

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 978**

51 Int. Cl.:

**B66C 13/04** (2006.01)

**B66C 13/18** (2006.01)

**B66C 13/40** (2006.01)

**B66C 13/46** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2019** **E 19153048 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020** **EP 3556711**

54 Título: **Sistema para mover automáticamente un brazo articulado, en particular de una grúa de carga, hacia una posición objetivo**

30 Prioridad:

**18.04.2018 IT 201800004677**

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

**02.10.2020**

73 Titular/es:

**FASSI GRU S.P.A. (100.0%)**

**Via Roma, 110**

**24021 Albino, BG, IT**

72 Inventor/es:

**MAFFEIS, IVAN;**

**BIROLINI, VALENTINO;**

**SIGNORI, ROBERTO y**

**CERESOLI, ROSSANO**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

ES 2 784 978 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema para mover automáticamente un brazo articulado, en particular de una grúa de carga, hacia una posición objetivo

### 5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para mover automáticamente un brazo articulado, particularmente, de una grúa articulada, hacia una posición objetivo. El término "brazo articulado" se refiere a un sistema que se proporciona de una pluralidad de cuerpos conectados consecutivamente entre sí para formar una cadena cinemática abierta que se proporciona de una pluralidad de grados de libertad de traslación y/o rotación en el espacio.

### Técnica anterior

Se sabe que las grúas aéreas o grúas de torre se proporcionan de una pluralidad de sondas de detección y un control remoto usados por los operadores para mover la grúa en sí misma mediante una sonda de emisión, de manera que la grúa, ante una instrucción adecuada, se mueve automáticamente hacia el control remoto, el cual representa la posición objetivo a alcanzar.

Los sistemas conocidos proporcionados para rastrear una posición objetivo no son completamente satisfactorios cuando, por ejemplo, una o más sondas de detección no son capaces de comunicarse con la sonda de emisión debido a las condiciones de delimitación.

Una desventaja adicional de los sistemas conocidos se debe al hecho de que estos generalmente funcionan de manera correcta si el operador que maneja el control remoto permanece en una posición estacionaria, en otras palabras, si no se mueve durante el movimiento de la grúa.

Los sistemas de acuerdo con la técnica anterior se describen en los documentos US 2010/095835 A1, EP 1 327 601 A1, JP S62 96300 A.

El documento US 2010/095835 A1 describe un sistema para mover automáticamente un brazo articulado hacia una posición objetivo que comprende: dicho brazo articulado que comprende una pluralidad de cuerpos conectados consecutivamente que forman una cadena cinemática abierta con un efector final, que tiene una pluralidad de grados de libertad de traslación y/o rotación y una pluralidad de actuadores para mover dichos cuerpos; una pluralidad de sensores asociados a dichos cuerpos adaptados para suministrar señales representativas de posiciones lineales o angulares para permitir determinar las coordenadas absolutas del efector final; un dispositivo de interfaz de usuario configurado para controlar el brazo articulado mediante un operador; al menos una primera, una segunda, una tercera y una cuarta sonda de detección colocadas en un punto diferente predeterminado del (brazo articulado de un) vehículo de trabajo; una unidad de control conectada operativamente a dichos actuadores, sensores, sonda de emisión, sondas de detección y dispositivo de interfaz de usuario, dicha unidad de control que se configura para, en cada instante de muestreo de una pluralidad de instantes de muestreo subsecuentes: determinar, en base a las señales de dichas primera, segunda, tercera y cuarta sonda de emisión la posición real del brazo articulado; determinar la posición real del efector final con base en las señales de dichos sensores; y accionar los actuadores para que el efector final se mueva hacia un objetivo.

### Resumen de la invención

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es poner a disposición un sistema para mover automáticamente un brazo articulado, particularmente de una grúa articulada, hacia una posición objetivo para superar, al menos parcialmente, las desventajas citadas de la técnica anterior.

Este y otros objetos se logran mediante un sistema para mover automáticamente un brazo articulado hacia una posición objetivo de acuerdo con la reivindicación 1.

Las reivindicaciones dependientes definen posibles modalidades ventajosas de la invención.

