

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 338 512**

(21) Número de solicitud: 200802693

(51) Int. Cl.:
G01B 7/02 (2006.01)
G01S 13/76 (2006.01)

(12)

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

(22) Fecha de presentación: **17.09.2008**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2010**

Fecha de la concesión: **22.02.2012**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
09.02.2012

(45) Fecha de anuncio de la concesión: **05.03.2012**

(45) Fecha de publicación del folleto de la patente:
05.03.2012

(73) Titular/es: **Universidad de La Laguna**
OTRI-Edificio Central
c/ Delgado Barreto, s/n
38200 La Laguna, Tenerife, ES

(72) Inventor/es: **Hernández Alonso, Sergio Elías y**
Acosta Sánchez, Leopoldo

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Sistema multipulso de medida de distancias y longitud de cables.**

(57) Resumen:

Sistema multipulso de medida de distancias y longitud de cables.

El sistema propuesto en la presente invención se basa en la repetición múltiple de una señal pulsada que permite medir distancias y longitudes de cables sin necesidad de contacto con los mismos, con precisión de milímetros, con rangos que van desde decímetros hasta varios kilómetros dependiendo de los tiempos empleados en la repetición de los pulsos.

A ambos extremos de la distancia a medir se encuentra una electrónica encargada de repetir y reenviar de vuelta el pulso hacia el otro extremo. Dicha electrónica se basa en un monoestable de precisión que cada vez que recibe un pulso genera un nuevo pulso con un retardo preestablecido permitiendo el cómputo de la longitud a medir.

ES 2 338 512 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema multipulso de medida de distancias y longitud de cables.

5 Sector de la técnica

Instrumentación electrónica, dispositivos electrónicos de medida de parámetros físicos, sensores y transductores electrónicos.

10 Introducción

En la actualidad la medida de distancias sin contactos se hace básicamente mediante la medida del tiempo de vuelo, tiempo que tarda una onda en viajar entre los extremos de la distancia a medir. El tiempo de vuelo es proporcional a la distancia a medir, de tal forma que $d = t \times v$, donde d es la distancia a medir, t el tiempo empleado por la onda en llegar de un extremo a otro de la distancia a medir y v la velocidad de propagación de la onda entre los extremos a medir.

Dependiendo del tipo de onda, los dispositivos se pueden calificar en: ultrasonidos también denominados sonar, que utilizan ondas acústicas, láser, que utilizan la luz y dispositivos de radio frecuencia, cuando se emplea una onda electromagnética.

Por otro lado se clasifican atendiendo a la distancia a medir, la precisión necesaria, según la medida sea en interior o exterior y el coste permitido se utiliza una u otra tecnología.

Para medida de distancias inferiores a 10 metros con precisiones de milímetros hasta centímetros y bajo coste los ultrasonidos o sonar es la tecnología más usada.

Cuando se requiere precisiones submilimétricas y distancias desde milímetros hasta decenas de metros el láser suele ser la tecnología utilizada. El coste depende mucho del rango y la precisión deseada. Cuando el haz del láser hace barridos, para detectar distancias desde un punto a diferentes puntos del entorno, el dispositivo se denomina "range finder". Este dispositivo es muy utilizado por robots o vehículos autónomos de navegación para detectar posibles obstáculos en el camino. Dada la complejidad técnica de los range finders su coste suele ser elevado.

Para medidas desde decenas de metros hasta varios kilómetros y normalmente con baja precisión los dispositivos de radio frecuencia son los utilizados, denominados RADAR en la mayoría de los casos.

La medida de distancia está estrechamente relacionada con los sistemas de localización, dado que midiendo dos o más distancias en las que hay un punto común es posible detectar la posición o localización de ese punto común.

Los principales métodos para sistemas de localización son:

1. TOA (Time of Arrival) o Tiempo de llegada, basado en enviar un pulso desde el punto a localizar y ver el tiempo que tarda en llegar la respuesta desde 2 o más estaciones repetidoras, por triangulación se calcula la posición con baja precisión (decenas de metros). La red de telefonía móvil utiliza este sistema para localización.
2. TDOA (Time Difference on Arrival) o Diferencia de tiempos de llegada, se basa en enviar una señal desde el móvil y ver la diferencia de tiempos con la que llega a diferentes estaciones base.
3. AOA (Angle of Arrival) o Ángulo de llegada. Se basa en detectar el ángulo de llegada al punto común desde varias estaciones base, por triangulación se detecta la posición.
4. RSSI Received Signal Strength Indicador o Potencia de la señal recibida, este sistema se basa en que a la señal captada por un receptor RF disminuye con el cuadrado de la distancia entre emisor y receptor, este método es poco preciso debido a que cambios atmosféricos pueden también atenuar la señal de radio frecuencia además de los rebotes que la señal tiene entre emisión y recepción pueden atenuar o amplificar la señal recibida dependiendo de que la señal directa y la reflejada pueda estar o no en fase.

