



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 429**

51 Int. Cl.:
B62D 51/06 (2006.01)
B62D 57/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06734798 .9**
96 Fecha de presentación : **09.02.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1885595**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.02.2008**

54 Título: **Aparato de plataforma para subir escaleras.**

30 Prioridad: **22.02.2005 US 63497**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.05.2011

73 Titular/es: **GAMMA TWO, Inc.**
1185 Huron Street
Denver, Colorado 80223, US

72 Inventor/es: **Gunderson, Louise;**
Brown, Christian y
Gunderson, James, P.

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 359 429 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

Aparato de plataforma para subir escaleras.

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención hace referencia, en general, a vehículos y más particularmente a un vehículo de plataforma que puede salvar obstáculos tales como escaleras.

Descripción del arte relacionado

10 Actualmente, existen requerimientos cada vez más complejos de sistemas robóticos que desarrollen su actividad fuera de una planta de fábrica moderna. Un problema importante, en la actualidad, consiste en que las plataformas con ruedas presentan dificultades para moverse sobre terrenos irregulares y atravesar obstáculos. Aunque se han realizado trabajos importantes en robots bípedos o de varias patas, estos sistemas normalmente tienen unos requerimientos de potencia mucho más elevados que las plataformas con ruedas. Las plataformas con ruedas son quizás los mecanismos más eficientes para moverse sobre cualquier superficie. Las plataformas con patas requieren de una potencia para mover la plataforma de manera horizontal sobre la superficie, y también requieren de una potencia adicional tanto para soportar la plataforma como para elevar y mover las patas en sí. La rueda proporciona un soporte pasivo para la carga, anulando la necesidad de la potencia requerida para la elevación de la plataforma. Sin embargo, las ruedas sólo son eficientes si la superficie sobre la cual se desplazan es plana y relativamente lisa, y las ruedas fallan si hay obstáculos verticales o se presentan vacíos considerables en la superficie. Por lo tanto, las ruedas han demostrado su valor en ambientes cuidadosamente diseñados, y han fallado en dominios más complejos.

15 Tales terrenos irregulares pueden incluir discontinuidades verticales, peldaños y escaleras, y situaciones donde dichas superficies están cubiertas potencialmente con una variedad de obstáculos. Por ejemplo, si una rueda tradicional se acerca a un bordillo de la superficie de la vía, el bordillo podría presentar un obstáculo vertical, sobre el cual la rueda debería trepar. Dado que la única fuerza motriz en la rueda es el movimiento de giro hacia adelante, la geometría de la rueda y el bordillo tiene que convertir el movimiento hacia adelante en movimiento ascendente, y elevar así el centro de masa de la rueda. Si el radio de la rueda es lo suficientemente grande con respecto al bordillo, esta transferencia de energía es relativamente suave y efectiva. Sin embargo, a medida que el radio de la rueda se va acercando más a la altura del bordillo, la transferencia de energía se vuelve menos efectiva, hasta que la rueda no logra superar los obstáculos que exceden su radio.

20 Actualmente no existe ningún mecanismo que proporcione soporte pasivo en general para una plataforma a la cual dicho soporte esté acoplado, que proporcione potencia para el movimiento sobre superficies y pueda proporcionar movimiento sobre una gran variedad de superficies, incluyendo aquellas que se encuentran en terrenos irregulares, ambientes urbanos, en interiores, y entornos irregulares o de desarrollo parcial.

25 El documento US 5492390, que forma la parte de la pre-caracterización de la reivindicación 1, revela una rueda de geometría variable donde cada radio está conectado a un reborde flexible. Mientras que el reborde tiene una circunferencia fija, la forma de la rueda puede alterarse mediante el cambio continuo de las longitudes de las barras del pistón a medida que la rueda gira. De hecho, el "sistema sensor" revelado sólo se utiliza para determinar la posición y longitud actual de cada una de las barras del pistón de modo tal que un ordenador puede calcular la tasa de extensión/retracción requerida para cada barra del pistón dada una forma de rueda y velocidad de rotación deseadas. Además, este documento revela que la forma de la rueda se selecciona de manera manual (por ejemplo, por el conductor de un vehículo) o de forma automática en respuesta a las condiciones del suelo (por ejemplo, redonda para el pavimento y oval para condiciones arenosas). Por lo tanto, el arte citado no revela ni expone la utilización de sensores de obstáculos, ni la extensión resultante de uno o más radios para salvar tales obstáculos.

Resumen de la invención

35 Con este escenario se han desarrollado las realizaciones de la presente invención. Una realización de la presente invención es un aparato de plataforma con ruedas que incorpora una configuración de rueda inteligente para cada rueda, en la cual cada rueda puede cambiar de forma dinámica su radio para salvar diferentes obstáculos. La rueda inteligente tiene un buje giratorio preferentemente sujeto a un disco de soporte que tiene una serie de mecanismos de radios extensibles de soporte de carga, alrededor del buje que pueden extenderse de manera controlable y retraerse de forma radial en respuesta a la superficie del terreno anticipada sobre la cual se desplazará la rueda. El buje de la plataforma con ruedas porta un microcontrolador, sensores de posición, preferentemente una serie de sensores de proximidad de obstáculos y sensores de fuerza, y un suministro apropiado de energía eléctrica para la operación de los mecanismos de radios y componentes de control.

5 El buje funciona como punto de montaje para la rueda inteligente y, en una realización, un disco sujetado al buje proporciona apoyo estructural para los otros componentes tales como por ejemplo cada mecanismo de rueda retráctil incluyendo un sensor de proximidad, sensor de distancia y detector de fuerza para cada radio. La parte central del buje está conectada mecánicamente, de manera preferente, a un eje motriz para proporcionar fuerza motriz rotativa para el vehículo de plataforma. Además del mecanismo de acoplamiento, la parte central del buje puede proporcionar de manera opcional una conexión eléctrica desde una fuente de alimentación montada sobre la plataforma del vehículo para proporcionar energía eléctrica a los componentes eléctricos montados en el buje. En la rueda inteligente conforme a una realización de la presente invención, los radios son activos. Estos radios activos se extienden y retraen en respuesta a las señales de fuerza, distancia y posición de los diferentes sensores conectados con cada mecanismo de radio. Estos mecanismos de radios están controlados por un microprocesador automatizado o sistema de control por microcontrolador que puede montarse en la propia rueda o plataforma del vehículo. Esto permite que la rueda se adapte y franquee obstáculos y huecos en la superficie sobre la cual se desplaza.