### 55 Breve descripción de las figuras

Para obtener una mejor comprensión de la invención y para apreciar mejor sus ventajas, algunas modalidades ilustrativas no limitantes de la invención se describirán a continuación con referencia a las figuras adjuntas, en donde:

la Figura 1 es una vista lateral de una grúa articulada;  
la Figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema para mover automáticamente un brazo articulado hacia una posición objetivo de acuerdo con una modalidad.

### Descripción detallada de la invención

La presente descripción se referirá de manera puramente ilustrativa a una grúa articulada. Sin embargo, la presente

invención encuentra una aplicación para mover automáticamente brazos articulados de otros tipos, como, por ejemplo, brazos robóticos o plataformas de trabajo aéreo (PLE).

Con referencia a la Figura 1 adjunta, esta muestra un ejemplo de un posible brazo articulado, particularmente una grúa articulada, por ejemplo, una grúa de carga hidráulica generalmente indicada por la referencia 101.

La grúa 101 comprende una columna 102 giratoria sobre su propio eje, y uno o más brazos posiblemente extensibles 103', 103". La posibilidad de extender los brazos, si se proporciona, se obtiene mediante una pluralidad de extensiones 104 móviles de manera trasladable recíprocamente para modificar la longitud axial del brazo respectivo. En el ejemplo de la Figura 1, solo el segundo brazo 103" es extensible mediante el movimiento de las extensiones 104. En la siguiente descripción el primer brazo 103', el cual carece de extensiones, se denominará "brazo principal", mientras que el segundo brazo 103", que se proporciona de las extensiones 104, se denominará "brazo secundario". El brazo principal 103' es giratorio con respecto a la columna 102, mientras que el brazo secundario 103" es giratorio con respecto al brazo principal 103'.

El extremo libre 105 de la última extensión del brazo secundario 103" se conoce generalmente como efector final. Se proporciona un gancho 106 móvil, por ejemplo, mediante un cabrestante de cable 107 en el efector final 105. Un PLE por el contrario se puede proporcionar de una cesta, por ejemplo.

La grúa 101 comprende una pluralidad de actuadores para mover los cuerpos que forman la cadena cinemática. La Figura 1 muestra un primer gato hidráulico 108 que mueve el brazo principal 103' con respecto a la columna 102, un segundo gato hidráulico 109 que mueve el brazo secundario 103" con respecto al brazo principal 103', y un actuador 111 para mover la columna 102 con respecto a la referencia estacionaria. Obviamente, se pueden proporcionar actuadores adicionales (no se muestran en las figuras), por ejemplo, del tipo hidráulico, para mover las extensiones 104. Obviamente, aunque las grúas se proporcionan convencionalmente de actuadores del tipo hidráulico, se pueden proporcionar posiblemente actuadores de un tipo diferente (eléctrico o neumático, por ejemplo) en los brazos articulados.

La grúa 101 comprende una pluralidad de sensores capaces de permitir determinar las coordenadas absolutas del efector final 105, particularmente sus coordenadas cartesianas. Por ejemplo, si se asume la base de la columna 102 como el origen del sistema cartesiano de referencia, las coordenadas absolutas del efector final 105 se pueden expresar mediante tres valores x, y, z.

De acuerdo con una posible modalidad, con referencia a la grúa 101, la pluralidad de sensores puede incluir, por ejemplo:

- 1) un sensor angular para medir la rotación de la columna 102 alrededor de su eje con respecto a una referencia estacionaria;
- 2) un sensor angular para medir la rotación del brazo principal 103'. Esta rotación puede ser absoluta, en otras palabras, referida a una referencia estacionaria tal como la horizontal, o la rotación puede ser relativa, con respecto a la columna 102;
- 3) un sensor angular para medir la rotación del brazo secundario 103". Tal rotación puede ser absoluta, en otras palabras, referida a una referencia estacionaria, por ejemplo, la horizontal, o puede ser relativa, con respecto al brazo principal 103';
- 4) un sensor lineal para medir la traslación de la extensión 104 con respecto al brazo secundario 103".

Por ejemplo, los sensores pueden incluir codificadores lineales o angulares, sensores magnetostrictivos o similares. A partir de las señales de los sensores citados anteriormente, es posible determinar las coordenadas absolutas del efector final 105, mediante relaciones geométricas como se mostrará más abajo.