Existen también técnicas basadas en la combinación de 2 o más de los métodos descritos anteriormente.

Tanto en TOA como en TDOA el tiempo de vuelo esta detrás del sistema de localización.

Siempre que se habla de localización en exterior se ha de mencionar el sistema GPS Global Positioning System, sistema basado en el TDOA donde las estaciones base son satélites artificiales geoestacionarios desarrollados por el gobierno de Estados Unidos, la alternativa Rusa se denomina GLONASS y la europea GALILEO. Los sistemas GPS han tenido una gran aceptación en el mercado en los últimos años por lo que su precio ha descendido considerablemente cuando se trabaja con precisiones de varios metros, encontrándose GPS en el mercado a precios relativamente bajos.

El sistema propuesto en la presente invención se basa en la repetición múltiple de una señal pulsada que permite medir distancias y longitudes de cables con precisión de milímetros con rangos que van desde decímetros hasta varios kilómetros dependiendo de los tiempos empleados en la repetición de los pulsos, (ver figuras 2 y 3). Pudiendo emplearse también para la determinación de la posición de móviles (robots o similares), señales radiadas, medidas de cables.

En concreto para el cálculo de la distancia o longitud de cables se puede utilizar cualquier medio de transmisión siempre que un pulso se pueda repetir entre los extremos a medir y ser enviado simultáneamente en ambos sentidos.

Estado de la técnica

Son conocidos diversos desarrollos para la medida de distancias mediante la repetición de pulsos.

El documento US4269506 divulga un aparato para medir la influencia de parámetros físicos en la longitud de un camino. La patente GB591041 muestra un método y sistema de radio navegación por emisión de pulsos de RF.

Al mismo tiempo, los desarrollos descritos en los documentos GB593151 y GB539952 describen un sistema de medida de intervalos de tiempo de radio y un método para medir la distancia entre dos puntos en el espacio por medio de reflexión de ondas, respectivamente, basados en la determinación del tiempo de vuelo. En el sistema aquí propuesto no se mide el tiempo de vuelo, por el contrario, se basa en generar y medir una frecuencia a través de la repetición sin fin de un pulso eléctrico que se envía entre los extremos de la distancia o longitud del cable a medir.

Entre los sistemas divulgados para la medida de distancias se puede destacar también un método y aparato para medir de forma precisa la longitud usando la técnica de reflectometría de dominio de tiempo (EP0336025), en el cual un generador de señal entrega un pulso en una línea de transmisión electromagnética a lo largo del cual se mueve un blanco adaptado para producir una reflexión parcial de la señal en la posición a lo largo de la línea en la cual se localice. Un dispositivo biestable detecta la señal reflejada, que junto con medios de procesado proporciona una medida precisa de la longitud de la línea de transmisión entre su extremo de entrada y el blanco.

Este dispositivo que trabaja con un único pulso, midiendo el tiempo de vuelo en un cable o línea de transmisión, necesita medir tiempos en el rango de los picosegundos. Sin embargo, nuestro sistema trabaja con un pulso que se repite indefinidamente entre los extremos de la distancia o cable a medir generando frecuencias principalmente entre 1 y 1000 KHz dependiendo del rango a medir y del tiempo empleado en la repetición de los pulsos. Estas frecuencias se corresponden con periodos de entre 1 y 1000 microsegundos, tiempos varios órdenes de magnitud superiores a los que necesita el dispositivo propuesto en la patente EP0336025. El medir tiempos inmensamente mayores simplifica enormemente el diseño del circuito para el que se requieren en este caso componentes electrónicos de uso común, rebajando así considerablemente el coste del dispositivo.

Por otro lado, existe una descripción recogida en el documento CN1598616 también publicado como WO2005031258, próximo en el estado de la técnica, y que se basa en la determinación del periodo de la oscilación, al mismo tiempo el pulso siguiente se emite después de la recepción del pulso reflejado.