15 Estas y otras características, ventajas y objetos de la invención serán evidentes a partir de la lectura de la siguiente descripción detallada considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva de una realización de una rueda conforme a la presente invención, con todos los radios extendidos con fines ilustrativos.

La figura 2 es una vista lateral representativa simplificada de la rueda que se muestra en la figura 1.

20 La figura 3 es una vista en perspectiva separada de un mecanismo de radios a modo de ejemplo para la rueda que se muestra en la figura 1.

La figura 4 es una vista lateral parcial ampliada de uno de los mecanismo montados en la rueda que se muestra en la figura 1.

La figura 5 es un diagrama de bloques del controlador de la rueda conforme a la presente invención.

25 La figura 6 es una representación operativa esquemática de una rueda conforme a la presente invención.

La figura 7 es una representación de la rueda que se muestra en la figura 6 cuando se acerca a un escalón.

La figura 8 es una representación de la rueda que se muestra en la figura 6 después de subir el escalón que se muestra en la figura 7.

30 La figura 9 es una representación operativa esquemática de una rueda como en la figura 6 cuando la rueda se acerca a un escalón hacia abajo.

La figura 10 es un diagrama de flujo de control operativo para el controlador cuando se encuentra controlando el posicionamiento de un radio de soporte de carga en el punto muerto inferior.

La figura 11 es un diagrama de flujo de control operativo para el controlador cuando se encuentra controlando el posicionamiento de un radio que se acerca al punto muerto inferior.

35 Descripción detallada de la invención

Una rueda inteligente 100 conforme a una realización de la presente invención se muestra en las figuras 1-9. Con referencia a la figura 1, esta rueda 100 tiene una parte de soporte, en general con forma de disco 102, un buje central 104 en el centro de la parte de soporte 102 y una serie de mecanismos de radios radiales 106 sujetos a la parte de disco 102 y posicionados a espacios iguales alrededor del buje central 104. Los mecanismos de radios 106 se controlan de manera dinámica mediante un controlador que controla la extensión del radio o radios 108 que soportan el buje 104 en cualquier punto dado, de modo tal que se incrementa o reduce efectivamente el radio de la rueda, incrementando o reduciendo, de este modo, el centro de masa de la rueda 100 y su carga a medida que se aproxima a y se encuentra con un obstáculo o cambio en la superficie 110 sobre la cual se desplaza. Además, el radio o radios adyacentes 108, que rotan en forma descendente hacia el obstáculo, pueden extenderse, como se muestra en la figura 7, de modo tal que proporcionen un punto de agarre para la rueda 100 sobre el obstáculo, en este caso, un escalón.

En el caso de un obstáculo sobre la superficie de desplazamiento 110, esta combinación de movimientos se traduce, en el giro de la rueda 100, en una fuerza vertical ascendente que eleva la rueda 110 sobre/por encima del obstáculo. Esta secuencia se refleja en las figuras 7 y 8, que se discuten con más detalle más adelante. Así, los radios ajustables 108 actúan en dos formas diferentes para permitir que la rueda ascienda sobre obstáculos verticales: 1) el/los radio(s) de soporte de carga se extienden para elevar el centro de la rueda; y 2) los radios guía (véanse los radios guía en la figura 8) pueden extenderse sobre el obstáculo de modo tal que el giro continuo de la rueda 100 haga que la rueda 108 actúe como brazo de palanca y eleve la rueda 100. Si el obstáculo toma la forma de un espacio hueco en la superficie (ya sea un orificio, o un descenso, por ejemplo, escalones hacia abajo), el radio 108 funciona, de manera análoga, tanto para soportar el buje 104 como para hacer descender la rueda 100 sobre la nueva elevación de la superficie de desplazamiento 110. Esta secuencia se refleja en la figura 9.

Existen tres clases de sensores posicionados ya sea en cada uno de los mecanismos de radios 106 o espaciados alrededor del buje 104. Un grupo detecta la presencia de obstáculos verticales y espacios huecos, es decir, sensores de proximidad o distancia, y el segundo detecta la orientación del buje 104, de modo tal que el sistema de control pueda detectar qué radios están en la parte superior, y cuáles están en la parte inferior, en el punto muerto inferior (BDC, por sus siglas en inglés), y detectar el ángulo con respecto al BDC de cada radio 108. La tercera clase de sensores son sensores de fuerza que detectan tanto las fuerzas longitudinales (a lo largo del eje de los radios 108) como laterales (fuerzas laterales en los extremos de los radios) en los radios 108. Mientras que en muchas aplicaciones puede ser posible utilizar sensores externos (sensores montados en la plataforma de movilidad), esto requeriría que los flujos de datos o flujos de control se transmitieran desde la plataforma a la rueda que gira. Para reducir las necesidades de comunicaciones, y para reducir la latencia de sensores, en esta realización de la presente invención, la rueda inteligente 100 tiene sensores dedicados montados en el buje 104 para proporcionar datos en tiempo real sobre espacios huecos y obstáculos verticales a los cuales pueden estar acercándose los radios actuales 108.

Sensores de posición

Los sensores de posición pueden ser simples detectores de obstáculos (sólo información sobre presencia o ausencia de obstáculos), o bien sensores de determinación de distancia, que proporcionan información de distancia. Preferentemente, éstos son sensores de determinación de distancia, de modo tal que el sistema de control puede anticipar el tiempo de acercamiento de la rueda 100 al obstáculo o discontinuidad en la superficie del recorrido 110 con precisión. Finalmente, puede utilizarse cualquiera de un número de tecnologías de sensores, incluyendo sensores infrarrojos, sonar, láser y/o capacitivos, en los extremos de los radios. Siempre que los sensores sean, preferentemente, capaces de responder a la presencia de un obstáculo vertical dentro de una distancia de aproximadamente dos radios de la rueda 100, y detectar espacios huecos directamente delante de uno o más radios descendentes, es decir, al menos el radio inmediatamente delante del radio en el BDC, se anticipa que habrá suficiente información para que la rueda 100 reaccione ante los cambios del terreno.