La grúa 101 comprende una unidad de control conectada operativamente a los actuadores para moverlos, y a los sensores para recibir señales indicativas de las magnitudes citadas anteriormente. Además, se proporciona un dispositivo de interfaz de usuario 110 conectado a la unidad de control para permitir que un operador mueva manualmente la grúa y posiblemente para tener acceso a otras funciones. Por ejemplo, el dispositivo de interfaz de usuario puede comprender un control remoto, y la unidad de control puede comprender un módulo de transmisión para comunicarse con este último (un módulo de transmisión de radio, por ejemplo). El operador puede mover visualmente el efector final 105 entre las siguientes posiciones al actuar sobre, por ejemplo, una palanca de mando del control remoto.

Con referencia a un brazo articulado, como la misma posición del efector final 105 puede corresponder generalmente a más de una configuración de la grúa en sí, los movimientos del efector final 105 se pueden realizar de manera diferente, en otras palabras, mediante el movimiento secuencial de diferentes actuadores. En consecuencia, generalmente se proporcionan lógicas operativas predefinidas, de manera que para obtener un cierto movimiento deseado del efector final es posible seleccionar cuáles actuadores se deberían operar para obtener el mismo movimiento. Por lo tanto, la unidad de control está configurada de manera que, ante una instrucción de mover el efector final hacia una cierta coordenada absoluta, dicho movimiento se obtiene como una función de una lógica predeterminada para operar los actuadores. Por ejemplo, una lógica de actuación puede ser que se adapta para minimizar la velocidad del flujo de aceite requerido para operar los actuadores, o para minimizar la energía hidráulica consumida. Una lógica adicional puede ser una de la distancia mínima recorrida del efector final para alcanzar la posición deseada. Un criterio adicional de uso frecuente, por

ejemplo, combinado con uno de los citados anteriormente, consiste en mantener los actuadores lejos de la posición de alto. Las lógicas operativas predeterminadas son por sí mismas conocidas y, por lo tanto, no se describirán particularmente.

5 Este sistema particularmente diseñado hace que el efector final 105 siga una secuencia de movimientos que intersecan puntos consecutivos identificados preferentemente por coordenadas absolutas cartesianas, con respecto al sistema de referencia.

10 Al menos una primera 1, una segunda 2, una tercera 3 y una cuarta sonda de detección 4 están asociadas a la grúa. Dichas sondas de detección se colocan en diferentes puntos conocidos de la grúa, que pueden ser estacionarios (las sondas de detección se pueden colocar en la base estacionaria del brazo articulado, por ejemplo) o, como alternativa, se pueden mover (en otras palabras, las sondas de detección se fijan a los cuerpos móviles del brazo articulado en posiciones conocidas, y estas se mueven con los cuerpos móviles. O las sondas de detección se pueden colocar en los brazos estabilizadores laterales de la grúa). En el primer caso, se conocen las coordenadas absolutas invariables con respecto al sistema de referencia. En el segundo caso, como los movimientos del brazo articulado son monitoreados adecuadamente por los sensores citados anteriormente, la posición variable de las sondas de detección se puede determinar a medida que el brazo articulado se mueve gradualmente. De acuerdo con otras variantes, se observa que las sondas de detección pueden ser más de cuatro.

20 Además, se proporciona una sonda de emisión 5 capaz de comunicarse con cada sonda de detección, de manera que se pueda determinar la distancia relativa entre la sonda de emisión y cada sonda de detección. La sonda de emisión 5 está adaptada para ubicarse en la posición objetivo.