Además, en nuestro caso, se aporta un desarrollo basado en la frecuencia, siendo la emisión de pulsos electrónicos y continuos, mientras que en el sistema descrito en CN1598616 los pulsos son ópticos para lo que se requiere la utilización de espejos para la repetición de los pulsos.

Por otro lado, el rango de medidas de la patente CN1598616 es de 150 m y con resolución 15 mm ambos prefijados por la electrónica utilizada. En nuestro caso rango y resolución son ajustables mediante el retardo en los repetidores.

Adicionalmente, la electrónica para la repetición de pulsos descrita en el presente documento se basa en el empleo de monoestables mientras que en el documento CN1598616 se precisa un MC10131, un dual master-slave type D flip-flop.

Finalmente, y a modo de resumen, la principal diferencia entre nuestra invención y la citada, radica en que nuestro dispositivo juega con el retardo ajustable por el usuario para la repetición de los pulsos. Mediante este ajuste de los retardos se fija el rango de frecuencias de trabajo y la resolución en la medida.

Descripción de la invención

El sistema propuesto se basa en la repetición continuada de un pulso eléctrico que se propaga a través de la distancia a medir en ambos sentidos (figura 1). A ambos extremos de la distancia a medir se encuentra una electrónica encargada de repetir y reenviar de vuelta el pulso hacia el otro extremo. Dicha electrónica se basa en un monoestable de precisión que cada vez que se recibe un pulso genera un nuevo pulso con un retardo preestablecido (T_R en Figura 1). Supuesta una distancia cero a medir, los dos extremos están superpuestos, el tiempo empleado por el pulso en realizar un ciclo o periodo será de:

$$T = 2T_R$$

ES 2 338 512 B2

Dado que en ambos extremos se introduce el mismo retardo T_R . Si los dos extremos están separados una distancia d el tiempo empleado por el pulso en realizar un ciclo será de:

$$T = 2T_R + 2T_V = 2(T_R + T_V)$$

Donde T_V es el tiempo de vuelo o tiempo empleado por la onda-pulso en viajar de un extremo a otro de la distancia a medir, desde el Terminal 1 al Terminal 2 ida y vuelta véase figura 1. Dado que la velocidad de propagación es constante tendremos que:

$$T_V = \frac{d}{v}$$

siendo d la distancia a medir y v la velocidad de propagación. Dado que el pulso se repite indefinidamente en ambos extremos, dicha repetición genera una frecuencia f que se puede expresar como la inversa del periodo T previamente definido así se tiene que:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot (T_R + \frac{d}{v})}$$

La adecuada selección del tiempo de repetición o retardo, idéntico en ambos extremos, permite fijar la frecuencia máxima y mínima para un determinado rango de distancias d a medir. Por otro lado la resolución y precisión de la medida está directamente relacionada con la variación de la frecuencia *versus* la variación de la distancia, matemáticamente $\Delta f / \Delta d$. Esta relación varía significativamente con el tiempo de retardo T_R escogido. En la figura 2 se observa como tanto f como Δf decrecen de forma brusca y no lineal con el aumento de la distancia d a medir, (obsérvese que el eje "y" en la figura 2 es logarítmico). El tiempo de retardo T_R más adecuado dependerá del rango de distancias a medir así como de la resolución y precisión necesaria en la medida de " d ". En la figura 2 se puede observar que la resolución y precisión aumentan al reducir el tiempo de retardo T_R , pero dicha reducción tiene el inconveniente de aumentar considerablemente las frecuencias a medir lo cual dependiendo del rango puede complicar la electrónica.

En la siguiente tabla se muestran las variaciones de la frecuencia medida f para diferentes tiempos de retardo T_R , f_0 es la frecuencia detectada para distancia 0, f_{1Km} es la frecuencia detectada para $d = 1$ Km, Δf_0 es la variación de la frecuencia detectada entre 0 y 1 metro de distancia a medir d ., y finalmente Δf_{1Km} es variación de la frecuencia por metro entre 1000 y 1001 metros de distancia d .