Sensores angulares de orientación

Los sensores de orientación proporcionan al sistema de control de la rueda inteligente información sobre qué radios 108 apuntan hacia la parte inferior, y cuáles hacia la parte superior. Esto es necesario para reducir el exceso de consumo de energía provocado por la extensión y retracción innecesarias de los radios. Sólo los radios que rotan a posiciones de soporte necesitan ajustarse a la extensión apropiada. Como se muestra en la figura 6, esa es la porción de la rueda a posicionar con aproximadamente 120 grados de giro. Los que se muestran en la parte restante de la rueda pueden dejarse tal como están, lo cual reduce el consumo energético. Para hacer esta función, los controladores de la rueda 500 necesitan poder detectar la orientación actual de la rueda 100, y a partir de ello identificar los radios activos 108.

Sensores de fuerza

La última clase de sensores proporcionan información sobre las fuerzas que experimenta cada radio en el momento. Esta información es utilizada por el controlador de rueda inteligente para evaluar la respuesta correcta necesaria para que la rueda 100 continúe en movimiento. Por ejemplo, durante el ascenso sobre el bordillo, el radio guía puede extenderse sobre la parte superior del bordillo para actuar como una palanca y asistir en la elevación de la rueda sobre el obstáculo, como se muestra en la figura 8. Esto producirá fuerzas laterales sobre la rueda 108, que pueden detectarse e integrarse con las fuerzas de elevación sobre los otros radios (por ejemplo, uno en BDC) para elevar la rueda 100 correctamente y sin problemas hacia arriba y sobre el bordillo o peldaño.

Microcontrolador y software

Debido a la información de los sensores, y la capacidad de extensión y retracción de los radios ajustables 108, es necesario un sistema de control para conectar todo en conjunto. El componente final de la rueda inteligente 100 es un microcontrolador y su software asociado. Un diagrama de bloque de un sistema de control 500 a modo de

ejemplo se muestra en la figura 5. Hay una serie de microcontroladores robustos que son compatibles tanto con el ancho de banda de datos de entrada de los sensores como con los flujos de datos de señales de control requeridos para los radios. La función principal del microcontrolador es detectar discontinuidades verticales próximas y configurar la geometría variable para "allanar" el recorrido.

5 El sistema controlador 500 es un sistema de controlador/sensor activo que puede adaptar la forma efectiva de la rueda para conformarse al terreno que se recorre de manera reactiva. Este sistema 500 permite que los radios 108 de la rueda inteligente 100 actúen como palancas y eleven la rueda 100 cuando atraviesa obstáculos y suba y baje escaleras. También está diseñado para atravesar de manera eficiente superficies lisas como vías, pisos y aceras, que pueden estar reconfigurados para proporcionar un recorrido de alta tracción de terrenos desiguales y
10 obstáculos.

Uno de los mecanismos de radios 106 se muestra por separado en la figura 3. El mecanismo de radios 106 incluye un motor de pasos 302 que lleva un radio 108 en forma de tornillo de avance principal. El radio 108 tiene un pie con forma de bola 304 hecho de un material de alta fricción tal como goma o un material plástico resiliente. Este pie 304 también puede incorporar dentro de él un sensor de fuerza. El motor de pasos 302 se sujeta a una placa base 306 que a su vez se sujeta a la parte de soporte 102. La placa base 306 tiene tres pares de sensores de posición 308, 310 y 312. Los sensores de posición 308 detectan cuando el radio 108 está completamente retraído. Los sensores de posición 310 detectan cuando el radio 108 está en una posición intermedia, y los sensores de posición 312 detectan cuando el radio 108 está completamente extendido. Dado que esta realización utiliza un sistema de tornillo de avance y radio impulsados por un motor de pasos, los sensores 308, 310 y 312 pueden eliminarse de manera alternativa si la fiabilidad en el controlador se deposita exclusivamente en la posición del motor de pasos. Los mecanismos de radios 106 están diseñados para proporcionar el soporte físico pasivo de la rueda 100 y la capacidad de extensión y retracción para alterar la geometría de la rueda 100. El soporte es preferentemente pasivo (por ejemplo, no se requiere un consumo de energía para mantener la extensión del radio) para minimizar el consumo de energía. La presente realización 106 que se muestra utiliza tornillos de avance electromecánicos para
15 el mecanismo de extensión. Sin embargo, podrían reemplazarse por actuadores hidráulicos, actuadores neumáticos o cualquier sistema que no requiera energía para mantener la posición.

Los mecanismos de radios 106, que se muestran separados de manera esquemática en las figuras 3 y 4, se encuentran montados y espaciados a igual distancia alrededor de la circunferencia del buje 104, con el eje de cada rueda 108 alineado radialmente al centro del buje 104. Por lo tanto, cualquier extensión o retracción del radio tiene el efecto de alterar el radio de la rueda 100. En una implementación preferente, la extensión del radio 108 se logra mediante el giro de una tuerca con un motor de pasos 302, controlado por el microcontrolador. La extensión total del radio puede acercarse al diámetro del buje, ofreciendo la capacidad de cambiar el radio de la rueda más de un 200%. En tal configuración, los ensamblajes de radios opuestos 106 (en superficies opuestas de la rueda circular 100) tendrían que estar necesariamente un poco desviados para no interferir unos con otros (oclusión) cuando ambos están retraídos. Este desvío puede ser para cualquier lado del centro de la rueda o puede ser en planos paralelos diferentes a lo largo del eje Z de la rueda. Una ventaja de tal configuración es que daría a la rueda 100 una mayor superficie de contacto, o superficie de apoyo, lo cual puede ayudar a la estabilidad de la rueda y el vehículo.

