

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 638**

51 Int. Cl.:

B25J 9/00 (2006.01)

B64F 5/10 (2007.01)

B25J 11/00 (2006.01)

B25J 19/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2017 E 17172022 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3287241**

54 Título: **Control de movimiento de los conjuntos de robot de seguimiento que fabrican aeronaves**

30 Prioridad:

24.08.2016 US 201615245589

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

31.07.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**AYYAGARI, ARUN;
NGUYEN, THI Q.;
LE, NGOC S.;
BANG, BALLY;
WANG, WEN XIN y
AMIREHTESHAMI, DAVID H.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 776 638 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

Control de movimiento de los conjuntos de robot de seguimiento que fabrican aeronaves

Campo

5 La presente divulgación se refiere, generalmente, a aeronaves y, en particular, a la utilización de robots para fabricar/producir una aeronave.

Antecedentes

10 La construcción de un fuselaje para una aeronave puede incluir la fijación de paneles de revestimiento a una estructura de soporte que proporciona rigidez estructural. Por ejemplo, la estructura de soporte puede incluir marcos en forma de aro y largueros alargados longitudinales, a los que se unen paneles de revestimiento. En conjunto, la combinación de paneles de revestimiento y estructura de soporte define una parte del armazón de la aeronave.

15 Se pueden realizar operaciones de sujeción y/u otro trabajo para unir los paneles de revestimiento y los miembros de soporte para formar el fuselaje. Estas operaciones pueden incluir, por ejemplo, operaciones de perforación, operaciones de remachado, operaciones de atornillado de ajuste por interferencia, inspección, etc. Tales operaciones pueden realizarse para garantizar que el fuselaje cumpla con los requisitos de la línea de molde exterior (OML) y los requisitos de la línea de molde interior (IML).

20 Dentro de un entorno de fabricación (por ejemplo, un piso de fábrica, una celda de fabricación, etc.), se pueden utilizar robots para realizar las operaciones descritas anteriormente para un fuselaje. Los robots se colocan en conjuntos que se espera que se muevan de manera predecible, precisa y repetible dentro del fuselaje según un programa de Control Numérico (NC) para realizar operaciones en ubicaciones precisas en el fuselaje (por ejemplo, ubicaciones dentro del fuselaje).

25 Desafortunadamente, el proceso de conjunto de tales robots sigue siendo un proceso complicado. Dado que los robots están ensamblando activamente el fuselaje, el fuselaje a menudo carece de un piso sólido. Incluso en realizaciones donde existe un piso sólido en el fuselaje durante la fabricación, puede ser indeseable atravesar un conjunto de robot grande y pesado a través de tal piso. Por lo tanto, un piso temporal puede ensamblarse a partir de una variedad de tablas de piso temporales insertadas entre viguetas y vigas que enmarcan un piso dentro del fuselaje. Estas tablas de piso temporales pueden cambiarse ligeramente cuando son accionadas por un conjunto, haciendo que el conjunto se desvíe de las posiciones esperadas cada vez que se mueve. Efectivamente, el deslizamiento de las tablas de piso debido a la pista hace que el conjunto permanezca en su lugar cuando el conjunto espera avanzar. Si las tablas de piso temporales para diferentes pistas se deslizan en diferentes cantidades, el conjunto puede incluso cambiar su dirección, lo que agrava la cantidad de error en la ubicación a medida que el conjunto avanza/continúa después. Por lo tanto, los operarios continúan deseando sistemas robóticos mejorados que tengan en cuenta y/o minimicen los movimientos/desplazamientos no deseados, lo que garantiza un conjunto de fuselaje más preciso.

35 CA 2 894306 A1 según sus estados abstractos: Un método y aparato para el posicionamiento de un efector de extremo en relación con un conjunto de fuselaje. Se puede determinar una configuración del conjunto del fuselaje. El efector de extremo puede colocarse en relación con el conjunto del fuselaje basándose en la configuración determinada. El efector de extremo puede posicionarse en relación con el conjunto del fuselaje basándose en la configuración determinada. Se puede identificar un conjunto de ubicaciones de referencia reales para un conjunto de puntos de referencia en el conjunto del fuselaje. El efector de extremo puede posicionarse en una ubicación de operación basada en el conjunto de ubicaciones de referencia reales identificadas.

40 Sumario

45 Un ejemplo es un método que comprende: disponer un conjunto de robot móvil próximo al fuselaje de una aeronave que se ensambla y configura para realizar trabajos dentro del fuselaje, un sensor de alcance izquierdo y un sensor de alcance derecho ubicado en el conjunto de robot móvil. El método comprende además alinear el sensor de alcance izquierdo del conjunto con un objetivo izquierdo; alinear el sensor de alcance derecho del conjunto con un objetivo derecho; dirigir el conjunto para que atravesase una ubicación dentro del fuselaje de la aeronave en la cual un robot en el conjunto realizará trabajos sobre el fuselaje; determinar una distancia izquierda entre el sensor de alcance izquierdo y el objetivo izquierdo mientras el conjunto está en movimiento; determinar una distancia derecha entre el sensor de alcance derecho y el objetivo derecho mientras el conjunto está en movimiento; detectar una diferencia entre las distancias determinadas; y ajustar una dirección de movimiento del conjunto basándose en la diferencia.

50 Otro ejemplo es un sistema que comprende un fuselaje de una aeronave que se ensambla; un piso temporal que comprende múltiples tablas de piso que cubren viguetas y vigas del fuselaje y se acoplan entre sí mediante mecanismos de bloqueo mecánico; una mesa de trabajo que incluye objetivos reflectantes; y un conjunto de robot

móvil que está dispuesto en la mesa de trabajo y está adaptado para realizar operaciones dentro del fuselaje. El conjunto de robot móvil comprende un sensor de alcance izquierdo y un sensor de alcance derecho ubicado en el conjunto de robot móvil, en el que cada sensor mide una distancia a un objetivo correspondiente en la mesa de trabajo; y un controlador que detecta una diferencia entre las distancias medidas por los sensores mientras el conjunto está en movimiento, y cambia la dirección de movimiento del conjunto basándose en la diferencia para accionar el conjunto a una nueva posición dentro del fuselaje.

Los ejemplos descritos en el presente documento unen estructuralmente las tablas de piso temporales debajo de un conjunto de robot de seguimiento móvil y proceden a utilizar la metrología para garantizar que el conjunto se mueva como se desee. Si el conjunto se desvía de una ubicación prevista mientras se mueve, los sistemas descritos en el presente documento pueden utilizar mecanismos de control de bucle cerrado y/o bucle abierto para reorientar y/o reposicionar el conjunto, incluso mientras el conjunto todavía está en movimiento.

Otro ejemplo es un método. El método comprende la instalación de tablas de piso temporales en un fuselaje de una aeronave que se está ensamblando, identificando rutas sobre las cuales las pistas de un conjunto de robot de seguimiento se desplazarán a través de las tablas de piso temporales dentro del fuselaje durante el conjunto del fuselaje, identificando un conjunto de tablas de piso correspondiente a cada una de las rutas, y para cada conjunto de tablas de piso, instalando mecanismos de bloqueo mecánico que unen estructuralmente los conjuntos de tablas de piso en un cuerpo rígido a lo largo de las rutas identificadas.

Otro ejemplo es un medio legible por ordenador no transitorio que incorpora instrucciones programadas que, cuando son ejecutadas por un procesador, son operables para realizar un método de ajuste de la posición de un conjunto de robot de seguimiento que opera dentro del fuselaje de una aeronave. El método comprende medir distancias entre sensores en el conjunto y objetivos correspondientes externos al conjunto, detectar diferencias en la distancia entre las distancias medidas por los sensores y dirigir el conjunto basándose en las diferencias en distancia.

Otros ejemplos ejemplares (por ejemplo, métodos y medios legibles por ordenador relacionados con las realizaciones anteriores) se pueden describir a continuación. Las características, funciones y ventajas que se han analizado se pueden lograr de forma independiente en diversas realizaciones o se pueden combinar en otras realizaciones más, de las cuales se pueden ver detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Descripción de los dibujos

Ahora se describen algunos ejemplos de la presente divulgación, solo a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. El mismo número de referencia representa el mismo elemento o el mismo tipo de elemento en todos los dibujos.

La figura 1 es un diagrama de bloques de una aeronave en una realización ejemplar.

La figura 2 es un diagrama de corte frontal de una porción del fuselaje de aeronave en una realización ejemplar.

La figura 3 es una vista frontal de un entorno de fabricación para una parte del fuselaje de aeronave en una realización ejemplar.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un conjunto de robot de seguimiento para una sección superior del fuselaje en una realización ejemplar.

La figura 5 es una vista en perspectiva de un conjunto de robot de seguimiento para una sección inferior del fuselaje en una realización ejemplar.

La figura 6 es una vista en perspectiva de una mesa de trabajo que sostiene un conjunto de robot de seguimiento en una realización ejemplar.

La figura 7 es una vista en corte de sección de una mesa de trabajo para cargar un conjunto de robot de seguimiento en un fuselaje en una realización ejemplar.

La figura 8 es una vista superior de un conjunto de robot de seguimiento que utiliza sensores de alcance dentro de un fuselaje de una aeronave en una realización ejemplar.

La figura 9 es una vista superior de tablas de piso temporales unidas entre sí mediante mecanismos de bloqueo mecánico en una realización ejemplar.

La figura 10 es una vista lateral de tablas de piso temporales unidas entre sí mediante mecanismos de bloqueo mecánico en una realización ejemplar.

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método para bloquear tablas de piso temporales en una realización ejemplar.

Las figuras 12-13 son diagramas de flujo que ilustran un método para operar un conjunto de robot de seguimiento en una realización ejemplar.

La figura 14 es un diagrama de bloques que ilustra una vista superior del movimiento de un conjunto de robot de seguimiento dentro de un fuselaje en una realización ejemplar.

La figura 15 es un diagrama de bloques de un conjunto de robot de seguimiento que opera dentro de un fuselaje en una realización ejemplar.

La figura 16 es un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio en una realización ejemplar.

La figura 17 es un diagrama de bloques de una aeronave en una realización ejemplar.

Descripción

Las figuras y la siguiente descripción ilustran realizaciones ejemplares específicas de la divulgación. Por lo tanto, se apreciará que los expertos en la técnica podrán idear diversas disposiciones que, aunque no se describen o muestran explícitamente en el presente documento, incorporan los principios de la divulgación y se incluyen dentro del alcance de la divulgación. Además, cualquier ejemplo descrito en el presente documento tiene la intención de ayudar a comprender los principios de la divulgación y debe interpretarse como sin limitación a tales ejemplos y condiciones específicamente mencionados. Como resultado, la divulgación no se limita a las realizaciones específicas o ejemplos descritos a continuación, sino a las reivindicaciones.

Las figuras 1-2 ilustran la estructura de una aeronave ejemplar. Específicamente, la figura 1 es un diagrama de una aeronave 100 en una realización ejemplar. La aeronave 100 incluye el morro 110, las alas 120, el fuselaje 130 y la cola 140. La figura 1 también ilustra una dirección hacia abajo (Z) para la aeronave 100. La figura 2 es una vista frontal cortada de la aeronave 100 indicada por las flechas de vista 2 en la figura 1. La figura 2 ilustra una vista en sección transversal del fuselaje de la aeronave 130. El fuselaje 130 incluye la sección superior 280, que incluye el piso 233 (soportado por una o más viguetas 604), el techo 232 y las paredes laterales 231 que forman la cabina 230. Los miembros de soporte 212 (por ejemplo, marcos en forma de aro y largueros alargados longitudinalmente) imponen la forma del fuselaje 130 y proporcionan soporte estructural. En esta realización, también se incluyen el asiento 234 y el almacenamiento 270. El fuselaje 130 también incluye la sección inferior 290, que incluye el drenaje 260, ubicado debajo del piso de carga 264 del área de carga 262. La figura 2 ilustra además que una dirección externa avanza hacia una superficie externa (por ejemplo, el revestimiento 210) de la aeronave 100, y una dirección interna avanza hacia el interior (por ejemplo, la cabina 230) de la aeronave 100. Como se muestra en la figura 2, el revestimiento 210 rodea el fuselaje 130.

La figura 3 es una vista frontal de un entorno de fabricación 300 para una porción del fuselaje de la aeronave 130 en una realización ejemplar. Es decir, la figura 3 ilustra la misma vista del fuselaje 130 que la figura 2 pero representa el entorno en el que se fabrica/produce el fuselaje 130. Por lo tanto, las diferencias encontradas en el fuselaje 130 entre la figura 2 y la figura 3 son el resultado de la fabricación del fuselaje 130 que se completan en la figura 2, y aún están en progreso en la figura 3.