$T_R(\mu S)$	f_0 (KHz)	f_{1Km} (KHz)	Δf_0 (Hz)	Δf_{10m} (Hz)	Δf_{100m} (Hz)	Δf_{1Km} (Hz)
0,1	5000	145,8	161,3 103	96154	8944,5	141,5
1	500	115,5	1661,1	1565,9	939,85	88,8
10	50	37,5	16,66	16,562	15,614	9,38
100	5	4,84	0,167	0,16656	0,16557	0,156
1000	0,5	0,498	$1,67 \cdot 10^{-3}$	$1,66 \cdot 10^{-3}$	$1,66 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^{-3}$

Descripción de las figuras

Figura 1: Se muestra una estructura de bloques del dispositivo donde se aprecian los dos terminales: Terminal 1 y Terminal 2 que representan los extremos de la distancia a medir o los extremos del cable cuya longitud se quiere medir, en esta figura aparecen también los tiempos empleados por la señal o pulso en su repetición sin fin entre los terminales. Estos tiempos son dos: T_V o tiempo de vuelo, tiempo empleado por el pulso en viajar de uno a otro terminal y T_R tiempo empleado por el pulso en ser repetido en cada terminal.

Figura 2: Gráfica donde se observa como varía la frecuencia generada dependiendo de la distancia a medir y del tiempo de repetición T_R empleado para repetir el pulso en cada extremo o terminal.

Figura 3: Gráfica que muestra los decrementos en la frecuencia generada por incrementos en 1 metro de la distancia a medir. Estos decrementos de la frecuencia están directamente relacionados con la resolución de la medida pues mayores cambios en la frecuencia a medir por metro de incremento en la distancia, implica mayor capacidad de

resolver en la resolución de la distancia a medir. Al igual que en la Figura 2 se muestran los decrementos en la frecuencia para diferentes tiempos de repetición T_R .

Modos de realización de la invención

Se plantea un ejemplo para la medición de longitudes de cables que se puede implementar mediante un microcontrolador con un reloj externo funcionando a 20 MHz. Las principales tareas del microcontrolador son:

- 1 Generar el primer pulso que se envía desde el Terminal 1 al Terminal 2.
- 2 Detectar la frecuencia f generada usando un contador de pulsos interno del microcontrolador.
- 3 Convertir la frecuencia f medida en distancia d mediante la ecuación 1.

Además del microcontrolador mencionado, se necesita incorporar un monoestable en cada terminal para repetir los pulsos y una pareja de emisor y receptor de radiofrecuencia, o transceiver disponibles en el mercado a través de fabricantes como Easy radio, Rfsolutions, Radiometrix, Aurel u otros.

Cuando se utiliza el sistema para la medida de longitud de cables, los pulsos se envían directamente a través del cable cuya longitud se quiere medir no utilizándose en este caso equipos de radio frecuencia. Para la medida de longitud de cables se hace una sencilla calibración consistente en medir la velocidad de transmisión del pulso a través del cable, v en la última de las ecuaciones anteriores. Basta con observar la frecuencia generada para un cable cuya longitud es conocida y hallar v según la citada ecuación.

Dependiendo del rango de distancias o longitud de cables a medir y según la precisión y resolución requerida en la medida, se ajusta el tiempo de repetición T_R , de esta forma para aumentar la precisión y resolución se ha de disminuir T_R al tiempo que se ha de tener en cuenta también la variación de la frecuencia en el rango de medidas.

De esta forma para distancias de decenas de metros (rango de 10 a 100 m) se recomienda un $T_R = 1 \mu S$ para lo que se obtiene una precisión de ± 1 mm. Para rangos mayores por ejemplo entre 500 m y 1 KM se recomienda un $T_R = 10 \mu S$ para lo que se obtiene una precisión de ± 10 cm.

Para evitar interferencias entre los dos caminos recorridos por el pulso, del terminal 1 al 2 y del terminal 2 al 1, se escogen dos frecuencias diferentes de portadora de radio frecuencia. No obstante, dado que se trata de un ejemplo para medir longitudes de cables no son necesarios los módulos de radio, siendo en este caso necesaria una sencilla calibración del sistema para detectar la velocidad de propagación de la onda en el cable.

De esta forma se consigue un sistema fiable, preciso y económico para la medida de longitud de cables.