Los radios 108 y el mecanismo impulsor 302 se montan en el disco de soporte 102 a través de un par de placas superficiales intermedias 402 y 404 que se muestran en la figura 4. Las placas superficiales intermedias 402 permiten una pequeña cantidad de recorrido axial (radial) resistido por un resorte. Este sistema está diseñado para permitir que todo el radio 108 y el mecanismo de motor de accionamiento 302 sean forzados radialmente hacia adentro en respuesta a una carga axial, y regresen a su posición normal cuando la carga sea eliminada.

Esta superficie intermedia 401 a su vez se monta en una segunda placa superficial intermedia 404 que permite un movimiento lateral o tangencial pequeño en respuesta a una fuerza tangencial aplicada al radio 108. Una vez más, los resortes producen un regreso a la posición de descanso cuando la fuerza tangencial es eliminada. Esta placa superficial intermedia final 404 completa los componentes mecánicos del mecanismo de radio 106 y la placa base 306 se monta directamente en la parte de soporte 102 de la rueda 100. Las fuerzas en estas dos placas intermedias 402 y 404 son transmitidas al controlador para su utilización en la compensación dinámica para diferentes movimientos de la rueda 100. Estos sensores proporcionan datos sobre el estado de la rueda y sus subcomponentes al microcontrolador. Puede utilizarse un solo sensor de posición para detectar el pequeño cambio radial provocado por la fuerza radialmente hacia adentro, y puede utilizarse dos sensores de posición para detectar el pequeño desplazamiento provocado por las fuerzas laterales en el radio 108 (uno para la fuerza en el sentido de las agujas del reloj, y uno para el sentido contrario a las agujas del reloj). De manera alternativa, puede utilizarse una sola placa base resiliente, que proporciona un pequeño desplazamiento en respuesta a las fuerzas aplicadas en
45 dirección radial o lateral, con los mismos sensores para proporcionar información sobre las fuerzas al controlador.

Hay sensores de obstáculos asociados con cada radio 108. Una representación esquemática del posicionamiento de los sensores se muestra en la figura 2. Cada mecanismo de radio 106 tiene asociado a él un sensor de proximidad que detecta obstáculos en el recorrido al que se dirige 120. Estos sensores se utilizan generalmente para detectar discontinuidades verticales positivas o negativas en la región directamente delante del radio asociado 108. Esta

información permite al microcontrolador extender el radio 108 para proporcionar apoyo sobre un vacío en la superficie 110, o para proporcionar elevación para subir sobre un peldaño o bordillo. Preferentemente, estos sensores son sensores de determinación de distancia infrarrojos (IR) activos; sin embargo, puede utilizarse cualquiera de una serie de tecnologías equivalentes. Se utiliza un sensor de orientación (no se muestra) para determinar cuáles de los radios 108 están abajo y cuáles arriba. Esta información se utiliza para evaluar qué radios necesitan extenderse o retraerse para superar los obstáculos actuales en el recorrido de la rueda. Más preferentemente, el o los sensores de orientación de rueda pueden acoplarse directamente al eje motriz para proporcionar la posición angular de la rueda 100 y por lo tanto la orientación específica de cada radio 108 al sistema de control 500.

El sistema de control 500 se muestra en un diagrama de bloque en la figura 5. El sistema 500 incluye un controlador 502, un módulo de entrada/salida 504, un microprocesador 506, una memoria 508 y suficientes líneas de Entrada/Salida (E/S) 510 para soportar los diferentes sensores de posición, orientación, fuerza y direccionales y los motores de mecanismos de radios 302 en los mecanismos de radios 106 espaciados alrededor del buje de la rueda 104. Además, puede proporcionarse una fuente de alimentación 512 necesaria o puede suministrarse energía a partir de la potencia de transmisión del vehículo (no se muestra). El controlador 502 puede ser preprogramado, tal como un Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés), o puede ser cualquiera de una serie de controladores programables simples.

La rueda 100 conforme a la realización ilustrada de la invención se muestra de forma esquemática en una vista lateral sobre la superficie de recorrido 110 en la figura 6, y en movimiento en una dirección que se indica con una flecha 600. El sistema de control 500 percibe los sensores y mecanismos de radios 106 que se encuentran en la zona sombreada 602 como activos. Esta zona activa normalmente se extiende desde aproximadamente la horizontal en la dirección de recorrido de las agujas del reloj por un ángulo de aproximadamente de 145 a 160 grados. Este ángulo puede modificarse hasta tan sólo 45 grados en algunas aplicaciones. Sin embargo, para anticipar obstáculos como escaleras, un ángulo de zona activa de al menos 90 grados se considera necesario. Los mecanismos 106 en la zona activa 602 proporcionan información al sistema de control 500 en forma continua. Los mecanismos que se encuentran en la zona inactiva, o zona no sombreada 604, se retraen y sus sensores no proporcionan datos al sistema de control 500.

Atravesar terreno nivelado es el comportamiento preestablecido de la rueda 100. En esta condición, todos los radios 108 se retraen y la rueda 100 rota sobre la superficie 110 como una rueda normal. En la vista simplificada de la figura 6, se muestran ocho mecanismos de radios 106 con radios 108 y sensores asociados. El radio 108 en el punto muerto inferior, es decir, que soporta el peso, se designa "BDC" (por sus siglas en inglés). El mecanismo de radio inmediatamente adyacente en la dirección del recorrido 600 se designa BDC-1, y el siguiente mecanismo de radio 106 adyacente se designa BDC-2. A medida que la rueda 100 gira, esta secuencia de designación cambia al siguiente grupo de mecanismos de radios que entran en la zona activa 602.

Los radios comienzan en su posición retraída "de descanso" como en la figura 6. A medida que la rueda 100 gira, un radio tras otro entra en la zona activa (aquellos radios abarcados por aproximadamente 150°) desde horizontalmente delante del buje por un ángulo de aproximadamente 60° detrás del buje. Los sensores de radios guías primero tratan de detectar un obstáculo positivo, o una fuerza lateral ascendente sobre el radio 108. En un terreno nivelado, no se detecta ninguna de estas fuerzas. Cuando el radio gira hasta justo antes del punto muerto inferior de la posición vertical, el sensor axial se explora en búsqueda de la fuerza hacia adentro esperada. Cuando se detecta, el radio se deja en estado retraído, y no se requiere mayor procesamiento. Esto proporciona una geometría de rueda que es un círculo de radio mínimo eficiente, y sólo se gasta energía en los sensores.