El entorno de fabricación 300 comprende cualquier sistema operable para utilizar el procesamiento automatizado por robots para ensamblar los componentes estructurales 212 del fuselaje 130 y el revestimiento 210 juntos para formar un armazón para la aeronave 100. En esta realización, el entorno de fabricación 300 incluye el fuselaje 130, que está montado sobre la cuna 330. El entorno de fabricación 300 incluye además robots externos 311, 312 y 313, que están montados en los soportes 321, 322 y 323, respectivamente. Los soportes 321, 322 y 323 se montan en Vehículos guiados automatizados (AGV) y, por lo tanto, pueden atravesar el fuselaje 130 según se desee para realizar el trabajo en el fuselaje 130. Los robots externos 311-313 coordinan sus acciones con los conjuntos de robot de seguimiento móvil 400 y 500 dentro del fuselaje 130, para participar en operaciones de sujeción que ensamblan el fuselaje 130 y/o fijan el revestimiento 210 para soportar los miembros 212 del conjunto de fuselaje 130. Como se usa en el presente documento, un conjunto se "sigue" cuando incluye pistas/huellas a través de las cuales puede atravesar un entorno. Es decir, en lugar de moverse a lo largo de pistas que son componentes independientes que ya están expuestos para definir una ruta (por ejemplo, similar a las vías del tren), los conjuntos descritos en el presente documento incluyen sus propias huellas/pistas (por ejemplo, similares a las huellas/pistas del tanque). El conjunto 400 realiza el trabajo dentro de la sección superior 280 del fuselaje 130, mientras que el conjunto 500 realiza el trabajo dentro de la parte inferior 290 del fuselaje 130. Además, el conjunto 400 se mueve a través de un piso temporal 701 en la sección superior 280, que está montada en las viguetas 604. El conjunto 500 se mueve a través del piso temporal 70 en la sección inferior 290, que está montada en la estructura 132.

Se describirán detalles adicionales de los conjuntos de conjunto 400-500 con respecto a las figuras 4-5. Por ejemplo, la figura 4 es una vista en perspectiva de la región 4 de la figura 3, e ilustra que el conjunto 400 incluye pistas 410 y brazos de robot 430. Los brazos de robot 430 están definidos por una cadena cinemática 415 que incluye cuerpos rígidos 412 y accionadores 414 y están terminados por efectores de extremo 416. Los efectores de extremo 416 realizan trabajos sobre el fuselaje 130 para ensamblar el fuselaje 130 (por ejemplo, sujetando el revestimiento 210 al fuselaje 130, perforando agujeros en el fuselaje 130, etc.). Las operaciones de los brazos de robot 430 se gestionan mediante instrucciones en un programa NC mantenido en el controlador 420. El controlador 420 puede implementarse, por ejemplo, como un circuito personalizado, como un procesador que ejecuta instrucciones programadas, o alguna combinación de las mismas.

El conjunto 400 también incluye sensores de alcance 442 y 444. En una realización, los sensores 442 y 444 son sensores de alcance láser (por ejemplo, sensores de detección y alcance de luz (LIDAR)) que miden distancias a objetivos retro reflectantes. Sin embargo, en realizaciones adicionales, los sensores 442 y 444 pueden implementarse como sensores de alcance ultrasónico u otros sensores capaces de medir la distancia a un objetivo conocido. Dado que los sensores 442 y 444 están ubicados en posiciones anteriores/posteriores similares en el conjunto 400, pero

diferentes posiciones laterales, se puede detectar un cambio en la dirección del conjunto 400 identificando una diferencia entre las distancias medidas por los sensores 442 y 444. El conjunto 400 también incluye objetivos 450. Los objetivos 450 pueden ser utilizados por sensores de alcance externos para detectar una posición exacta del conjunto 400 después de que el conjunto 400 haya completado el movimiento según un programa de NC. La figura 5 ilustra una vista en perspectiva de la región 5 de la figura 3. La figura 5 ilustra específicamente el conjunto 500, que de manera similar al conjunto 400 de la figura 4 incluye pistas 510, un controlador 520 y brazos de robot 530 que comprenden cadenas cinemáticas 515 definidas por cuerpos rígidos 512, accionadores 514 y los efectores de extremo 516. El conjunto 500 incluye además sensores de alcance 542 y 544, y objetivos 550. Los conjuntos 400-500 están completamente descritos anteriormente, los detalles de las operaciones de los conjuntos 400-500 dentro del fuselaje 130 se describirán ahora con respecto a las figuras 6-8.

La figura 6 es una vista en perspectiva de una mesa de trabajo 610 que sostiene un conjunto de robot de seguimiento 400 en una realización ejemplar. Según la figura 6, el conjunto 400 está orientado en la mesa de trabajo 610 justo antes de entrar en el fuselaje 130. La mesa de trabajo 610 puede usarse, por ejemplo, para cargar el conjunto 400 en la sección superior 280 del fuselaje 130, o para cargar el conjunto 500 en la sección inferior 290 del fuselaje 130. Después de que el conjunto 400 haya terminado de moverse de la mesa de trabajo 610 al fuselaje 130, su posición puede ser identificada por el sensor 624. El controlador 640 maneja las operaciones de los sensores 622-626. De manera similar, mientras el conjunto 400 está en movimiento, el controlador 420 puede utilizar los sensores 442 y 444 para seguir distancias a los objetivos 632 y 634. Las vigas 602 y las viguetas 604 proporcionan una estructura en la que se puede agregar un piso temporal, aunque un piso temporal no se muestra en la figura 6.

La figura 7 es una vista en corte de sección de una mesa de trabajo 610 para cargar un conjunto de robot de seguimiento 400 (también denominado simplemente "conjunto 400") en el fuselaje 130 en una realización ejemplar. El conjunto 400 no se muestra en esta figura para reducir el desorden, mientras que se muestra el piso temporal 701. El conjunto 400 se moverá a lo largo de las rutas de seguimiento 722 y 724 a través del piso temporal 701. Aunque las rutas de seguimiento 722 y 724 se muestran como lineales en la figura 7, las rutas de seguimiento 722 y 724 pueden variar en escenarios adicionales en los que un conjunto cambia su posición en el eje Y para alinearse con las ubicaciones deseadas para realizar el trabajo a través de sus efectores de extremo. Como se muestra en la figura 7, el piso temporal 701 incluye múltiples tablas de piso temporales 710. El piso temporal 701 cubre las viguetas 604 y las vigas 602 para proporcionar una estructura lisa sobre la cual puede atravesar un conjunto de robot de seguimiento. Cada tabla de piso temporal 710 está ajustada/dimensionada para colgar entre las viguetas 604 (que se extienden cada una lateralmente a través del fuselaje 130 en la dirección Y) y las vigas 602 (que se extienden cada una longitudinalmente a través del fuselaje 130 en la dirección X) al tiempo que cubren las viguetas 604 y vigas 602. Además, cada ruta de seguimiento corresponde con/interseca un conjunto de tablas de piso 710. Por lo tanto, como se muestra en la figura 7, la ruta de seguimiento 722 corresponde con el conjunto 723 de tablas de piso 710 en un lado izquierdo del fuselaje 130, mientras que la ruta de seguimiento 724 corresponde con el conjunto 725 de tablas de piso 710 en un lado derecho del fuselaje 130.

Dado que las tablas de piso 710 cuelgan libremente entre/sobre las vigas 602 y las viguetas 604, y no están unidas de manera fija a las vigas 602 y las viguetas 604 (por ejemplo, para garantizar que el piso temporal 701 se pueda instalar fácilmente "cayendo" y se pueda retirar sin desperdiciar una cantidad considerable de trabajo), las tablas de piso 710 son capaces de deslizarse hacia delante y hacia atrás en las direcciones X y/o Y. Esto presenta un problema porque hace que los movimientos de los conjuntos que se desplazan dentro del fuselaje 130 sean más difíciles de seguir sin instrumentos (por ejemplo, al observar el número de revoluciones realizadas por cada seguimiento del conjunto). Para abordar este problema, la mesa de trabajo 610 incluye múltiples funciones para garantizar el posicionamiento y el reposicionamiento adecuados de un conjunto que se desplaza dentro del fuselaje 130. El primer conjunto de características incluye los sensores 622, 624 y 626. El sensor 624 se utiliza para seguir objetivos (por ejemplo, objetivos 450) en el conjunto 400 después de que el conjunto haya completado el movimiento, para determinar si el conjunto 400 ha alcanzado un destino previsto. Además, los sensores 622-626 se usan para analizar objetivos 628 en el fuselaje 130. Dado que los sensores 622-626 ocupan ubicaciones conocidas entre sí, su entrada puede combinarse para determinar dónde se encuentra el conjunto dentro de un espacio de coordenadas del fuselaje 130. Tal análisis (por ejemplo, realizado por el sensor 624 que sigue un objetivo 450 durante el movimiento) puede ayudar a facilitar la prevención de colisiones mientras el conjunto 400 opera dentro del fuselaje 130. Se puede utilizar un controlador 640 en la mesa de trabajo 610 (o en otra ubicación) para realizar diversos cálculos relacionados con los sensores 622-626. El segundo conjunto de características incluye los objetivos 632 y 634 (por ejemplo, objetivos retroreflectantes, objetivos de ultrasonido, etc.). Estos objetivos 632 y 634 pueden utilizarse junto con sensores de alcance en el conjunto para proporcionar al conjunto una entrada que indique si el conjunto se mantiene fiel a su orientación prevista.

Mientras tanto, la figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra la misma vista que se muestra en la figura 7, excepto que el piso temporal 700 se ha omitido para mayor claridad, mientras que se ha agregado el conjunto 400. En esta realización, los sensores de alcance 442 y 444 operan continuamente para adquirir datos de alcance a medida que el conjunto 400 avanza. Los sensores 442 y 444 cumplen este objetivo transmitiendo haces de luz y/u ondas de sonido (812, 814) hacia los objetivos 632 y 634, y adquiriendo datos de distancia a través de reflejos de estos haces de luz y/u ondas de sonido. Los datos de distancia incluyen la medición de distancia D_L que indica una distancia entre el

sensor de alcance izquierdo 442 y el objetivo izquierdo 632, así como la medición de distancia D_R que indica una distancia entre el sensor de alcance derecho 444 y el objetivo derecho 634. Si el conjunto 400 cambia su ángulo de orientación durante el movimiento (causando desplazamiento o deriva de lado a lado), los valores de D_L y D_R cambiarán uno con respecto al otro. Estas diferencias entre D_L y D_R pueden ser analizadas por el conjunto 400 durante sus desplazamientos (es decir, mientras está en movimiento) para detectar desviaciones desde un ángulo previsto para el conjunto 400 y corregir esas desviaciones (por ejemplo, accionando una pista 410 por un período más largo/mayor número de revoluciones/distancia diferente que otra pista 410 del conjunto 400). En una realización adicional, las desviaciones se corrigen moviéndose hacia delante en un patrón de giro y hacia atrás en un patrón de giro diferente. De esta manera, el controlador 420 determina de forma iterativa y continua la distancia izquierda, determina la distancia derecha, detecta una diferencia en distancias determinadas y ajusta la orientación del conjunto a medida que el conjunto continúa hacia la ubicación.

Además de las técnicas y sistemas descritos anteriormente para contabilizar las desviaciones de una ruta esperada de un conjunto 400, las figuras 9-10 ilustran a modo de ejemplo (mecanismos de bloqueo mecánico 900 que pueden utilizarse dentro de una ruta de seguimiento de un conjunto para garantizar que las tablas de piso no se deslicen entre sí mientras el conjunto se mueve sobre un piso temporal 701. En la figura 9, dos tablas de piso 710 están ubicados a lo largo de la ruta de seguimiento 722. Estas tablas de piso 710 están montadas juntas a través de mecanismos de bloqueo 900, que están ubicados en/cerca de las esquinas 712 de las tablas de piso 710. En una realización adicional, cada mecanismo de bloqueo 900 ocupa el espacio creado por cuatro esquinas adyacentes de cuatro tablas de piso 710 separadas. Como se muestra en la figura 10, cada mecanismo de bloqueo 900 está ubicado dentro de un rebaje 716 de una tabla de piso 710, para garantizar que el mecanismo de bloqueo esté al ras con la superficie 718 de la tabla de piso 710 cuando está montado. Además las tablas de piso 710 incluyen receptáculos/agujeros 714 (de grosor/profundidad T) en los que se pueden montar los pasadores 910 del mecanismo de bloqueo (por ejemplo, caídos, deslizados o ajustados a presión para permitir la instalación rápida y sin herramientas del piso temporal). Los pasadores 910 refuerzan la rigidez estructural al unir estructuralmente diversas tablas de piso 710 dentro del fuselaje 130. La instalación de los mecanismos de bloqueo mecánico 900 hace que las tablas de piso 710 resistan fuerzas longitudinales y/o flexión.

Los detalles ilustrativos de la preparación de un piso temporal en el fuselaje 130 se analizarán con respecto a la figura 11. Se debe suponer, para esta realización, que los miembros de soporte 212 del fuselaje 130 se han ensamblado en una estructura de soporte ("esqueleto") de un armazón, pero aún no se han sujetado partes del revestimiento 210. Para permitir que comiencen las operaciones de sujeción es deseable, por lo tanto, instalar un piso temporal 701 en la sección superior 280 y un piso temporal 702 en la sección inferior 290 del fuselaje 130. Esto asegura que los conjuntos 400 y 500 puedan atravesar el fuselaje 130 para realizar operaciones de sujeción.