Si se desean medir distancias simplemente debería añadirse los módulos de radio.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la medida de distancias y longitud de cables **caracterizado** por:

- A) Hacer circular de forma continuada un único pulso de naturaleza electro-magnética, óptica, ultrasónica o similar, que permita ser transmitido entre los extremos del cable o distancia a medir.
- B) Repetición con un retardo controlado y de forma continuada del pulso para generar, en la mayoría de los casos, una frecuencia en el rango de kilohercios, medible en cualquiera de los extremos del cable o la distancia a medir.
- C) Control del tiempo que tarda en repetirse el pulso en cada extremo para fijar el rango de frecuencias generadas y la resolución más adecuada a cada situación. La relación entre la frecuencia generada f , el tiempo de retardo fijado arbitrariamente por el usuario en cada extremo T_R , la distancia a medir d y la velocidad de propagación de la onda v , se describe mediante la ecuación siguiente:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \left(T_R + \frac{d}{v} \right)}$$

- D) Variación no lineal de la frecuencia generada con la distancia a medir según la ecuación siguiente.

$$\frac{\partial f}{\partial d} = - \frac{1}{2v \left(T_R + \frac{d}{v} \right)^2}$$

Figura 1

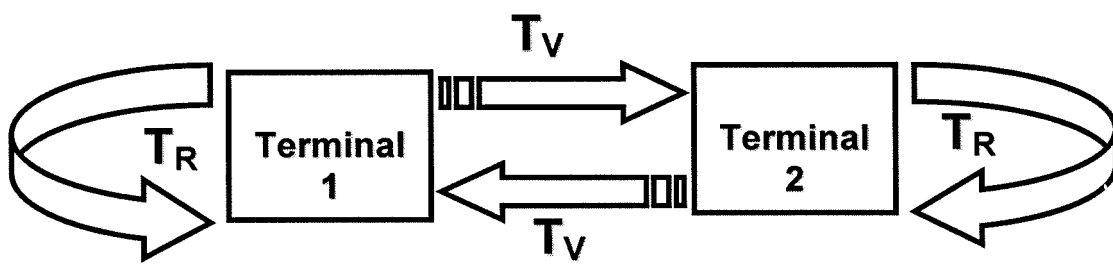


Figura 2

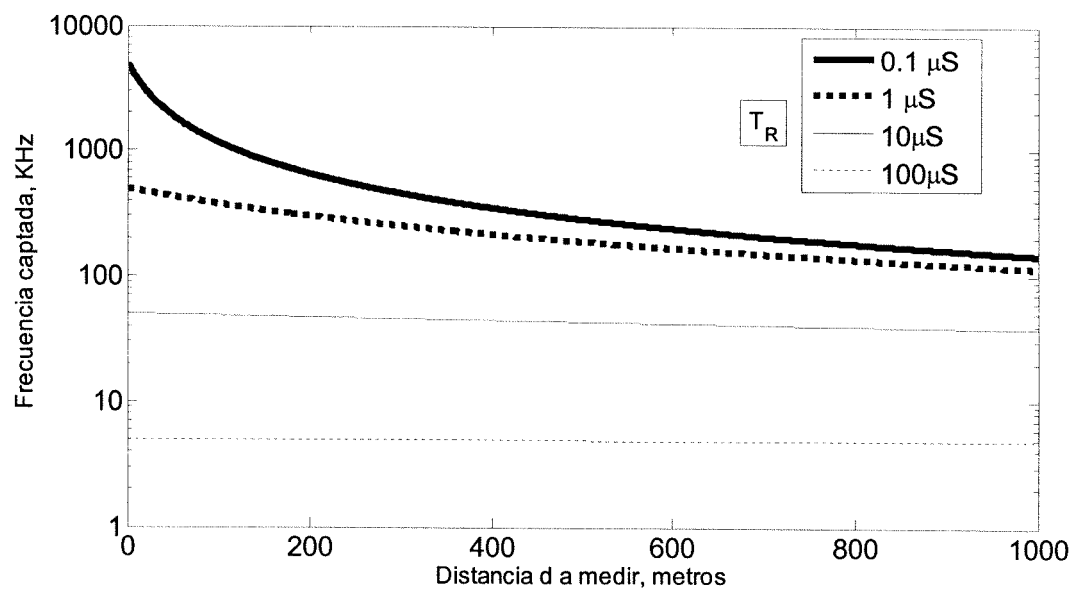
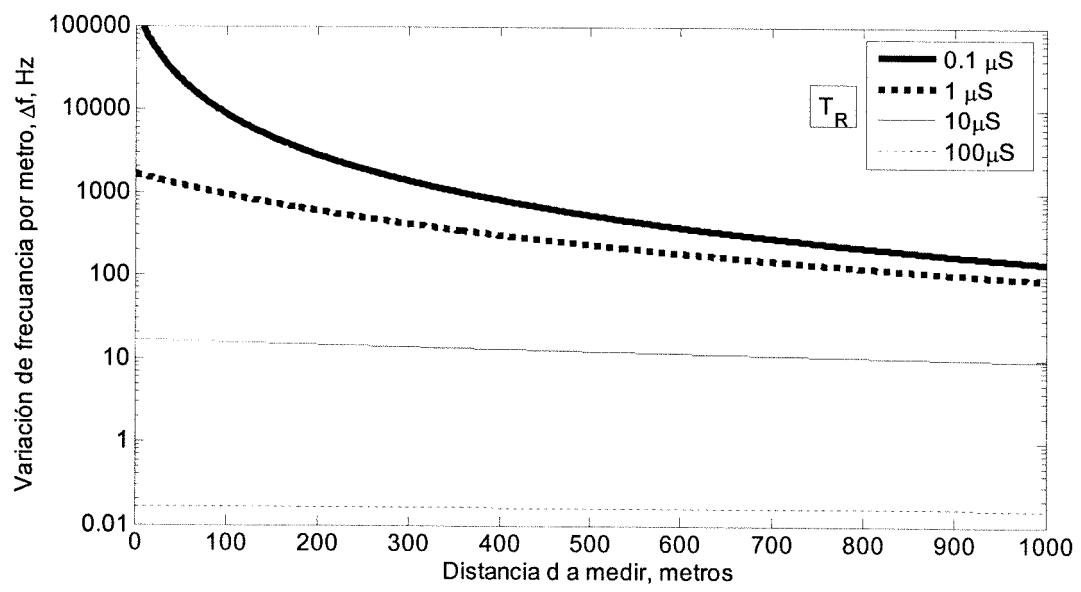