Ahora nos referimos a las figuras 7 y 8. El comportamiento asociado con ascender por un terreno desnivelado es puramente reactivo. Cada rueda 100 acoplada a la plataforma de movilidad (no se muestra) es responsable de detectar el recorrido delante de ella, a través de los sensores asociados con cada mecanismo de radio 106, y reaccionar ante cualquier obstáculo detectado mediante la extensión o retracción del radio 108 apropiado. El campo de visión del sensor está representado por áreas sombreadas 802 mostradas en las figuras 8 y 9. El modelo de comportamiento es similar al del terreno nivelado, salvo cuando la rueda se acerca a un obstáculo (digamos un bordillo que debe superarse), los sensores asociados con el radio 108 que ingresan en la zona activa 602 detectan el obstáculo, en este caso la superficie 110 es una serie de peldaños de escalera 710. En base a la orientación actual de la rueda 100 en el momento en que se detecta el obstáculo (BDC-2), el sistema de control 500 puede calcular la altura del bordillo, o el primer escalón. Utilizando esta información, el microcontrolador 502 comienza a extender la serie de radios 108 desde el comienzo de la zona activa 602 hasta el radio de soporte de peso actual 108. Este es el radio 108 en el punto muerto inferior en las figuras 6 y 7 y 8. Estos radios 108 que todavía no están en contacto con la superficie 710, es decir BDC-1 y BDC-2, se extienden de manera secuencial como se muestra para soportar el peso de la rueda 100 con radios cada vez un poco mayores, de hecho creando una superficie o rampa virtual 720 que la circunferencia externa 101 de la rueda 100 seguirá de manera efectiva cuando la rueda se eleve a la altura necesaria para ascender a la superficie superior. El centro de la rueda 100 seguirá un recorrido paralelo a la superficie virtual que se muestra. A medida que los radios rotan fuera de la zona activa 602, se retraen a la posición de descanso, preparados para extenderse nuevamente cuando sea necesario.

El descenso, que se muestra en la figura 9, es básicamente el proceso inverso al ascenso. Sin embargo, los sensores asociados con los radios que soportan la carga controlan los cambios en la geometría. A medida que el radio 108 se balancea hacia el rol de soporte en el punto muerto inferior, los sensores detectarán un vacío inmediatamente en frente de (o debajo de) el radio (BDC-1) 108 guía. Esta condición hace que el microcontrolador 502 extienda el radio en el BDC-1 hasta que se encuentre una superficie (utilizando los sensores de fuerza). Utilizando esta información, y datos de los radios 108 que se balancean a la posición, el microcontrolador 502 puede calcular una superficie efectiva que bajará la rueda 100 sin problemas a la nueva parte de la superficie 110 del recorrido. Además, cuando un radio 108 se convierte en el que soporta la carga, el microcontrolador puede comenzar el proceso de retracción del radio, descendiendo así la rueda 100 al nuevo nivel anticipado.

Un diagrama de flujo de control 1000 para la rueda 100 en BDC+1 se muestra en la figura 10. Este proceso se realiza de manera secuencial mediante el sistema de control 500 para cada mecanismo de radio 106 a medida que cada uno gira en una posición inmediatamente después de soportar peso, es decir, una posición BDC+1. Debe entenderse que el sistema de control 500 es un sistema reactivo continuo de detección-plan-acción. Como tal, monitorea continuamente el ambiente detectado. Sin embargo, con el propósito de capturar el flujo de control, se utiliza en la presente un desplazamiento angular mínimo aproximado "e" (épsilon). Esta épsilon depende de la geometría de la rueda 100, y radios 108, al igual que la velocidad del sistema computacional en el controlador de microprocesador 502 y la velocidad giratoria del sistema motriz de la plataforma. Estas cantidades físicas que dependen de la implementación determinarán la reactividad de todo el sistema, y esto define el término épsilon. En general, este bucle de control debe ejecutarse con una frecuencia mínima de 300 veces por cada revolución completa de la rueda 100. Otro término que se utiliza es "delta". El término delta se utiliza para reducir los efectos de la incertidumbre del sensor y variación de superficie en la operación de la rueda. Depende de ambos tipos de sensores y los ambientes en los que la rueda 100 se despliega. Con sensores de ruido bajo y superficies lisas limpias, el término delta puede ser muy pequeño. Sin embargo, a medida que aumenta la incertidumbre de los sensores o a media que el ambiente se vuelve más irregular, el término delta debe ser mayor para reducir cambios innecesarios en las longitudes de radios.

El control comienza en la operación 1002 donde el controlador 500 ingresa un modo de funcionamiento.

El control se transfiere a la operación 1004. En la operación 1004 el motor de accionamiento de la rueda inteligente 100 detecta el giro del eje por una épsilon de cantidad predeterminada. Cuando se detecta ese cambio de posición el control se transfiere a la operación de escaneo 1006.

En la operación de escaneo 1006, los sensores asociados con el mecanismo 106 en la posición BCD +1, la posición BDC y la posición inmediatamente anterior al BDC (BDC-1) se escanean y se proporcionan datos al microprocesador 502. El control se transfiere a la operación de consulta 1008.

En la operación de consulta 1008, los datos de distancia para los mecanismos de radios en BCD +1, BCD y BCD -1 se comparan para determinar si la superficie 110 detectada es plana. Los cálculos son los siguientes:

```

FLAT(S1, S2, S3) :=
  (abs(S1-S2) < delta) &&
  (abs(S2-S3) < delta) &&
  (abs(S1-S3) < delta) &&
  (abs(2*S2-S1-S3) < delta)

```

en donde S1 es el radio en BDC+1

S2 es el radio en BDC

S3 es el radio en BDC-1

Si la superficie detectada es plana, el control se transfiere a la operación de consulta 1010. En cambio, si la superficie detectada 110 no es plana, el control se transfiere a la operación de consulta 1014.