25 La sonda de emisión 5 y las sondas de detección 1-4 son preferentemente del tipo radio, aún con mayor preferencia del tipo de banda ultra ancha (UWB). En particular, por ejemplo, la sonda de emisión 5 genera pulsos que son detectados por cada sonda de detección y, en función del tiempo transcurrido entre la emisión del pulso y la recepción del pulso, es posible determinar la distancia relativa entre la sonda de emisión y la sonda de detección respectiva. Se hace notar que la medición que se realiza entre la sonda de emisión y las sondas de detección es de tipo escalar, en otras palabras, solo es posible determinar una distancia, pero no una posición relativa entre la sonda de emisión y la sonda de detección respectiva. En otras palabras, la información obtenida de cada par de sonda de emisión-sonda de detección es que la sonda de emisión se encuentra en la superficie de una esfera que tiene como centro la sonda de detección y como radio la distancia detectada entre la sonda de detección y la sonda de emisión. Además, se hace notar que los términos "emitir" y "detectar" se dan solo de manera convencional. Por lo tanto, alternativamente, el pulso puede ser emitido por las sondas de detección y detectado por la sonda de emisión.

35 Ventajosamente, la sonda de emisión 5 se coloca en el dispositivo de interfaz de usuario 110 para calcular la distancia entre dicho dispositivo de interfaz de usuario y las cuatro sondas de detección. La unidad de control está conectada operativamente a las sondas de detección y la sonda de emisión, por ejemplo, mediante un módulo de comunicación Wi-Fi.

40 La unidad de control es capaz de determinar la posición de la sonda de emisión 5 y, en este caso, en una pluralidad de instantes de muestreo consecutivos distanciados entre sí mediante un tiempo de muestreo, esta se configura para:

- detectar las señales de las sondas de detección 1-4 y de la sonda de emisión 5, que son indicativas de la distancia relativa entre la sonda de detección respectiva y la sonda de emisión;
- estimar, con base en las señales de las cuatro sondas de emisión 1-4 y la sonda de detección 5, la posición absoluta real de la sonda de emisión;
- determinar la posición absoluta real del efector final 105 con base en las señales de los sensores;
- operar los actuadores de manera que el efector final 105 se mueva hacia la posición absoluta real estimada de la sonda de emisión 5. Los actuadores se pueden accionar con una función de la lógica predeterminada, de acuerdo con lo que se discutió anteriormente.

55 Como las etapas descritas anteriormente se realizan de forma iterativa, en otras palabras, en cada instante de muestreo, el sistema será capaz de acercar el efector final 105 a la posición objetivo que se determina mediante la sonda de emisión 5, tanto cuando esta última está inmóvil como cuando esta última se está moviendo. De hecho, en el primer caso, no se detectan variaciones en la posición absoluta de la sonda de emisión 5 durante los siguientes instantes de muestreo, de manera que el efector final 105 continuará siguiendo su movimiento hasta que la alcance. En el segundo caso, en cada instante de muestreo se determinará una nueva posición absoluta de la sonda de emisión y, por lo tanto, la unidad de control actualiza la lógica de movimiento de los actuadores para tener en cuenta la variación de la posición objetivo.

60 Se describirán más específicamente los modos posibles mediante los cuales se determinan las posiciones relevantes para la presente invención, en otras palabras, la posición del efector final 105 y la posición de la sonda de detección 5.

65 Con referencia a la Figura 2, muestra esquemáticamente un brazo articulado 101 que se proporciona de una columna 102 (simplemente delineada en el ejemplo como perfectamente vertical, sin embargo, esta puede formar un ángulo de inclinación determinado con la vertical) de una longitud a, un brazo principal 103' de una longitud b y giratorio con respecto

a la columna 102, y un brazo secundario 103" giratorio con respecto al brazo principal 103' y de una longitud c, en donde el brazo secundario 103" comprende, además, una o más extensiones 104 que se proyectan en una cantidad variable  $\Delta d$  con respecto al brazo secundario 103". Los sensores del brazo articulado comprenden un sensor para medir el ángulo  $\alpha$  entre el brazo principal 103' y la horizontal, un sensor para medir el ángulo  $\beta$  entre el secundario 103" y la horizontal, un sensor para medir la cantidad de proyección lineal  $\Delta d$  de las extensiones 104 con respecto al brazo secundario 103". Además, se proporciona un sensor de rotación de la columna 102, capaz de detectar un ángulo  $\theta$  con respecto a una referencia estacionaria, por ejemplo, la base del brazo articulado.