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un método 1100 para instalar un piso temporal que comprende tablas de piso bloqueadas en una realización ejemplar. Los pasos del método 1100 se describen con referencia al fuselaje 130 de la figura 1, pero los expertos en la técnica apreciarán que el método 1100 se puede realizar en otros entornos mecánicos. Los pasos de los diagramas de flujo descritos en el presente documento no incluyen todos y pueden incluir otros pasos no mostrados. Los pasos descritos en el presente documento también se pueden realizar en un orden alternativo.

Las tablas de piso temporales 710 se instalan en el fuselaje 130 (por ejemplo, colocando/colgando tablas de piso 710 individuales entre las viguetas 604 y las vigas 602, sin sujetar las tablas de piso 710 a las viguetas 604 o las vigas 602). Dado que las tablas de piso 710 son temporales (por ejemplo, solo se mantienen en su lugar por su peso y no están sujetas a las viguetas 604 o vigas 602), están sujetas a deslizarse dentro del fuselaje 130 por cantidades incrementales en la dirección X y/o Y cuando se desplazan por un conjunto (por ejemplo, una máquina que pesa varias toneladas). Esto significa que es probable que las tablas de piso 710 interfieran con la capacidad de un conjunto para determinar su recorrido (distancia y ruta) sin instrumentos. Para tener en cuenta este problema, se identifican rutas de seguimiento para el conjunto (por ejemplo, 400, 500) sobre las cuales el conjunto se desplazará a través de las tablas de piso temporales dentro del fuselaje 130 durante el conjunto del fuselaje 130 (paso 1104). Esto puede realizarse, por ejemplo, por el controlador 640 o el controlador 520 analizando un programa NC que dicta las operaciones del conjunto.

Con las rutas de seguimiento conocidas, se identifican las tablas de piso 710 que corresponden a cada una de las rutas de seguimiento (paso 1106). Esto puede realizarse determinando cuáles de las tablas de piso 710 estarán debajo de las pistas (por ejemplo, 410, 510) mientras el conjunto está funcionando según el programa NC. Luego, para cada conjunto de tablas de piso que corresponde a una ruta de seguimiento diferente, se instalan mecanismos de bloqueo mecánico 900 para unir ese conjunto en un cuerpo rígido (paso 1108). Esto reduce la cantidad de error de traslado causado por el deslizamiento de las tablas de piso 710 cuando un conjunto se mueve a través del piso temporal 701.

Los detalles ilustrativos del funcionamiento de los conjuntos (por ejemplo, 400, 500) dentro del entorno de fabricación 300 se analizarán con respecto a la figura 12. El conjunto 400 se dispone primero en la mesa de trabajo 610 (paso 1202). Con el conjunto 400 ubicado en la mesa de trabajo 610, el sensor de alcance izquierdo 442 está alineado con el objetivo izquierdo 632 de la mesa de trabajo 610 (paso 1204), y el sensor de alcance derecho 444 está alineado

con el objetivo derecho 632 de la mesa de trabajo 610 (paso 1206). La alineación de los sensores 442-444 con los objetivos 632-634 comprende garantizar que los haces de luz láser (u ondas ultrasónicas) emitidos por los sensores 442-444 impacten a los objetivos 632-634 cuando son emitidos por los sensores 442-444.

Después de que los sensores se hayan alineado, el controlador 640 puede utilizar la metrología a través del objetivo 628 para determinar el espacio de coordenadas del fuselaje 130 y puede utilizar aún más la metrología sobre los objetivos 450 para determinar la ubicación de la mesa de trabajo 610 y el conjunto 400 dentro del fuselaje 130. Basándose en esta información, el controlador 640 determina el modo en que se mueve el conjunto 400 a una ubicación deseada dentro del fuselaje 130 para realizar el trabajo sobre el fuselaje 130 (por ejemplo, realizando una o más operaciones de sujeción). Por lo tanto, el controlador 640 envía instrucciones al controlador 420 del conjunto 400 para dirigir el conjunto 400 a través de la mesa de trabajo 610 a la ubicación deseada en el fuselaje 130 (paso 1208). El controlador 420 dirige las pistas 410 para mover el conjunto 400 hacia delante como se indica en las instrucciones. Como parte de este proceso, mientras el conjunto 400 está en movimiento, el controlador 420 opera el sensor izquierdo 442 para determinar la distancia al objetivo izquierdo 632 (paso 1210), y además opera el sensor derecho 444 para determinar una distancia al objetivo derecho 634 (paso 1212).

Al detectar una diferencia entre las distancias medidas (paso 1214), el controlador 420 puede determinar si el conjunto 400 ha cambiado de dirección mientras se mueve hacia delante (por ejemplo, porque una tabla de piso 710 se ha deslizado debajo de una pista 410). Por ejemplo, si los sensores 442-444 se alinean inicialmente de manera que sean equidistantes de sus objetivos respectivos, entonces si una distancia izquierda medida por el sensor 442 se vuelve menor que una distancia derecha medida por el sensor 444, esto es indicativo de que el conjunto 400 gira a la izquierda. Alternativamente, si los sensores 442 y 444 no están alineados inicialmente a la misma distancia de sus objetivos respectivos, entonces se puede determinar una distancia inicial de cada sensor a su objetivo correspondiente. La diferencia inicial entre la distancia izquierda y la distancia derecha es indicativa de una orientación recta (por ejemplo, una orientación directa hacia delante) para el conjunto 400. Si la diferencia cambia, el controlador 420 puede detectar un cambio en la orientación del conjunto 400 durante el movimiento, incluso sin saber la posición exacta del conjunto en el espacio de coordenadas del fuselaje 130. Esto permite que el controlador 420 active el control de bucle cerrado del conjunto 400 para garantizar que el conjunto 400 siga la ruta deseada. Por lo tanto, si la diferencia entre las distancias izquierda y derecha permanece igual/constante, esto implica que el conjunto 400 está atravesando adelante/atrás a lo largo del eje X. Por ejemplo, si el conjunto 400 apunta verdadero en la dirección del eje X y en la línea central de la ruta transversal prevista, entonces si la diferencia entre las medidas de distancia izquierda y derecha de los sensores izquierdo y derecho permanece constante, entonces se asegura que el conjunto 400 sea atravesando una ruta de línea recta deseada a lo largo del eje X y centrada en la línea central de la ruta transversal. En resumen, el controlador 420 puede ajustar una dirección de movimiento del conjunto 400 (es decir, una dirección del conjunto 400 correspondiente a la dirección en la que apuntan las pistas 410) (paso 1216).

En realizaciones adicionales, uno o más sensores en la mesa de trabajo 610 (por ejemplo, el sensor 624) pueden seguir uno o más objetivos 450 en el conjunto 400 mientras el conjunto 400 está en movimiento. El controlador 640 puede utilizar este seguimiento para determinar una ubicación general del conjunto 400 dentro del fuselaje 130, para que el controlador 640 determine si el conjunto 400 está a punto de colisionar con el fuselaje 130. En tales casos, el controlador 640 puede indicar al conjunto 400 que se detenga antes de colisionar con el fuselaje 130.

Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se describen procesos, sistemas y métodos adicionales en el contexto de un sistema que dirige las operaciones de un conjunto de robot de seguimiento móvil que realiza operaciones de sujeción que ensamblan un fuselaje de una aeronave.

La figura 13 ilustra un método detallado para coordinar el movimiento de un conjunto (por ejemplo, conjunto 400, conjunto 500) dentro de un fuselaje en una realización ejemplar. Según el método 1300, el controlador 640 se inicia determinando la posición actual y la orientación/ángulo del conjunto 400 (con respecto a la mesa de trabajo 610) mediante el uso de la metrología para analizar los objetivos 450 colocados en el conjunto 400. El controlador 640 determina además una posición deseada del conjunto 400 dentro del fuselaje 130 (por ejemplo, realizando metrología sobre los objetivos 628 e identificando una ubicación del conjunto 400 dentro del sistema de coordenadas del fuselaje 130) (paso 1302). Una vez identificada la posición actual y la posición deseada del conjunto 400, el controlador 640 procede a planificar una ruta para el conjunto 400 dentro del fuselaje 130, que llevará el conjunto 400 a diversas posiciones en las que se realizarán operaciones de sujeción para sujetar el revestimiento 210 para soportar los miembros 212 (paso 1304). El controlador 640 calibra luego los sensores de alcance para el conjunto 400 (por ejemplo, que comprende los sensores 442-444 y los objetivos 632-634), por ejemplo midiendo una distancia izquierda y una distancia derecha. Este proceso puede implicar la transformación de ubicaciones desde un espacio de coordenadas del conjunto 400 a un espacio de coordenadas del fuselaje 130. El controlador 640 luego dirige al controlador 420 para activar los sensores de alcance (paso 1308), y procede a mover el conjunto 400 según la ruta determinada, deteniéndose en cada ubicación definida en la ruta para realizar operaciones de sujeción.

Como parte del conjunto móvil 400, el controlador 420 utiliza continuamente los sensores de alcance 442-444 para

determinar la distancia desde el conjunto 400 a la mesa de trabajo 610, así como el sesgo de la ruta (por ejemplo, cambios en la orientación y/o posición del conjunto 400 desde la ruta definida) (paso 1310). Por lo tanto, el controlador 420 puede determinar que la distancia derecha es menor que la distancia izquierda e identificar una desviación angular hacia la derecha del conjunto basándose en la diferencia, o puede determinar que la distancia izquierda es menor que la distancia derecha e identificar una desviación angular hacia la izquierda del conjunto basándose en la diferencia. El controlador 420 continúa hacia delante para dirigir el conjunto 400 basado en las determinaciones de distancia y sesgo de la ruta (paso 1312). Por ejemplo, si el conjunto 400 se desvía hacia la izquierda, el controlador puede dirigir el conjunto 400 hacia la derecha para corregir el error, indicando al conjunto que gire a la izquierda basándose en la desviación angular. De manera similar, si el conjunto 400 se desvía hacia la derecha, el controlador puede dirigir el conjunto 400 hacia la izquierda para corregir el error, indicando al conjunto que gire a la izquierda basándose en la desviación angular. Si el conjunto 400 ha llegado a su posición deseada (paso 1314), el procesamiento continúa al paso 1316. De lo contrario, el controlador 420 vuelve a dirigir/mover el conjunto 400 según el paso 1312. En resumen, el controlador 420 detecta una diferencia entre las distancias medidas por los sensores 442-444 mientras el conjunto 400 se mueve y reorienta el conjunto 400 basándose en la diferencia para conducir el conjunto 400 a una nueva posición dentro del fuselaje 130.

Si el conjunto 400 ha llegado a la posición deseada, el controlador 420 informa la finalización del movimiento exitoso al controlador 640 (paso 1316). El controlador 640 puede entonces operar los sensores 624 en la mesa de trabajo 610 para confirmar que el conjunto 400 ha llegado a la posición deseada (paso 1318). Si el conjunto 400 ha llegado con éxito a su posición deseada, el conjunto 400 se puede utilizar para realizar operaciones de sujeción en esa ubicación.

Alternativamente, si el conjunto 400 no ha llegado a su posición deseada, el controlador 640 puede determinar que el conjunto 400 ha dejado de moverse, utilizar un sensor de alcance 624 para identificar múltiples objetivos 450 en el conjunto, utilizar sensores de alcance 622-626 para identificar múltiples objetivos 628 en el fuselaje 130, comparando los objetivos 450 en el conjunto con los objetivos 628 en el fuselaje 130 para determinar la proximidad del conjunto 400 a la ubicación deseada, e indicar al conjunto 400 que se reposicione basándose en la proximidad.

Indicar al conjunto que cambie de posición puede comprender dirigir el conjunto 400 para retroceder, ajustar el ángulo mientras retrocede y moverse nuevamente hacia la ubicación para ajustar una posición lateral del conjunto 400 (es decir, una posición del conjunto 400 a lo largo del eje Y). Alternativamente, indicar al conjunto 400 que reposicione comprende dirigir el conjunto 400 para que retroceda o avance para ajustar una posición longitudinal del conjunto 400 (es decir, una posición del conjunto 400 a lo largo del eje X).

La figura 14 es un diagrama de bloques 1400 que ilustra una vista superior del movimiento de un conjunto de robot de seguimiento 1410 dentro de un fuselaje en una realización ejemplar. A medida que el conjunto 1410 continúa hacia delante como lo indica la línea discontinua 1420, y el ángulo de orientación desde un punto inicial (P_1) a P_2 , P_3 , y un punto final (P_r) varía. Usando las técnicas descritas con respecto a las figuras 12-13, las desviaciones en el ángulo del conjunto 1410 pueden corregirse de manera beneficiosa basándose en D_l y D_r para tener en cuenta cualquier error de movimiento causado por las tablas de piso deslizantes ubicadas debajo del conjunto 1410. Como se muestra en el presente documento, la ruta ilustrada por la línea discontinua 1420 es exagerada y solo con fines ilustrativos.