En la operación de consulta 1010, se realiza la consulta del mecanismo 106 en BDC-1 para ver si el radio 108 está extendido. Si el radio no está extendido, ésta es la posición correcta del radio para el terreno plano, por lo tanto el control pasa a otra operación épsilon 1004 para girar la rueda 100. Sin embargo, si, por alguna razón, el radio está extendido, el mecanismo de radio en BDC-1 se retrae en la operación 1012. El control pasa la operación de giro épsilon 1004.

Si la superficie detectada 110 no es plana y el control pasa de la operación de consulta 1008 a la operación de consulta 1014, la dirección de la inclinación se determina mediante una comparación de las señales de BDC y BDC-1. Si la inclinación es positiva, o ascendente, el control pasa a la operación 1016. Si la inclinación es negativa, o descendente, el control pasa a la operación 1018. El cálculo de la dirección de inclinación en la operación 1014 se determina de la siguiente manera:

5

Inclinación (S1, S2) :=

$(S1 - S2) < \text{delta} \Rightarrow \text{Descendente}$

$(S1 - S2) > \text{delta} \Rightarrow \text{Ascendente}$

donde S1 es la superficie (sensor BDC + 1) = $\cos(\text{theta}-32) * \text{lectura}$

10 donde S2 es la superficie (sensor BDC) = $\cos(\text{theta}) * \text{lectura}$

donde S3 es la superficie (sensor BDC - 1) = $\cos(\text{theta}) * \text{lectura}$

y donde "lectura" es la distancia bruta desde el sensor y "theta" es la separación angular entre el eje del radio BDC y el punto en la superficie directamente debajo del centro de giro de la rueda.

15 En la operación 1016, la superficie virtual "ascendente" para la pata siguiente (BDC-1) se calcula según la fórmula: SuperficieVirtual(BDC-1) = (Superficie(BDC+1) + Superficie (BDC))/2. El control se transfiere a la operación 1018 que se discute a continuación.

Si la inclinación es hacia abajo, no se necesita un nuevo cálculo de la superficie virtual, pero se necesita el cálculo de una extensión de pata. El control se transfiere a la operación 1018. Aquí la longitud de pata para el mecanismo de radio 106 en BDC-1 se calcula mediante la fórmula:

20 $\text{LongitudPata}(\text{BDC}-1) = \text{SuperficieVirtual}(\text{BDC}-1) + \text{Extensión}(\text{BDC})$

El control se transfiere a la operación 1020. En la operación 1020, el mecanismo de radio 106 en la posición BDC-1 se ajusta como corresponda. El control se transfiere a nuevamente a la operación de giro épsilon 1004 y el proceso se repite.

25 Además, para el mecanismo de radio 106 en la posición BDC, el flujo de control es como se muestra en la figura 11. El flujo de control 1100 se aplica a cualquier mecanismo de radio 106 que se convierta en el soporte de peso en BDC. Las operaciones comienzan nuevamente en la operación 1002 donde se entra al modo de funcionamiento. El control transfiere a operación 1102 donde la rueda 100 se rota por épsilon. El control se transfiere a la operación de escaneo 1104. En la operación de escaneo 1104 cada uno de los grupos de sensores para los mecanismos de radios actualmente en BDC+ 1, BDC-1 y BDC-2 se escanean para conocer sus señales de datos de salida. El control se transfiere a la operación 1106 donde se calcula una superficie virtual en BDC. Por lo tanto, la superficie virtual puede verse como: SuperficieVirtual(BDC) = SUPERFICIE(BDC+1) - SUPERFICIE(BDC-1).

30

El control se transfiere a la operación 1108 en la cual determina si la superficie en BDC es plana. Si lo es, el control se transfiere de nuevo a la operación de giro épsilon 1102. Si no es plana, el control transfiere a operación de consulta 1110.

35 En la operación de consulta 1110, se realiza la consulta para determinar si la inclinación es cero, ascendente (positiva) o descendente (negativa). En otras palabras, si la discontinuidad en la superficie de recorrido es un ascenso o una caída. Si la inclinación es ascendente, el control se transfiere a la operación de consulta 1112. Si la inclinación es cero, es decir, la superficie es plana, el control se transfiere a la operación 1116. Si la inclinación es descendente, el control se transfiere a la operación de consulta 1114.

40 En la operación de consulta 1112, se realiza la consulta para determinar si el mecanismo de radio 106 en BDC es extensible, es decir, si puede extenderse más. Si lo es, el control se transfiere a la operación 1120 donde la pata se extiende aproximadamente la mitad de la distancia de la superficie a la posición del extremo actual. El control pasa después a la operación 1122.

45 En la operación de consulta 1114, si la inclinación es hacia abajo, se realiza la consulta para determinar si el mecanismo de radio en BDC es retráctil, es decir, si hay espacio para una mayor retracción del radio 108. Si lo es, el control pasa a la operación 1118 donde la pata se retrae aproximadamente la mitad de la distancia desde la superficie a la posición del extremo del radio actual. El control pasa después a la operación 1122.

En la operación de consulta 1110, si la inclinación es cero, el control pasa a la operación 1116 donde se calcula la longitud de la pata ahora en BDC. El control pasa después a la operación 1122.

5 En la operación 1122, se ajusta la pata en BDC. Este cálculo se ejemplifica mediante $\text{CALCULARPATA}()$ en el cual la Longitud Nueva = $\text{SuperficieVirtual(BDC)} + (\text{ExtensiónActual(BDC)} * \gamma)$ donde γ es una función de la velocidad de giro de la rueda 100 y la velocidad de extensión del radio 108. El efecto es que la extensión de longitud en BDC reducirá la diferencia entre la extensión actual y la superficie real en cada iteración aproximadamente la $\frac{1}{2}$ dado que hay aproximadamente 300 iteraciones por cada revolución de la rueda y una cantidad mucho menor de radios, el valor real depende del recorrido total del radio, la velocidad máxima de la extensión/retracción del radio, el radio de la rueda, y la velocidad de giro y dirección de giro de la rueda 100.