En el supuesto de que el origen de las coordenadas cartesianas de referencia x, y, z está en la base de la columna 102, entonces las coordenadas absolutas del efector final 105, que dependen de la configuración del brazo articulado, se pueden calcular mediante las siguientes relaciones que se obtienen mediante las medidas de los sensores angulares y lineales relativos citados anteriormente:

$$X = [b \cdot \cos\alpha + (c + \Delta d) \cdot \cos\beta] \cdot \cos\theta$$

$$Y = a + b \cdot \sen\alpha + (c + \Delta d) \cdot \sen\beta$$

$$Z = [b \cdot \cos\alpha + (c + \Delta d) \cdot \cos\beta] \cdot \sen\theta$$

Con referencia a las sondas de detección 1, 2, 3, 4, estas tendrán respectivamente coordenadas absolutas con respecto al mismo sistema de referencia x, y, z:  $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3$  y  $x_4, y_4, z_4$ . Si las sondas de detección están en una posición estacionaria, tales coordenadas absolutas son conocidas y no cambian con el tiempo. Por el contrario, si una o más de ellas se fijan a partes móviles del brazo articulado en posiciones conocidas, sus coordenadas absolutas variarán con el tiempo, pero de todos modos se pueden obtener en cada instante de muestreo mediante relaciones matemáticas análogas a aquellas dadas para determinar las coordenadas absolutas del efector final 105.

La sonda de emisión 5, colocada, por ejemplo, en el control remoto, a su vez tiene las coordenadas  $x_T, y_T, z_T$  que pueden ser fijas o variables.

De acuerdo con una posible modalidad, la unidad de control está configurada para estimar, en cada instante de muestreo, la posición absoluta real de la sonda de emisión 5, en otras palabras, la posición objetivo, como un punto de intersección de cuatro esferas que tienen respectivamente como un centro la coordenada absoluta de la sonda de detección respectiva, y como radio la distancia entre dicha sonda de detección y la sonda de emisión.

De acuerdo con una posible modalidad, con el fin de reducir la carga computacional para determinar el punto de intersección de cuatro esferas, la unidad de control está configurada para:

- determinar las coordenadas absolutas de los dos puntos de intersección de tres esferas que tienen respectivamente como un centro la coordenada absoluta de la primera 1, la segunda 2 y la tercera sonda de detección 3, y como radio la distancia entre la sonda de detección respectiva y la sonda de emisión 5;
- identificar como coordenadas absolutas reales de la posición objetivo el punto entre los dichos dos puntos de intersección, el cual está contenido en el volumen de una esfera que tiene como un centro la coordenada absoluta de la cuarta sonda de detección 4, y como un radio la distancia entre cuarta sonda de detección 4 y sonda de emisión 5.

Lo dicho anteriormente se basa en el hecho de que todas las sondas de detección son capaces de comunicarse correctamente con la sonda de emisión. A veces, por ejemplo, la distancia entre al menos una sonda de detección y la sonda de emisión no es detectable debido a obstáculos intermedios, en un cierto instante de muestreo (que puede ser el primero, o también un instante de muestreo intermedio durante el movimiento del efector final 105). En este caso, de acuerdo con la cantidad de mediciones faltantes, la unidad de control puede funcionar de la siguiente manera.

Si no es posible determinar la distancia entre solo una de las sondas de detección, por ejemplo, la primera, y la sonda de emisión, la unidad de control está configurada ventajosamente para:

- determinar las coordenadas absolutas de dos puntos de intersección de las tres esferas, respectivamente, que tienen como un centro la coordenada absoluta de la segunda, la tercera y la cuarta sonda de detección, y como un radio la distancia entre la sonda de detección respectiva y la sonda de emisión;
- identificar como coordenadas absolutas de la posición objetivo el punto, de dichos dos puntos de intersección, más cercano a la posición absoluta de la sonda de emisión que se estimó en el instante de muestreo anterior. Esta aproximación supone que la posición objetivo no se movió entre dos instantes de muestreo consecutivos o, si se movió, se movió a una velocidad reducida. Esto es compatible con el hecho de que la posición objetivo preferentemente es la misma que la posición del dispositivo de interfaz de usuario, el cual se mueve a la velocidad de marcha de un operador.