La figura 15 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema que incluye un conjunto de robot de seguimiento 1520 dentro de un fuselaje 1500 en una realización ejemplar. Como se muestra en la figura 15, el conjunto 1520 puede ingresar al fuselaje 1500 a través de la mesa de trabajo 1510, y puede utilizar sensores 1524 para seguir el progreso del conjunto 1520 mediante la detección de una distancia a los objetivos 1514. Las operaciones del conjunto 1520 se rigen por el controlador 1525, que opera los sensores 1524, y puede además operar pistas 1521 así como brazos 1530. En esta realización, los brazos 1530 incluyen, cada uno, uno o más accionadores 1532 y cuerpos rígidos 1534 que se usan para posicionar un efector de extremo 1536. El conjunto 1520 se mueve a través del piso 1540, que incluye múltiples tablas de piso 1542. Cada tabla de piso 1542 a lo largo de la ruta de seguimiento esperada del conjunto 1520 se une a otra tabla de piso 1542 en la ruta a través de un mecanismo de bloqueo mecánico 1550. En esta realización, cada mecanismo de bloqueo mecánico 1150 se fija a las tablas 1542 a través de los pasadores 1552. Al finalizar un movimiento a lo largo de la ruta, la mesa de trabajo 1510 puede utilizar la entrada de los sensores 1512 para determinar la ubicación real del conjunto 400 dentro del fuselaje 1500.

Haciendo referencia, de forma más particular, a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto del método 1600 de fabricación y servicio de una aeronave, tal y como se muestra en la figura 16 y de una aeronave 1602, tal y como se muestra en la figura 17. Durante la producción previa, el método ejemplar 1600 puede incluir la memoria descriptiva y el diseño 1604 de la aeronave 1602 y la adquisición de material 1606. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación 1608 de componentes y subconjuntos y la integración de sistemas 1610 de la aeronave 1602. Posteriormente, la aeronave 1602 puede pasar el proceso de certificación y entrega 1612 para así entrar en servicio 1614. Mientras un cliente la tiene en servicio, la aeronave 1602 se somete a un programa de mantenimiento y servicio 1616 rutinarios (que también puede comprender modificaciones, reconfiguraciones, reabastecimientos y demás). Los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una o más etapas adecuadas del método de producción y servicio 1600 (por ejemplo, memoria descriptiva y diseño 1604, adquisición de material 1606, fabricación de componentes y subconjuntos 1608, integración de sistemas

1610, certificación y entrega 1612, servicio 1614, mantenimiento y servicio 1616) y/o cualquier componente adecuado de la aeronave 1602 (por ejemplo, armazón 1618, sistemas 1620, interior 1622, propulsión 1624, eléctrico 1626, hidráulico 1628, ambiental 1630).

5 Cada uno de los procesos del método 1600 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, una tercera parte y/o un operario (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; una tercera parte puede incluir, sin limitaciones, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operario puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una institución militar, una empresa de servicios y demás.

10 Como se muestra en la figura 17, la aeronave 1602 producida mediante el método ejemplar 1600 puede incluir un armazón 1618 con una pluralidad de sistemas 1620 y un interior 1622. Los ejemplos de los sistemas 1620 de alto nivel incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 1624, un sistema eléctrico 1626, un sistema hidráulico 1628 y un sistema de control ambiental 1630. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria del
15 automóvil.

Como ya se ha mencionado anteriormente, los aparatos y métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 1600. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a la etapa de producción 1608 pueden fabricarse o producirse de
20 manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 1602 está en servicio. Asimismo, una o más realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de estas, se pueden utilizar durante las etapas de producción 1608 y 1610, por ejemplo, agilizando sustancialmente el conjunto o reduciendo el coste de una aeronave 1602. De manera similar, una o más de las realizaciones del aparato, realizaciones del método o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 1602 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 1616. Por ejemplo, las técnicas y sistemas descritos en el presente documento pueden
25 usarse para los pasos 1606, 1608, 1610, 1614 y/o 1616, y/o pueden usarse para el fuselaje 1618 y/o el interior 1622. Estas técnicas y sistemas pueden incluso utilizarse para los sistemas 1620, que incluyen, por ejemplo, propulsión 1624, eléctrica 1626, hidráulica 1628 y/o ambiental 1630.

En una realización, el conjunto 400 se acciona a través del piso temporal 701 para ensamblar una porción del armazón 1618 durante la fabricación de componentes y subconjuntos 1608. Estas porciones pueden ensamblarse luego en una
30 aeronave en la integración del sistema 1610, y luego utilizarse en el servicio 1614.

Cualquiera de los diversos elementos de control (por ejemplo, componentes eléctricos o electrónicos) mostrados en las figuras o descritos en el presente documento pueden implementarse como *hardware*, un *software* de implementación de procesador, un *firmware* de implementación de procesador o alguna combinación de estos. Por
35 ejemplo, un elemento puede implementarse como *hardware* dedicado. Los elementos de *hardware* dedicados pueden denominarse "procesadores", "controladores" o alguna terminología similar. Cuando las proporciona un procesador, las funciones pueden ser proporcionadas por un único procesador dedicado, por un único procesador compartido, o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos. Además, el uso explícito del término "procesador" o "controlador" no debe interpretarse para referirse exclusivamente a *hardware* capaz de ejecutar *software*, y puede incluir implícitamente, sin limitación, *hardware* de Procesador de señal digital
40 (DSP), un procesador de red, Aplicación específica de circuito integrado (ASIC) u otro circuito, Matriz de compuerta programable en campo (FPGA), Memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, Memoria de acceso aleatorio (RAM), almacenamiento no volátil, lógica o algún otro componente o módulo de *hardware* físico.

Además, un elemento de control puede implementarse como instrucciones ejecutables por un procesador o un ordenador para realizar las funciones del elemento. Algunos ejemplos de instrucciones son *software*, código de
45 programa y *firmware*. Las instrucciones son operativas cuando el procesador las ejecuta para dirigir el procesador para que realice las funciones de los medios de almacenamiento magnéticos, tales como discos magnéticos y cintas magnéticas, discos duros o medios de almacenamiento de datos digitales ópticamente legibles.

Aunque en el presente documento se describen realizaciones específicas, el alcance de la divulgación no se limita a esas realizaciones específicas. El alcance de la divulgación está definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

disponer un conjunto de robot móvil próximo a un fuselaje de una aeronave que se ensambla (1202) y configura para realizar trabajos dentro del fuselaje, un sensor de alcance izquierdo (442) y un sensor de alcance derecho (444) ubicados en el conjunto de robot móvil (400);
 5 alinear el sensor de alcance izquierdo (442) del conjunto con un objetivo izquierdo (1204);
 alinear el sensor de alcance derecho (444) del conjunto con un objetivo derecho (1206);
 dirigir el conjunto para que atraviese una ubicación dentro del fuselaje de la aeronave en la que un robot en el conjunto realizará trabajos sobre el fuselaje (1208);
 10 determinar una distancia izquierda entre el sensor de alcance izquierdo y el objetivo izquierdo mientras el conjunto está en movimiento (1210);
 determinar una distancia derecha entre el sensor de alcance derecho y el objetivo derecho mientras el conjunto está en movimiento (1212);
 detectar una diferencia entre las distancias determinadas (1214); y
 15 ajustar una dirección de movimiento del conjunto basándose en la diferencia (1216).

2. El método según la reivindicación 1 que además comprende:

determinar que la distancia izquierda es menor que la distancia derecha;
 identificar una desviación angular hacia la izquierda del conjunto basándose en la diferencia; e
 indicar al conjunto para que gire a la derecha basándose en la desviación angular (1312).

3. El método según la reivindicación 1 o 2 que además comprende:

determinar que la distancia derecha es menor que la distancia izquierda;
 identificar una desviación angular hacia la derecha del conjunto basándose en la diferencia; e
 indicar al conjunto para que gire a la izquierda basándose en la desviación angular (1312).

4. El método según la reivindicación 1, 2 o 3 en el que:

25 el conjunto incluye múltiples pistas (410) y ajustar una dirección de movimiento del conjunto que comprende dirigir el conjunto por el accionamiento de una pista un mayor número de revoluciones que otra pista.

5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que comprende además: determinar iterativamente la distancia izquierda, determinar la distancia derecha, detectar una diferencia en distancias determinadas y ajustar la dirección de movimiento del conjunto a medida que el conjunto continúa hacia la ubicación.

6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende además:

determinar que el conjunto ha dejado de moverse;
 utilizar un sensor de alcance adicional (624) que está separado del conjunto para identificar múltiples objetivos (450) en el conjunto;
 35 utilizar el sensor de alcance adicional para identificar múltiples objetivos (628) en el fuselaje;
 comparar los objetivos en el conjunto con los objetivos en el fuselaje para determinar la proximidad del conjunto a la ubicación dentro del fuselaje; e
 indicar al conjunto a reposicionarse basándose en la proximidad.

7. El método según la reivindicación 6, en el que:

40 indicar al conjunto a reposicionarse comprende dirigir el conjunto para que retroceda, ajustar el ángulo mientras retrocede y mover hacia la ubicación nuevamente para ajustar una posición lateral del conjunto.

8. El método según la reivindicación 6 o 7 en el que:

indicar al conjunto a reposicionarse comprende dirigir el conjunto para que retroceda o avance para ajustar una posición longitudinal del conjunto.

9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que:

45 disponer el conjunto comprende disponer el conjunto en una mesa de trabajo (610) que incluye el objetivo izquierdo y el objetivo derecho.

10. Un sistema que comprende:

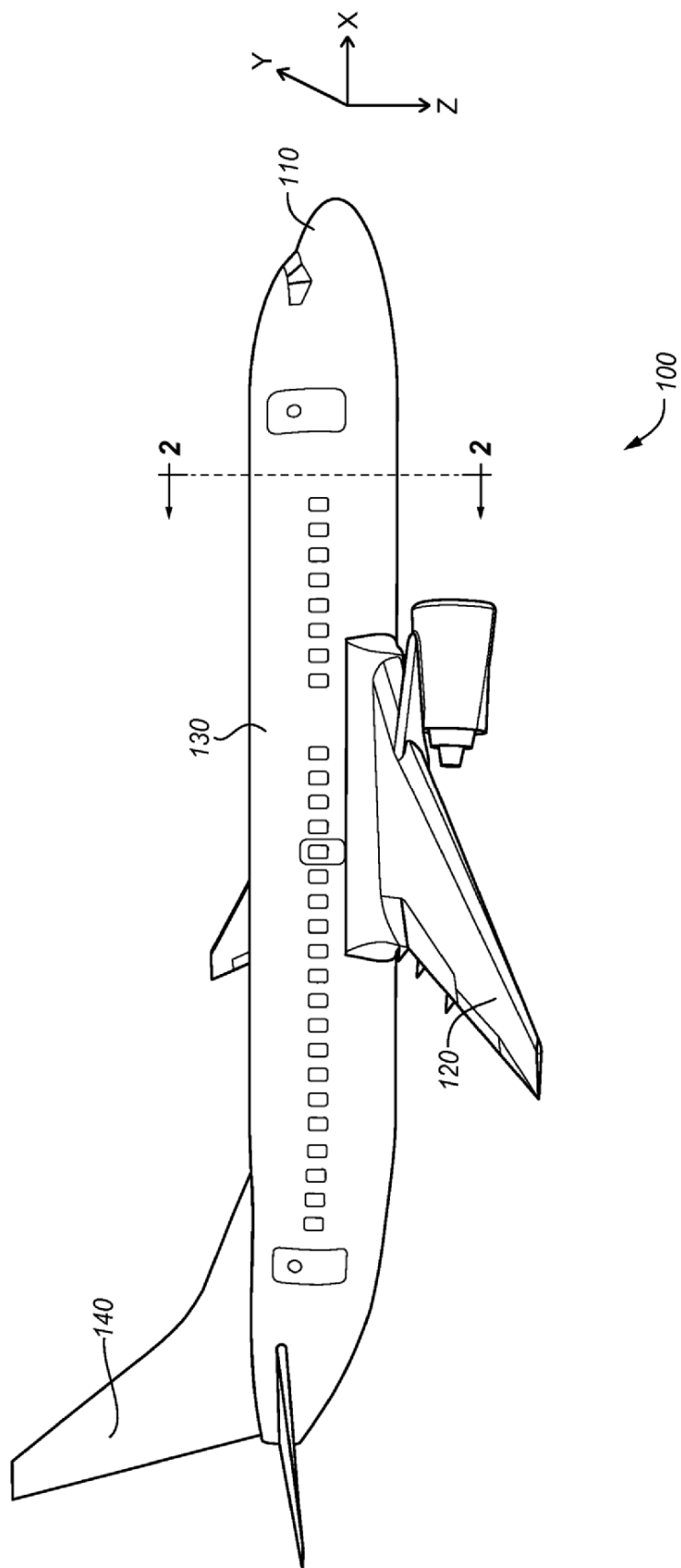
5 un fuselaje (130) de una aeronave (100) que se está ensamblando;
 un piso temporal (701) que comprende múltiples tablas de piso (710) que cubren viguetas (604) y vigas (602) del fuselaje y se acoplan entre sí mediante mecanismos de bloqueo mecánico (900);
 una mesa de trabajo (610) que incluye objetivos reflectantes (632, 634); e
 un conjunto de robot móvil (400) que está dispuesto en la mesa de trabajo y está adaptado para realizar operaciones dentro del fuselaje, comprendiendo el conjunto de robot móvil:

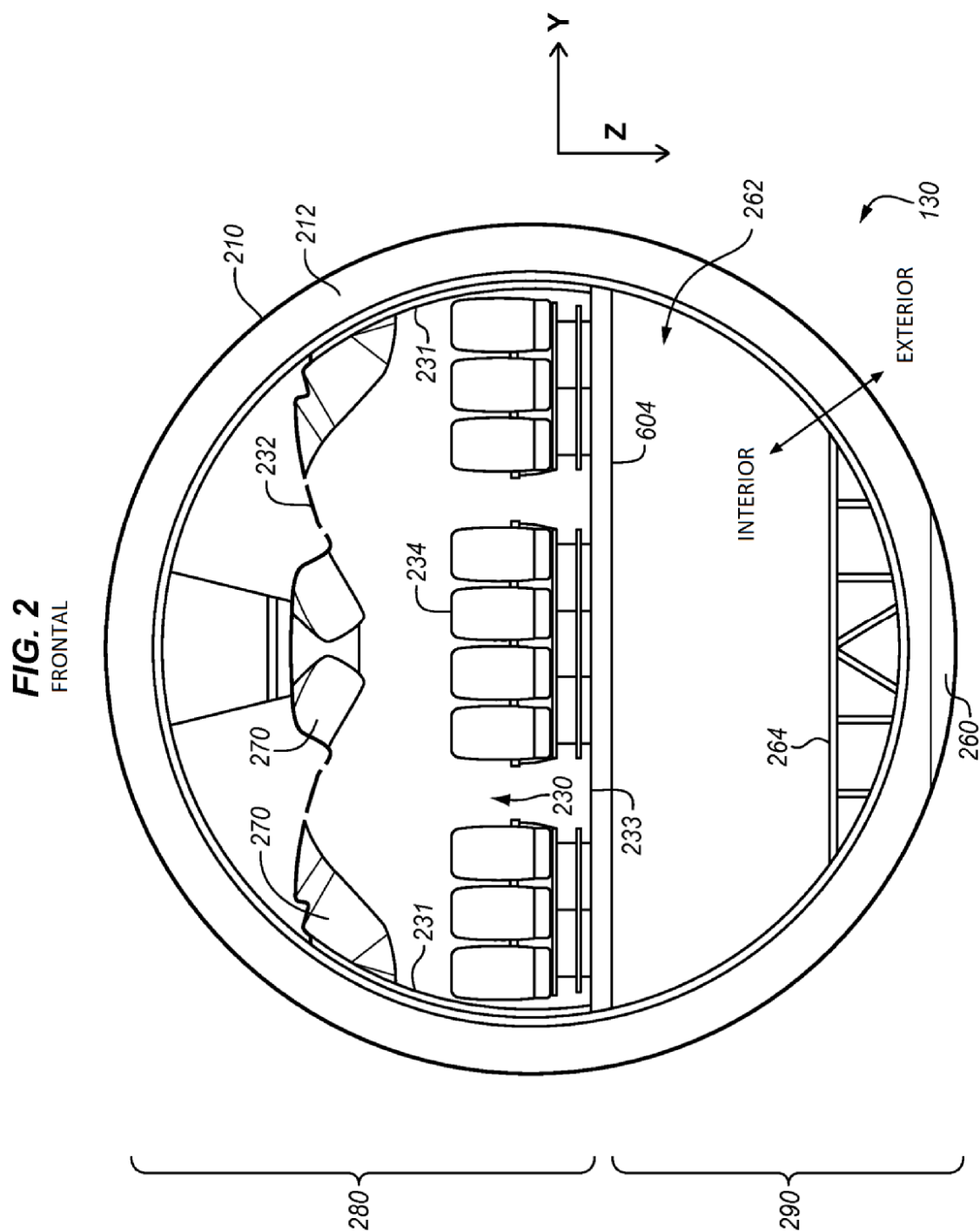
10 un sensor de alcance izquierdo (442) y un sensor de alcance derecho (444) ubicado en el conjunto de robot móvil, en el que cada sensor mide una distancia a un objetivo correspondiente (632, 634) en la mesa de trabajo;
 y
 un controlador (640) que detecta una diferencia entre las distancias medidas por los sensores mientras el conjunto está en movimiento, y cambia la dirección de movimiento del conjunto basándose en la diferencia para accionar el conjunto a una nueva posición dentro del fuselaje.

11. El sistema según la reivindicación 10, en el que:
 15 el controlador determina que la distancia entre el sensor de alcance izquierdo (442) y el objetivo correspondiente es menor que la distancia entre el sensor de alcance derecho y el objetivo correspondiente y dirige el conjunto hacia la derecha.

12. El sistema según la reivindicación 10 u 11, en el que:
 el controlador determina que la distancia entre el sensor de alcance derecho (444) y el objetivo correspondiente es menor que la distancia entre un sensor de alcance izquierdo y el objetivo correspondiente y dirige el conjunto hacia la izquierda.
 20

13. El sistema según la reivindicación 10, 11 o 12 en el que:
 el controlador detecta iterativamente las diferencias de distancia y dirige el conjunto mientras el conjunto está en movimiento.





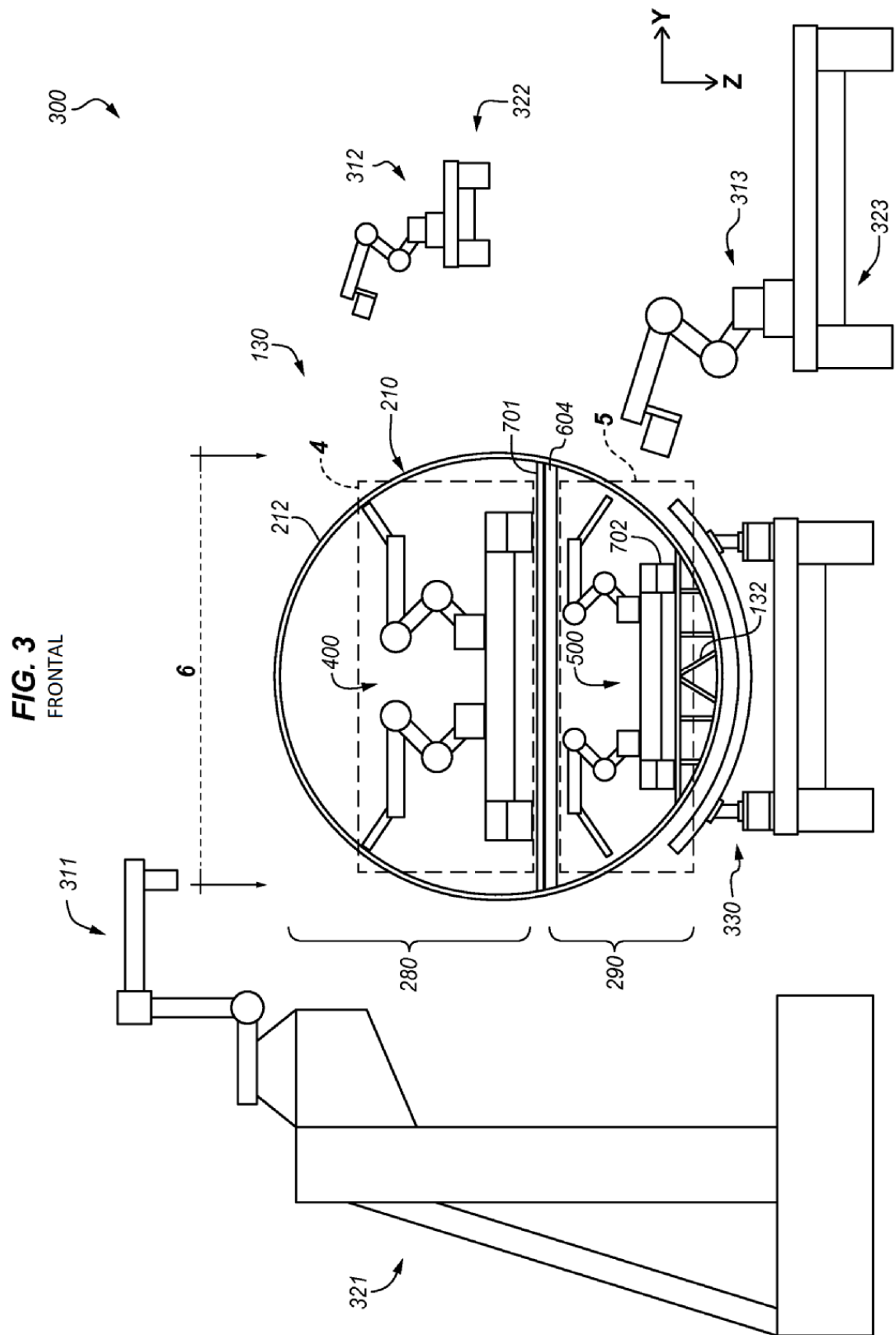
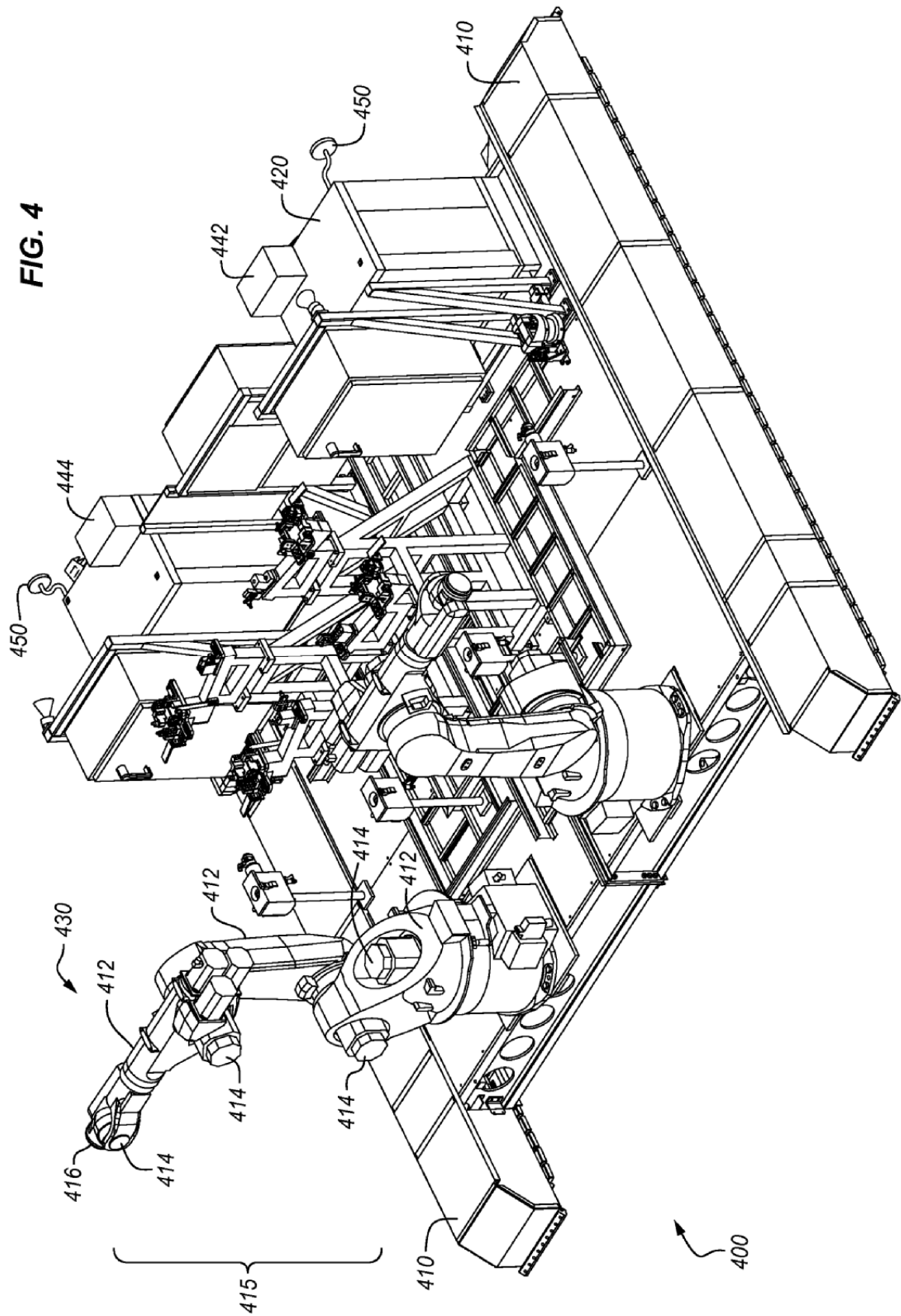