10 El valor es relativamente insensible a pequeños errores, dado que el bucle de control detección-plan-acción se ejecuta relativamente rápido con respecto a los movimientos de rueda físicos. El control regresa después a la operación de giro épsilon 1102 y el proceso se repite para el siguiente mecanismo de radio en BDC. La superficie virtual es en esencia preferentemente una línea recta sobre la tangente de discontinuidad al borde externo 101 de la rueda 100. Correspondientemente, el centro de la rueda 100 atraviesa un recorrido paralelo a la superficie virtual
15 720 que se muestra en las figuras 7-9.

Es evidente que la presente invención se adapta bien para alcanzar las ventajas y objetos mencionados, así como los que sean inherentes a la misma.

REIVINDICACIONES

1. Aparato con rueda inteligente que comprende:
- medios motrices acoplados a una rueda generalmente circular (100) para rotar la rueda en un buje (104) alrededor de un eje en una primera dirección, la rueda define una circunferencia externa (101) que se mueve sobre una superficie de recorrido (110);
- 5 un controlador (502) acoplado a los medios motrices;
- una pluralidad de mecanismos de radio sustancialmente extensibles radialmente (106) espaciados alrededor del buje y acoplados a la rueda (100)
- 10 medios para mover un radio (108) en cada mecanismo de radio (106) entre una posición extendida y una posición retraída en respuesta a órdenes del controlador (502), en donde un extremo del radio (108) se extiende más allá de la circunferencia externa (101) de la rueda (100) cuando el radio se mueve a una posición extendida; **caracterizado porque**
- un sensor de obstáculos asociado con cada mecanismo de radio (106) y asociado al controlador (502), en donde cada sensor de obstáculo es capaz de determinar una distancia a la superficie de recorrido (110) y detectar una discontinuidad en la superficie de recorrido dentro de un campo de visión predeterminado (802), y
- 15 en donde el controlador (502) calcula de manera operativa una superficie virtual sobre una discontinuidad detectada dentro de la superficie de recorrido (110) y una longitud de extensión de radio para cada mecanismo de radio (106) para extender su radio (108) de modo tal que la circunferencia externa (101) de la rueda (100) sigue sustancialmente la superficie virtual calculada (720) a medida que el aparato con rueda inteligente se mueve en la primera dirección.
- 20 2. Aparato conforme a la reivindicación 1, en donde ejes de los radios (108) pasan por el centro de la rueda (100).
3. Aparato conforme a la reivindicación 1, en donde los ejes de los radios (108) son paralelos a un radio a través del centro de la rueda (100).
4. Aparato conforme a la reivindicación 1, en donde el controlador (502) calcula la superficie virtual (720) a partir de al menos una señal del sensor asociado a un mecanismo de radio hacia adelante de una posición BDC en el punto muerto inferior de la rueda y una señal del sensor asociado a un mecanismo de radio en una posición posterior al BDC.
- 25 5. Aparato conforme a la reivindicación 4, en donde el mecanismo de radio hacia adelante de la posición BDC está en una posición BDC-1.
6. Aparato conforme a la reivindicación 5, en donde el controlador (502) calcula una distancia desde el extremo del radio (108) en el mecanismo de radio en una posición BDC-1 a la superficie de recorrido (110) para determinar la longitud de extensión del radio.
- 30 7. Aparato conforme a la reivindicación 6, en donde el controlador (502) calcula de manera repetida la longitud de extensión del radio para el mecanismo de radio en una posición BDC-1 hasta que el mecanismo de radio alcanza el BDC.
- 35 8. Aparato conforme a la reivindicación 1, en donde la superficie virtual (720) es sustancialmente plana.
9. Aparato conforme a la reivindicación 1, en donde
- el controlador (502) también comprende un controlador de sistema reactivo continuo de detección-plan-acción.
10. Aparato conforme a la reivindicación 1, en donde la discontinuidad detectada dentro de la superficie de recorrido (110) comprende una discontinuidad vertical positiva o negativa.
- 40 11. Aparato conforme a la reivindicación 10, en donde la discontinuidad detectada dentro de la superficie de recorrido (110) comprende un peldaño.
12. Aparato conforme a la reivindicación 5, en donde:

el mecanismo de radio en la posición después del BDC está en una posición BDC+1;

el mecanismo de radio hacia adelante de la posición BDC-1 está en una posición BDC-2; y

5 los sensores de obstáculos asociados con los mecanismos de radios en las posiciones BDC-2, BDC-1, BDC y BDC+1 se activan para buscar discontinuidades dentro de la superficie de recorrido (110), mientras que los sensores de obstáculos asociados con una pluralidad restante de mecanismos de radios que caen por fuera de las posiciones BDC-2, BDC-1, BDC y BDC+1 se desactivan para ahorrar energía.

13. Aparato conforme a la reivindicación 12, en donde los radios (108) para cada uno de la pluralidad restante de mecanismos de radios que caen por fuera de las posiciones BDC-2, BDC-1, BDC y BDC+1 se mueven a una posición retraída.

10 14. Aparato conforme a la reivindicación 12, que además comprende un sensor de orientación angular para determinar cuál de la pluralidad de mecanismos de radios está ubicado en las posiciones BDC-2, BDC-1, BDC y BDC+1.

15 15. Aparato conforme a la reivindicación 1, que además comprende un sensor de fuerza asociado con cada mecanismo de radio (106) para proporcionar datos al controlador (502) sobre al menos una de una fuerza lateral y una fuerza de elevación aplicada a cada radio (108).