Más ventajosamente, si, por el contrario, no es posible determinar las distancias entre dos de las sondas de detección y la sonda de emisión, la unidad de control está configurada para identificar como coordenadas absolutas de la posición objetivo las coordenadas absolutas de la posición objetivo que se determinaron en el instante de muestreo anterior. Si

estas coordenadas citadas anteriormente no están disponibles, por ejemplo, porque el instante de muestreo considerado es el primero, preferentemente la unidad de control no realiza el movimiento automático del efector final 105 debido a razones de seguridad.

- 5 Preferentemente, la unidad de control mueve los actuadores de manera que el efector final 105 alcanza la posición objetivo de acuerdo con una trayectoria sustancialmente rectilínea. En presencia de actuadores hidráulicos, con aún mayor preferencia, la estrategia de movimiento consiste en minimizar la velocidad de flujo de aceite a los actuadores que se requiere para el movimiento, o la energía hidráulica consumida.
- 10 Preferentemente, la unidad de control mueve los actuadores de manera que el efector final 105 se mueva de acuerdo con una velocidad de rampa, en otras palabras, de manera que acelera gradualmente cuando comienza a moverse, luego se mueve a una velocidad aproximadamente constante y finalmente disminuye gradualmente cerca de la posición de objetivo.
- 15 De acuerdo con una posible modalidad, la unidad de control mueve los actuadores de manera que el efector final 105 se mueve a una posición cerca de una distancia desde la posición objetivo. De esta manera, se evita que el efector final golpee a un operador que maneja el dispositivo de interfaz de usuario, particularmente cuando el operador está inmóvil.
- 20 Alternativamente o, además, el dispositivo de interfaz de usuario comprende un comando de almacenamiento, de manera que, ante su activación, la posición objetivo se mantiene fija y no se actualiza después de un cierto instante de muestreo, aunque la sonda de emisión 5 se mueva. De esta manera el operador que maneja el dispositivo de interfaz de usuario que se proporciona con la sonda de emisión se puede mover desde su posición inicial, en la cual inició el proceso de movimiento automático, sin ser alcanzado por el efector final 105 ya que este último dejará de moverse a su llegada a la posición objetivo que se almacenó.
- 25 Ventajosamente, el dispositivo de interfaz de usuario comprende un comando de actuación de rastreo que se debe mantener presionado para iniciar y mantener el proceso de movimiento automático descrito anteriormente del efector final hacia la posición objetivo. El proceso se detiene automáticamente cuando se libera dicho comando. Además, este elemento está diseñado para la seguridad del operador.
- 30 Se hace notar que en la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas la unidad de control y también los elementos indicados por el término "módulo" se pueden implementar mediante dispositivos de hardware (unidades centrales, por ejemplo), por software o por una combinación de hardware y software.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema para mover automáticamente un brazo articulado (101) hacia una posición objetivo, que comprende:
  - dicho brazo articulado (101) que comprende una pluralidad de cuerpos conectados consecutivamente que forman una cadena cinemática abierta con un efector final (105), que tiene una pluralidad de grados de libertad de traslación y/o rotación y una pluralidad de actuadores para mover dichos cuerpos;
  - una pluralidad de sensores asociados a dichos cuerpos, adaptados para suministrar señales representativas de posiciones lineales o angulares para permitir la determinación de las coordenadas absolutas del efector final (105);
  - un dispositivo de interfaz de usuario configurado para controlar el brazo articulado mediante un operador;
  - una sonda de emisión (5) colocada en la posición objetivo, y al menos una primera (1), una segunda (2), una tercera (3) y una cuarta sonda de detección (4), cada una colocada en un punto diferente predeterminado del brazo articulado, y adaptada para comunicarse con la sonda de emisión, de manera que cada par de sonda de emisión-sonda de detección proporciona una señal indicativa de su distancia relativa;
  - una unidad de control conectada operativamente a dichos actuadores, sensores, sonda de emisión, sondas de detección y dispositivo de interfaz de usuario, dicha unidad de control se configura para, en cada instante de muestreo de una pluralidad de instantes de muestreo subsecuentes:
    - estimar, en base a las señales de dichas primera, segunda, tercera y cuarta sonda de emisión (1, 2, 3, 4) y de dicha sonda de detección (5) la posición absoluta real de la sonda de emisión (5);
    - determinar la posición absoluta real del efector final (105) en base a las señales de dichos sensores;
    - accionar los actuadores de manera que el efector final (105) se mueva hacia la posición absoluta real estimada de la sonda de emisión (5).
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control está configurada para estimar, en cada instante de muestreo, la posición absoluta real de la sonda de emisión (5) como un punto de intersección de cuatro esferas que tienen como un centro la coordenada absoluta de la sonda de detección respectiva, y como un radio la distancia entre dicha sonda de detección y la sonda de emisión.
3. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde en cada instante de muestreo la unidad de control está configurada para:
  - determinar las coordenadas absolutas reales de los dos puntos de intersección de tres esferas que tienen, respectivamente, como un centro la coordenada absoluta de la primera (1), la segunda (2) y la tercera (3) sonda de detección, y como un radio la distancia entre la respectiva sonda de detección y la sonda de emisión (5);
  - identificar como la posición absoluta real de la sonda de emisión (5) el punto, entre dichos dos puntos de intersección, que está comprendido en el volumen de la esfera que tiene como un centro la coordenada absoluta de la cuarta sonda de detección (4), y un como radio la distancia entre la cuarta sonda de detección (4) y la sonda de emisión (5).
4. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de control está configurada para, en ausencia de una comunicación entre la primera sonda de detección (1) y la sonda de emisión (5), en un instante de muestreo:
  - determinar las coordenadas absolutas de dos puntos de intersección de tres esferas que tienen, respectivamente, como un centro la coordenada absoluta de la segunda (2), la tercera (3) y la cuarta sonda de detección (4) y como un radio la distancia entre dicha sonda de detección y la sonda de emisión (5);
  - identificar como coordenadas absolutas de la sonda de emisión (5), el punto entre dichos dos puntos de intersección, más cercano a la posición absoluta de la sonda de emisión (5) que se estimó en el instante de muestreo anterior.
5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de control está configurada para, en ausencia de una comunicación entre dos sondas de detección y la sonda de emisión en un instante de muestreo, identificar como coordenadas absolutas reales de la sonda de emisión (5), las coordenadas absolutas de la sonda de emisión (5) estimadas en el instante de muestreo anterior.
6. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas primera (1) y/o segunda (2) y/o tercera (3) y/o cuarta sondas de emisión (4) están conectadas al brazo articulado (101), de manera que sus coordenadas absolutas son constantes o están conectadas de manera fija en posiciones predeterminadas a los cuerpos del brazo articulado o a partes móviles del brazo articulado.
7. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de interfaz de usuario (110) es móvil y la sonda de emisión (5) está dispuesta en el dispositivo de interfaz de usuario (110).
8. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de control está configurada para mover los actuadores, de manera que el efector final (105) se mueva a una posición cerca de y a una distancia de la posición objetivo.