FIG. 4



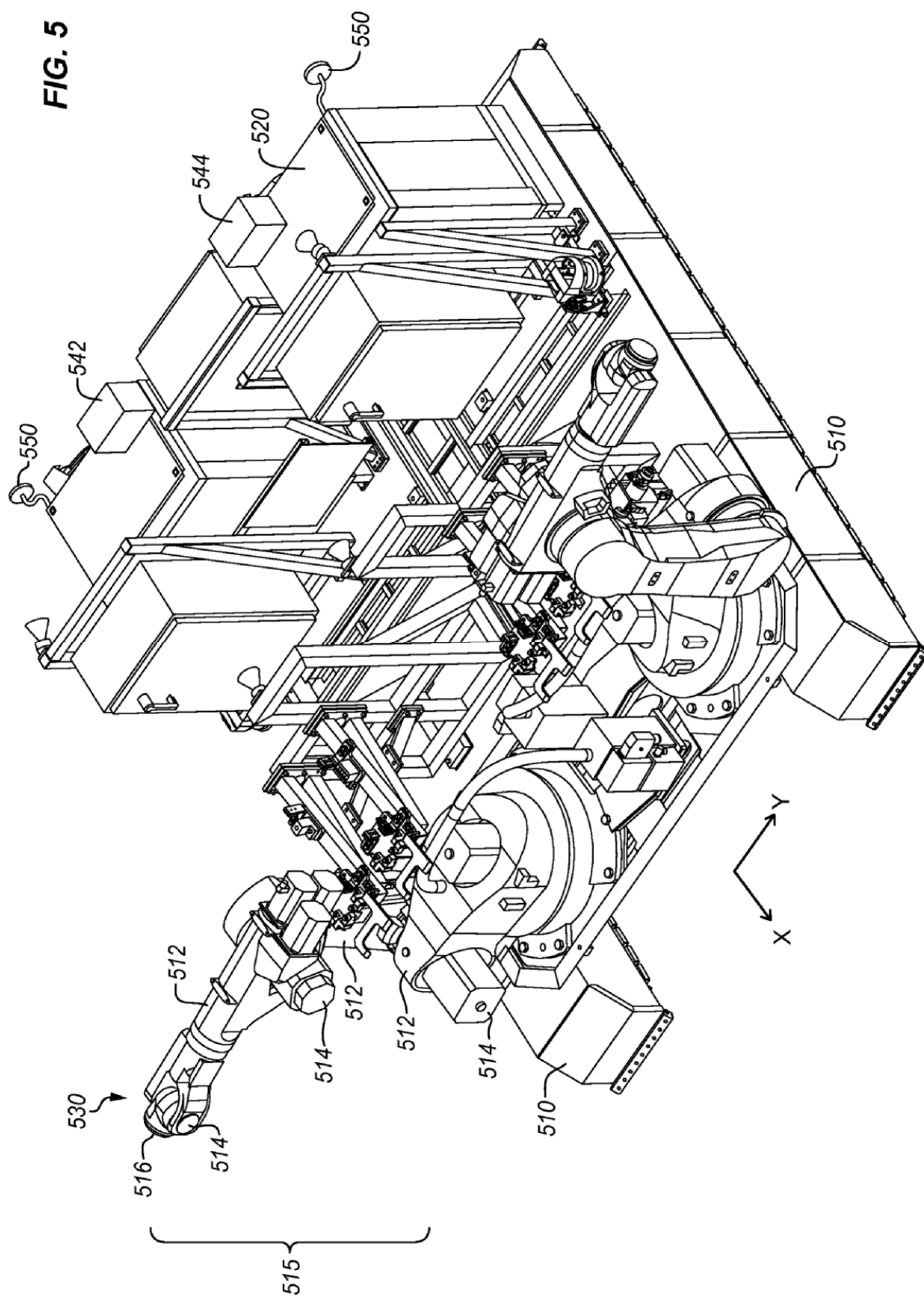


FIG. 6

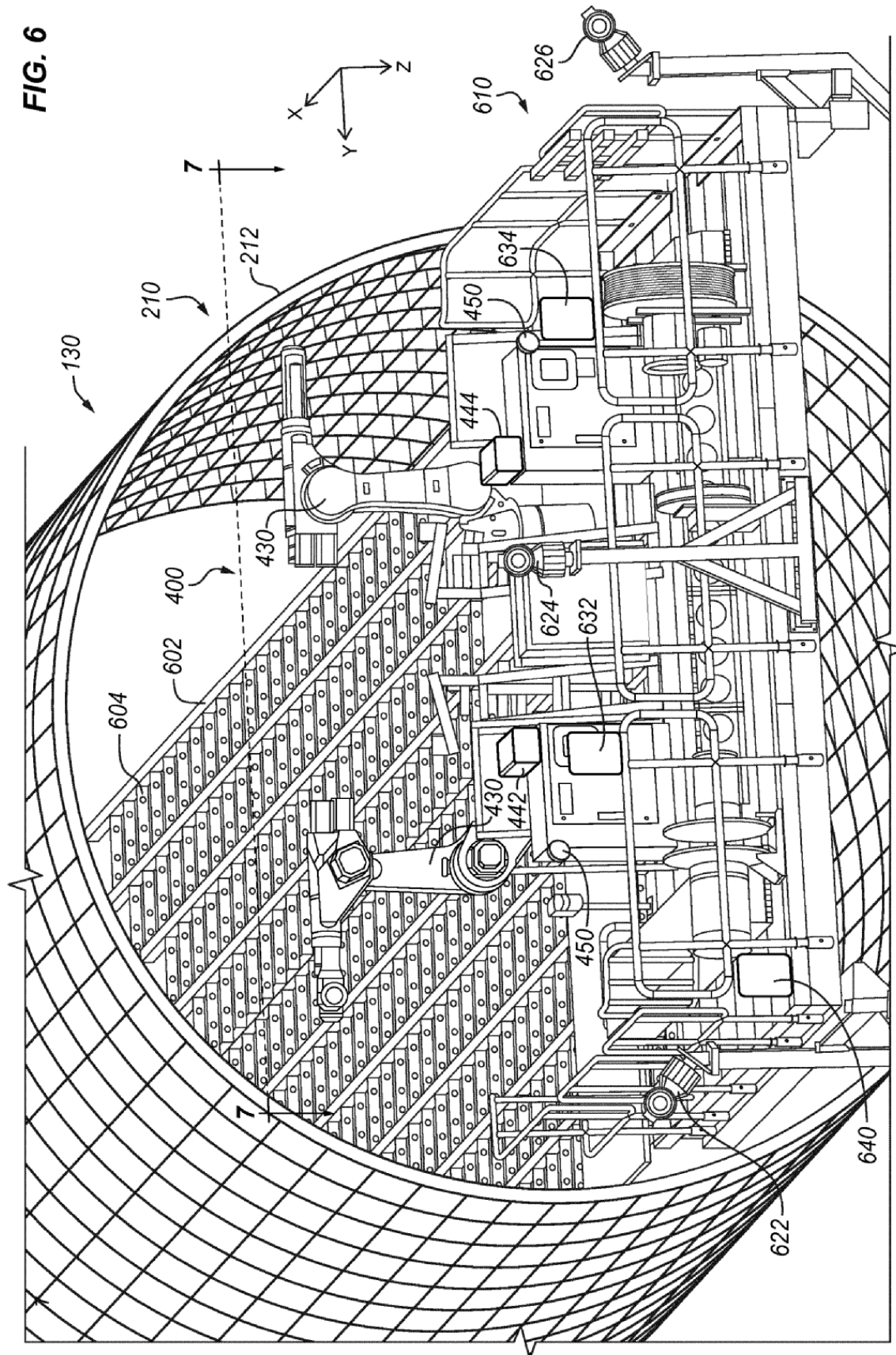


FIG. 7

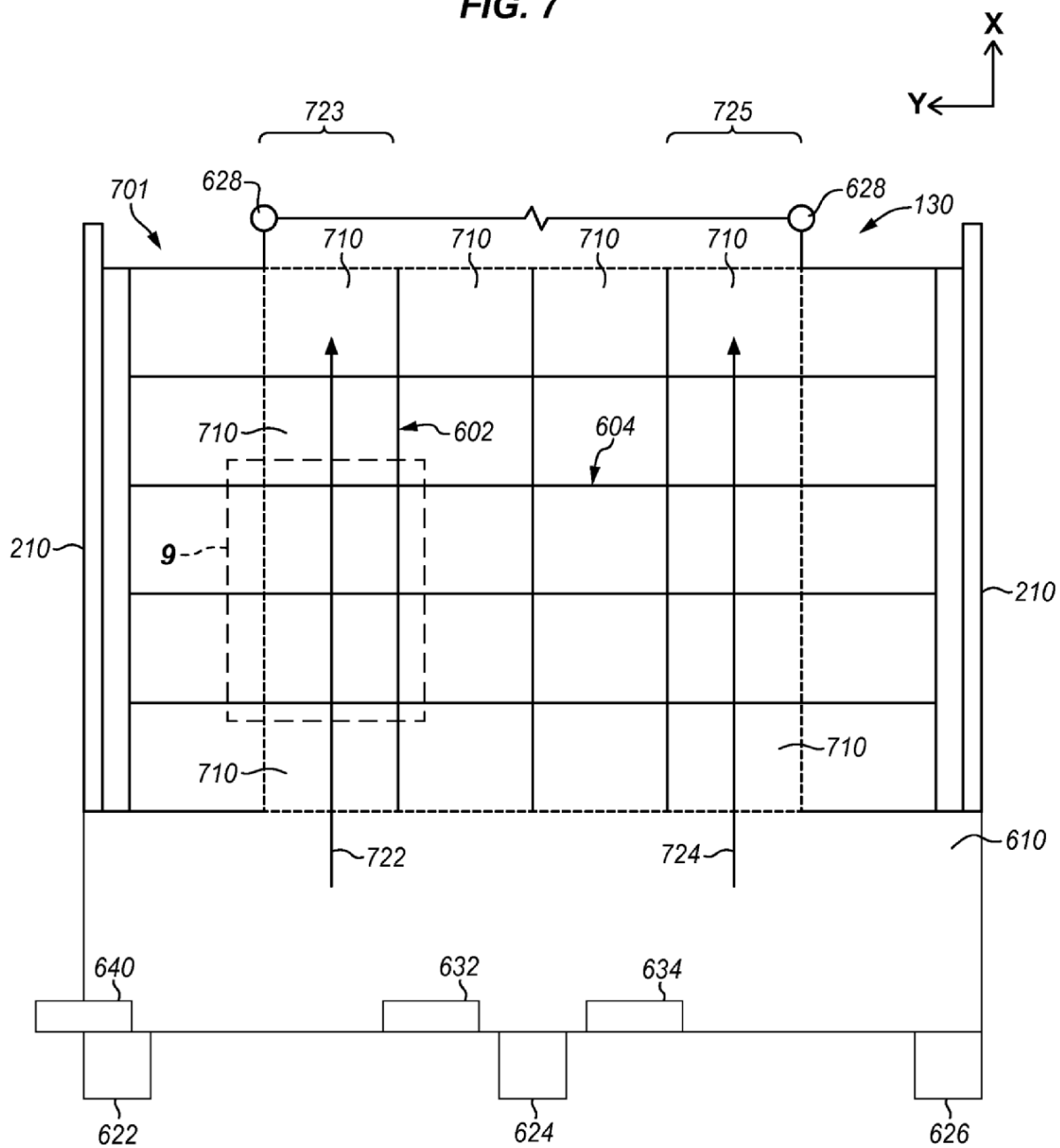


FIG. 8

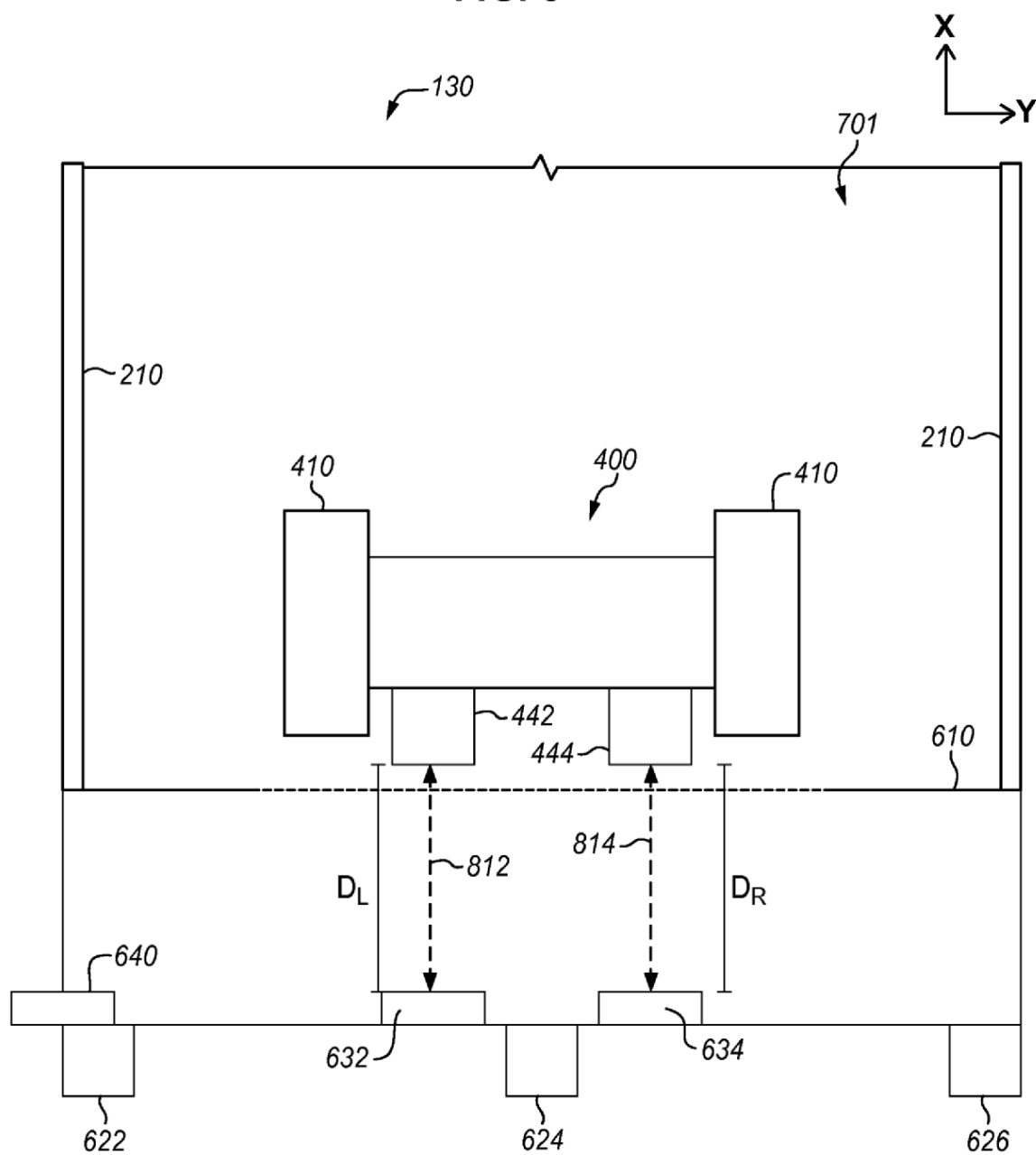