Figura 3





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 338 512

⑫ Nº de solicitud: 200802693

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 17.09.2008

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **G01B 7/02** (2006.01)
G01S 13/76 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP 0098160 A1 (DECCA LTD) 11.01.1984, página 7, línea 10 - página 16, línea 4; figuras 1,2.	1
A	US 2938202 A (KIRCH et al.) 24.05.1960, columna 1, línea 15 - columna 2, línea 70.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

21.04.2010

Examinador

J. Herrando Calvo

Página

1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01B, G01S

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 21.04.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	SÍ
	Reivindicaciones 1	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	SÍ
	Reivindicaciones 1	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 0098160 A1	11-01-1984
D02	US 2938202 A	24-05-1960

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto principal de la invención es un sistema multipulso de medida de distancias y longitud de cables. Se considera como el documento del estado de la técnica más próximo al objeto reivindicado el documento D01, el cual afecta a la actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explica a continuación:

Reivindicación independiente R1

El sistema multipulso de medida de distancias y longitud de cables descrito por la reivindicación independiente R1 consta de un dispositivo de generación y recepción de pulsos a una determinada frecuencia, un dispositivo de detección de la frecuencia generada, un dispositivo de conversión de la frecuencia generada en distancia, un sistema de repetición de pulsos y un sistema de generación de pulsos en radiofrecuencia.

El sistema consiste en colocar un dispositivo electrónico en cada uno de los terminales del cable y enviar un pulso eléctrico de manera continuada de un terminal a otro. El dispositivo colocado en el terminal 1 genera un pulso que se propaga a través del cable y llega al terminal 2, donde el pulso se reenvía de vuelta con un retardo preestablecido gracias al sistema de repetición de pulsos. El pulso reenviado es de nuevo recibido por el dispositivo del terminal 1, que determina la longitud del cable por medio de la frecuencia de pulsos detectada. El mismo procedimiento se puede realizar utilizando radiofrecuencia para transmitir un pulso de un terminal a otro y calculando de igual modo la distancia entre ambos terminales.

El documento D01 (página 7, línea 10 - página 14, línea 20) divulga un método y un aparato para medir distancias utilizando bien radiofrecuencia o bien un cable para transmitir los pulsos que determinaran las distancia. Un primer dispositivo transmite un pulso hacia un segundo dispositivo que lo reenvía de vuelta de nuevo hacia el primer dispositivo. La distancia o longitud del cable es determinada por la frecuencia de pulsos, o dicho de otro modo, por el tiempo que tardan en ir y volver los pulsos. Además, dependiendo de la distancia a medir, es posible introducir un retardo preestablecido entre pulsos tal y como se describe en el documento D01 (página 14, línea 21 - página 16, línea 4).

Por tanto, las características de la reivindicación R1 no son nuevas a la vista del estado de la técnica conocido ya que son conocidas del documento D01.