- 5 9. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho dispositivo de interfaz de usuario comprende un comando de almacenamiento, y la unidad de control está configurada para almacenar la última posición objetivo que se determinó antes de activar el comando de almacenamiento y para mantenerla también ante los movimientos de la sonda de emisión.
- 10 10. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho dispositivo de interfaz de usuario comprende un comando de iniciar y mantener, la unidad de control que se configura para mover el efector final (105) hacia la posición objetivo solo hasta que dicho comando de iniciar y mantener esté activo.
- 15 11. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas coordenadas absolutas del efector final (105) son coordenadas cartesianas absolutas en un espacio 3D.
12. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho brazo articulado (101) comprende una grúa articulada.
- 20 13. El sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde dicha grúa articulada comprende una columna (102) giratoria alrededor de su eje, un brazo principal (103') giratorio alrededor de la columna (102), un brazo secundario (103'') giratorio con respecto al brazo principal (103') y que comprende al menos una extensión extensible de manera trasladable con respecto al propio brazo secundario, y dicha pluralidad de sensores comprende un sensor angular para medir la rotación de la columna (102) alrededor de su eje, un sensor angular para medir la rotación absoluta del brazo principal (103'), un sensor angular para medir la rotación absoluta del brazo secundario (103''), un sensor lineal para medir la traslación de la al menos una extensión (104) con respecto al brazo secundario (103'').



