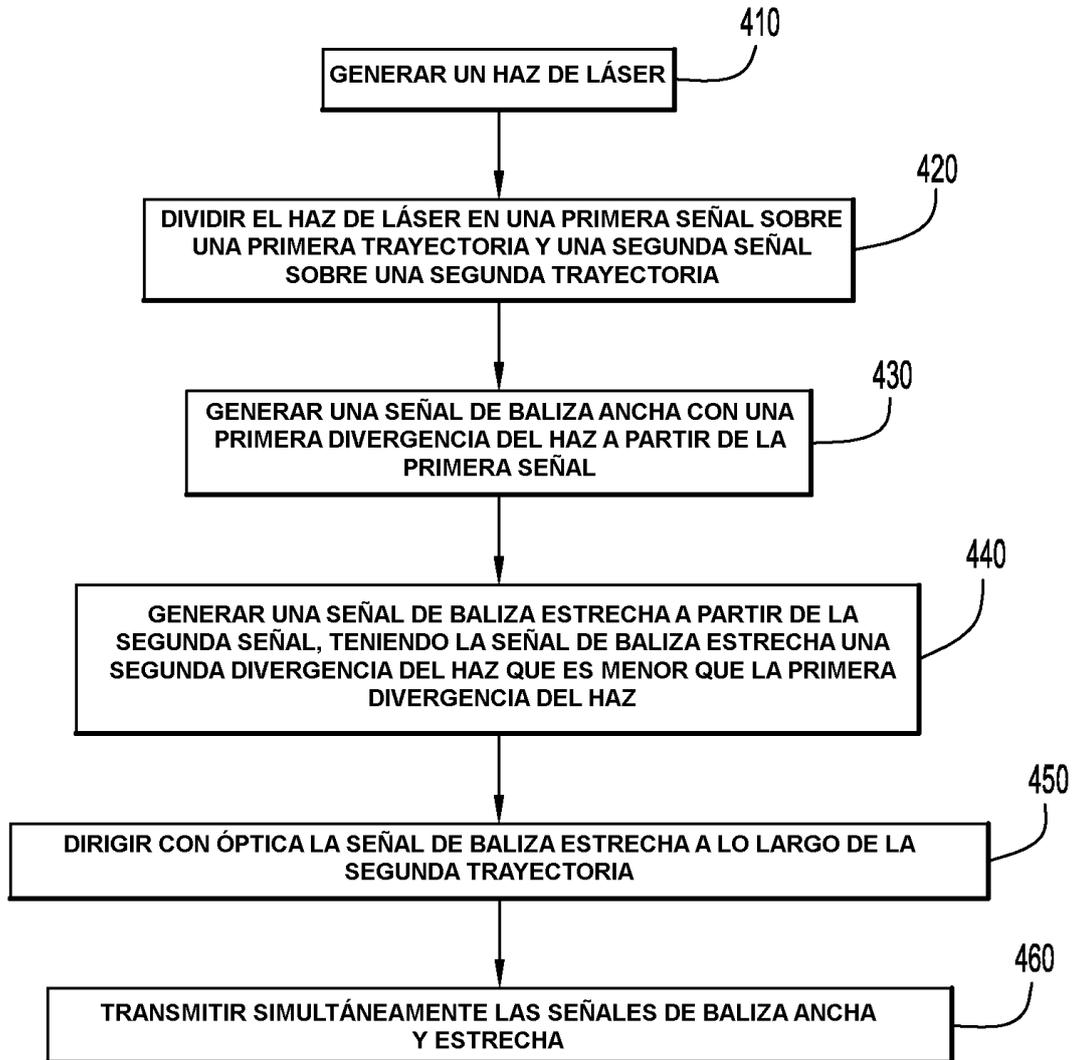


FIG.4