FIG. 9

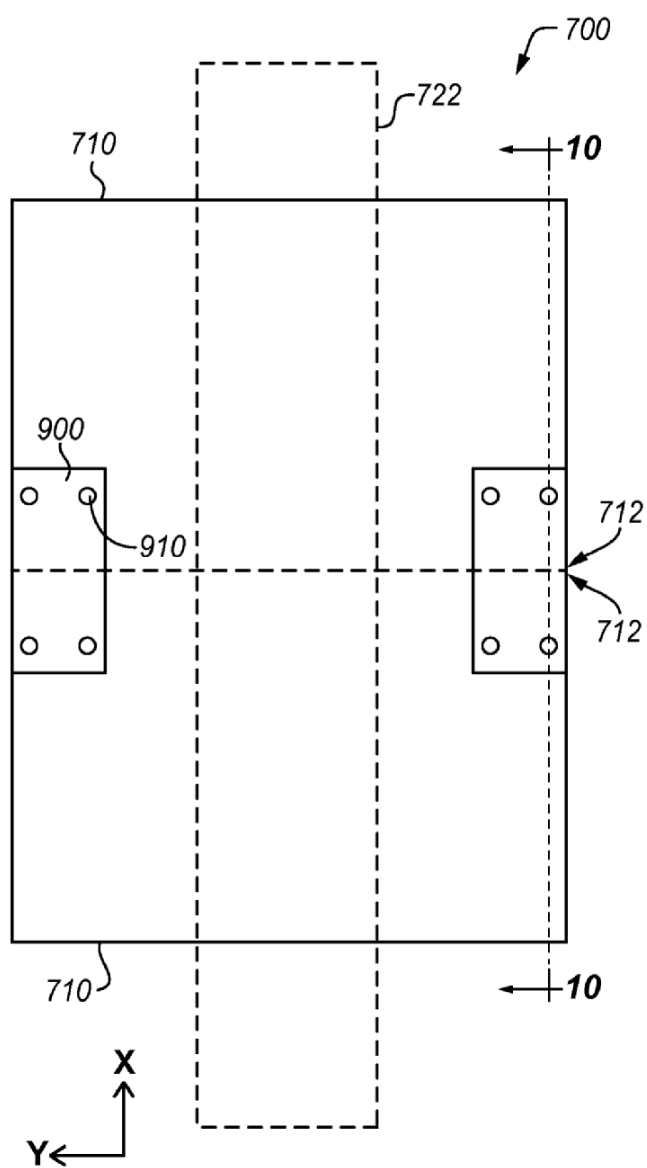


FIG. 10

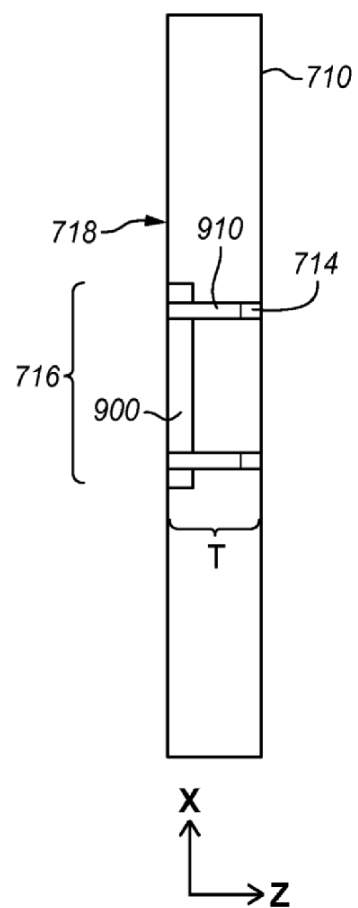


FIG. 11

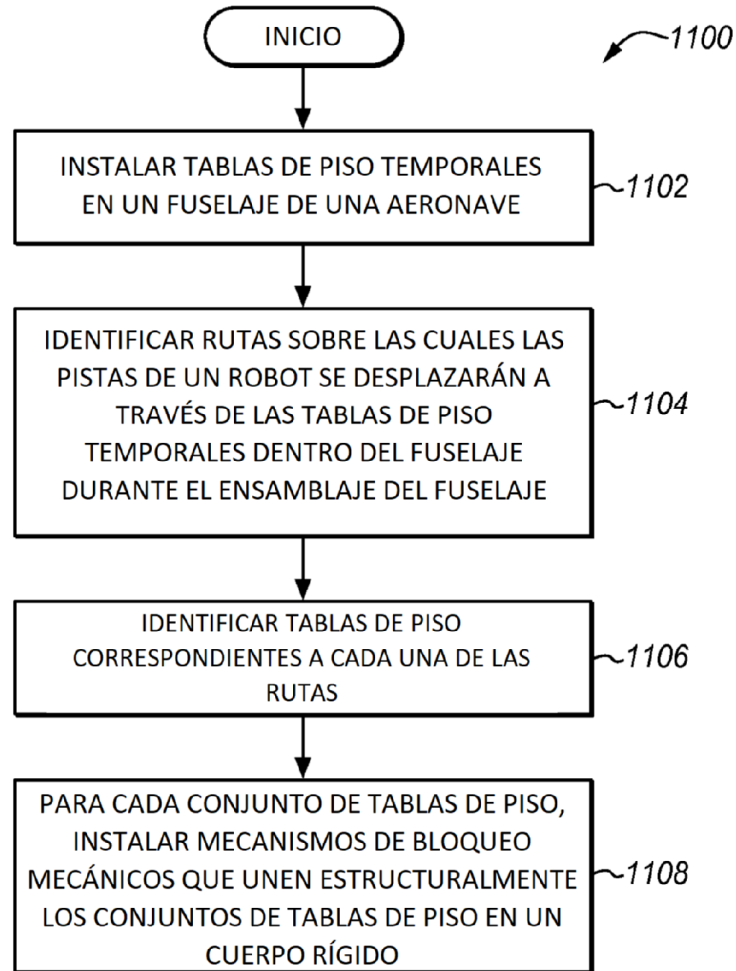


FIG. 12

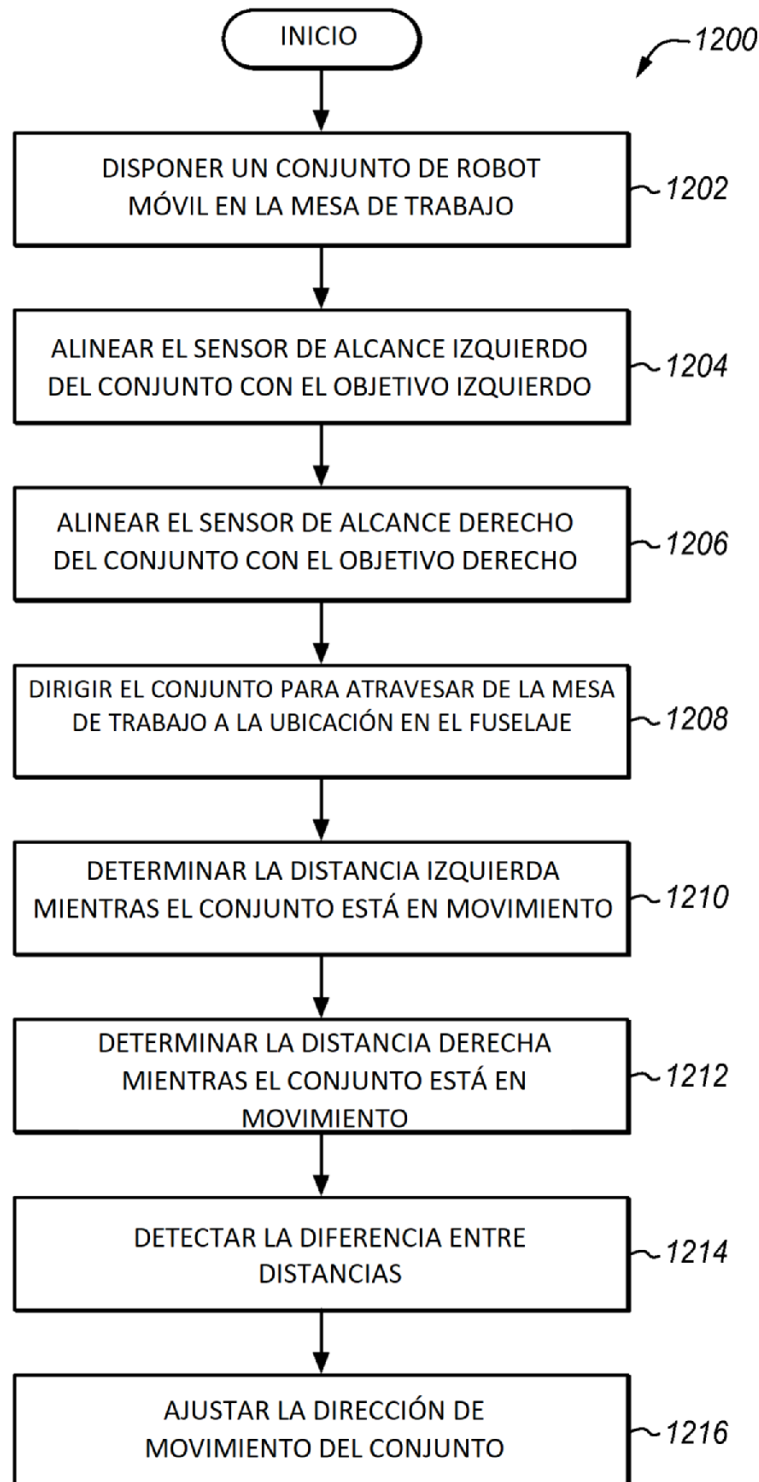


FIG. 13

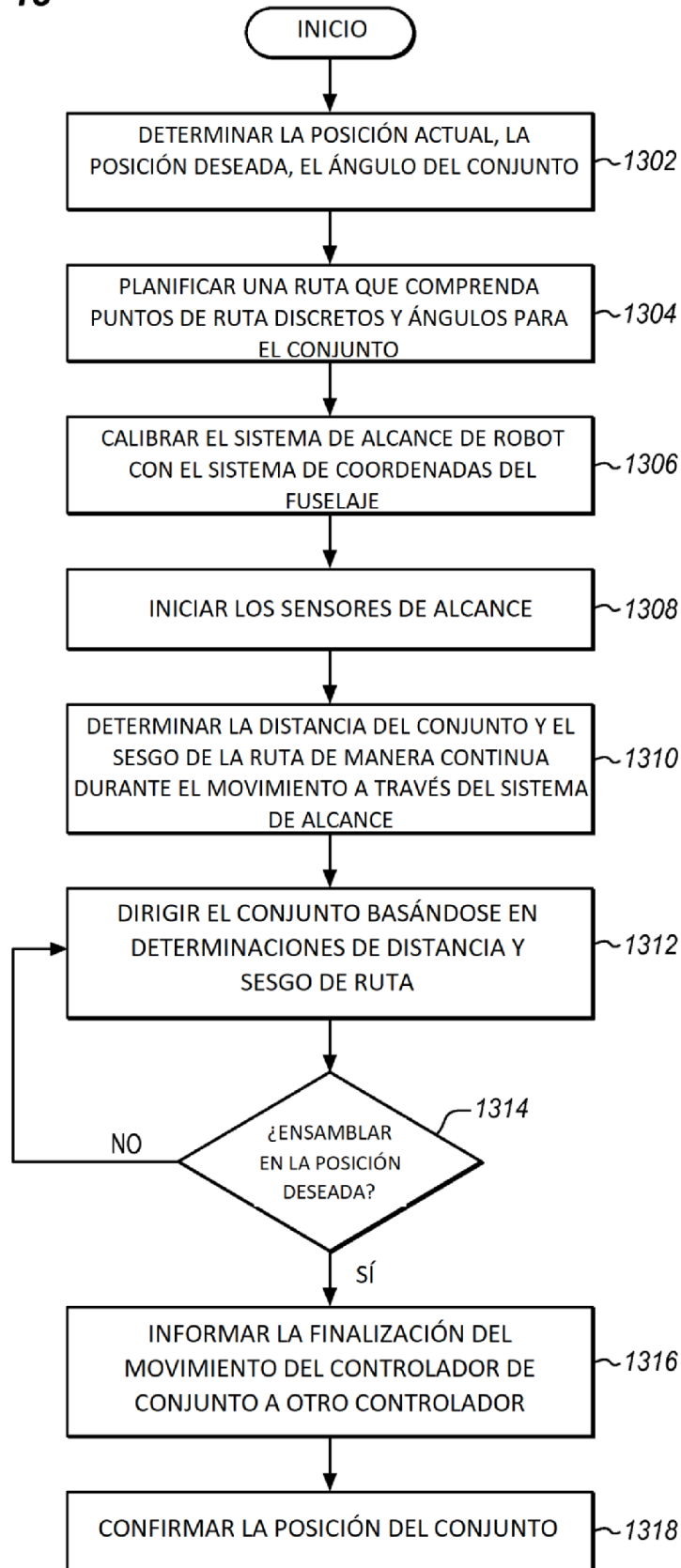


FIG. 14

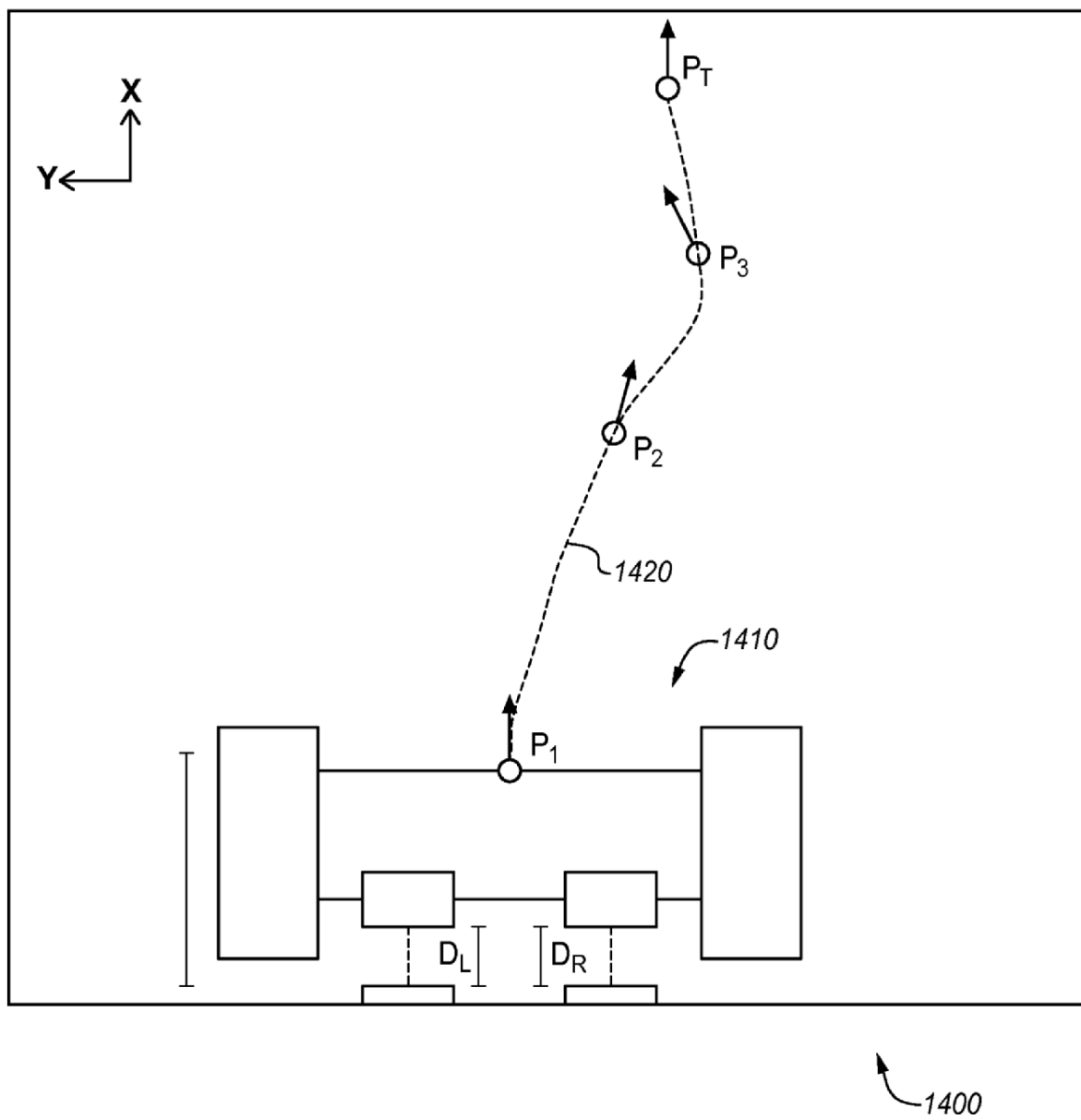


FIG. 15

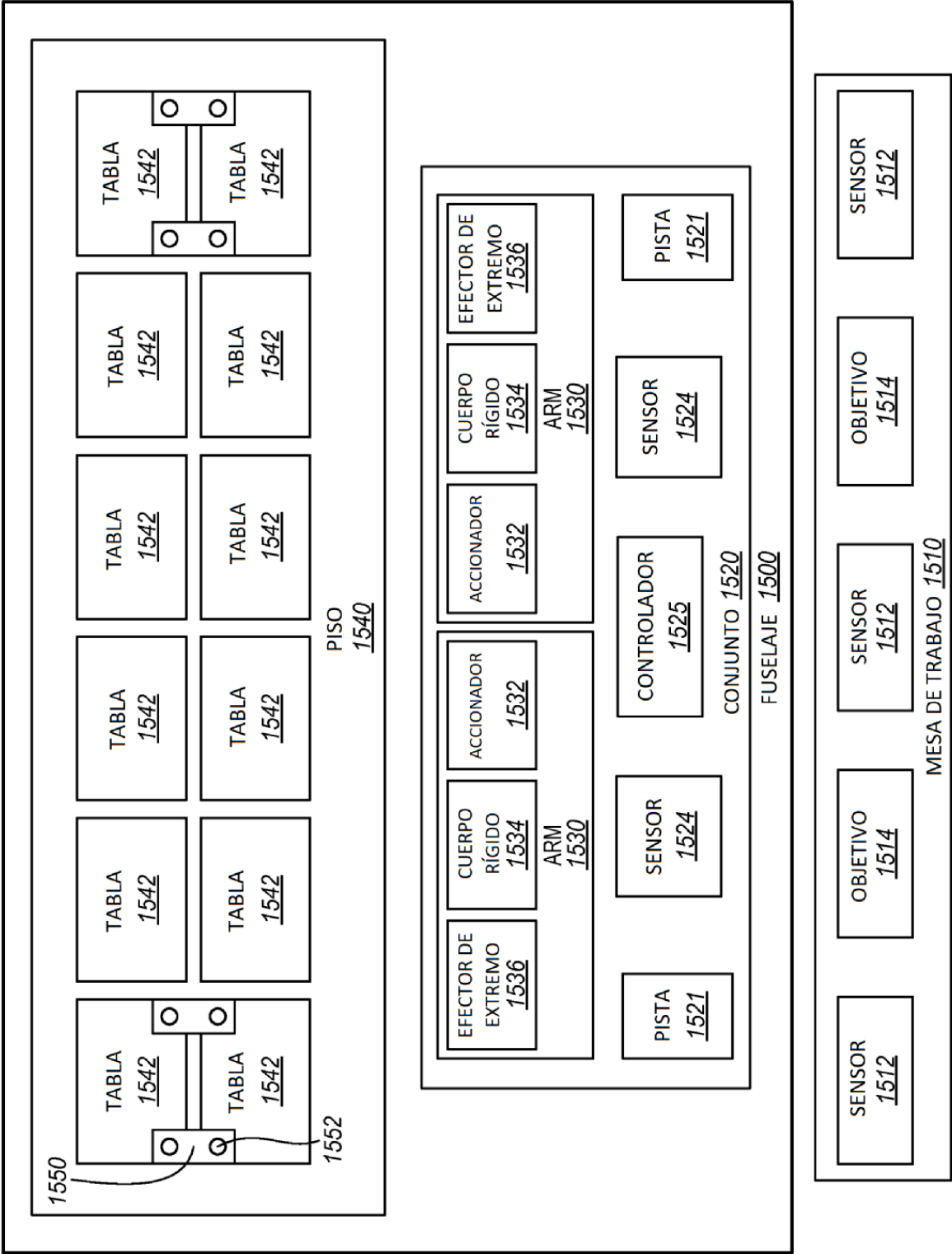


FIG. 16

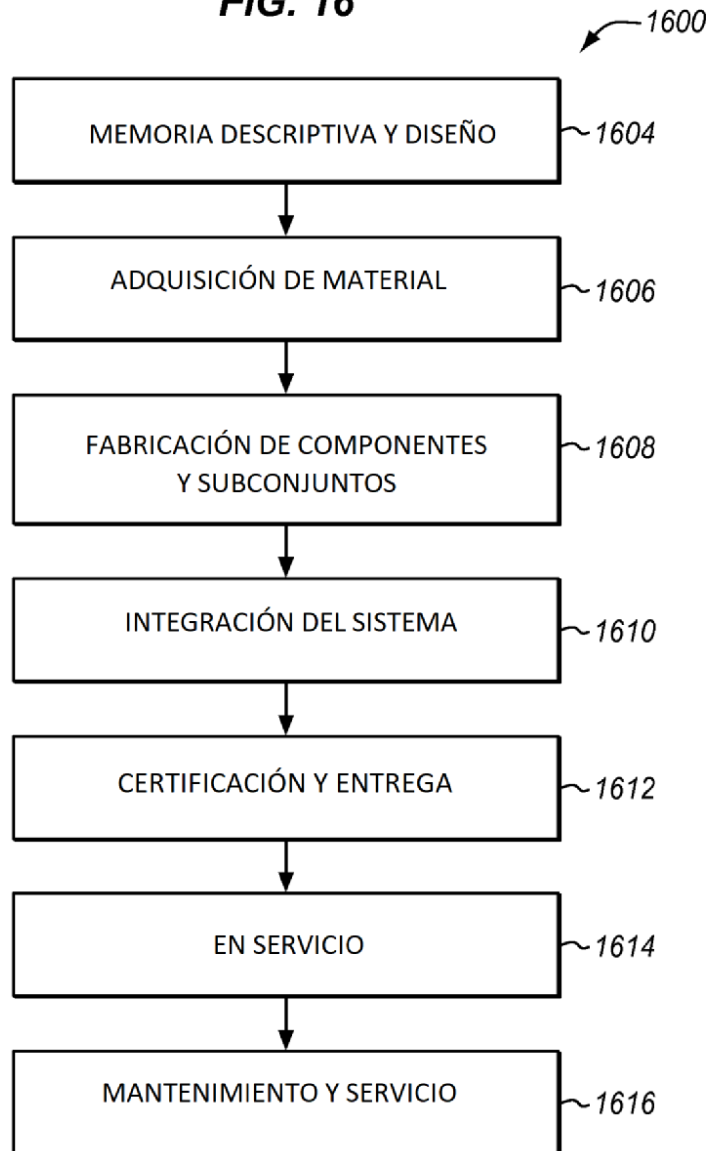


FIG. 17