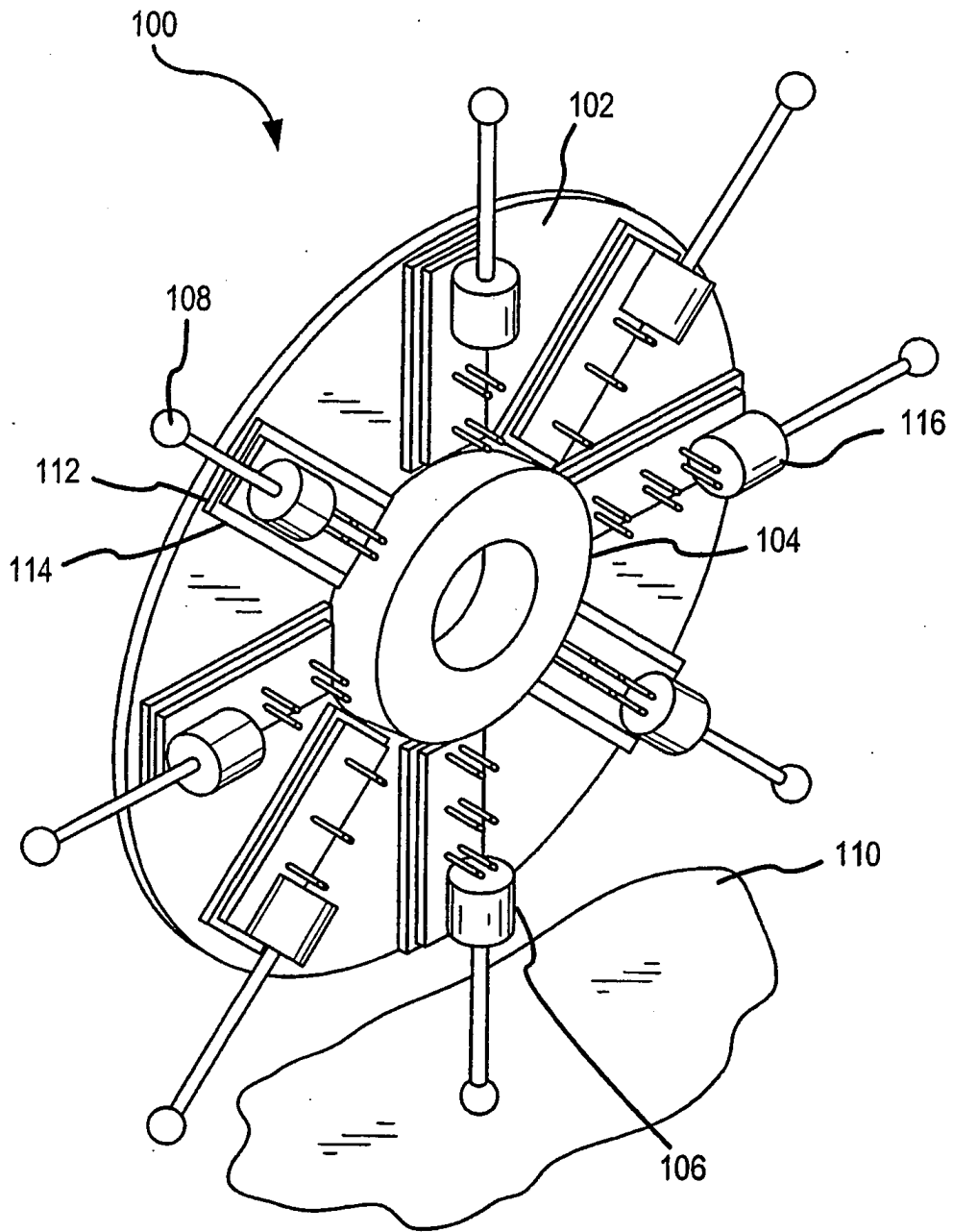


FIG.1

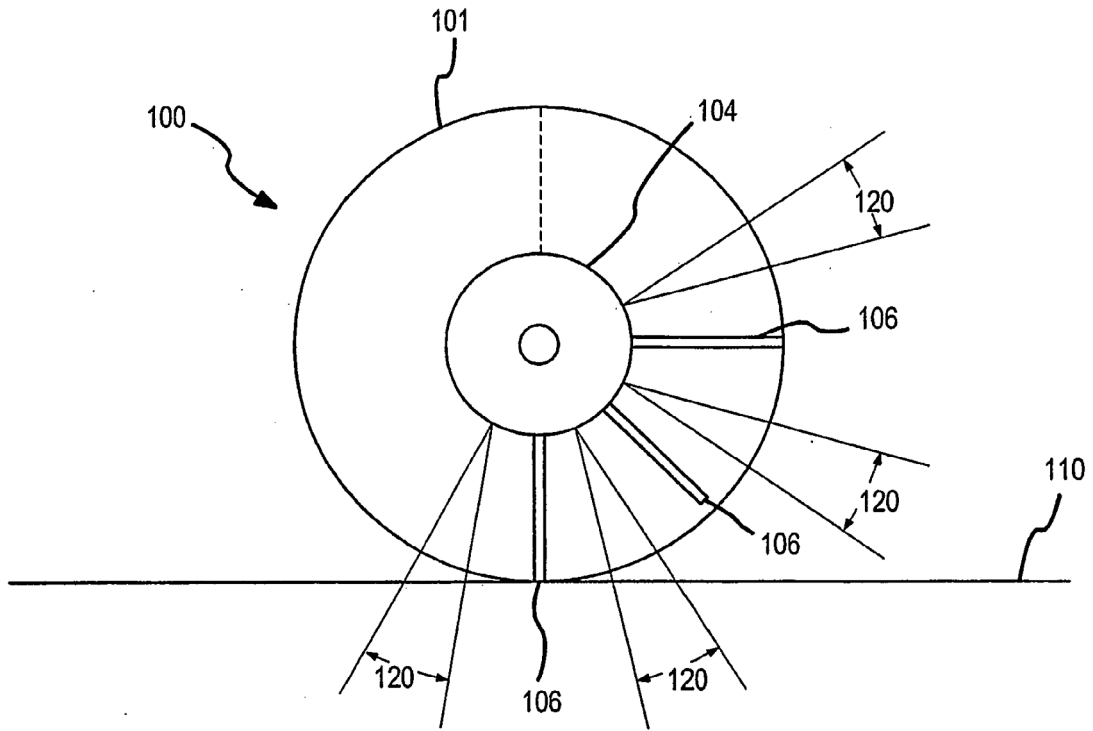


FIG. 2

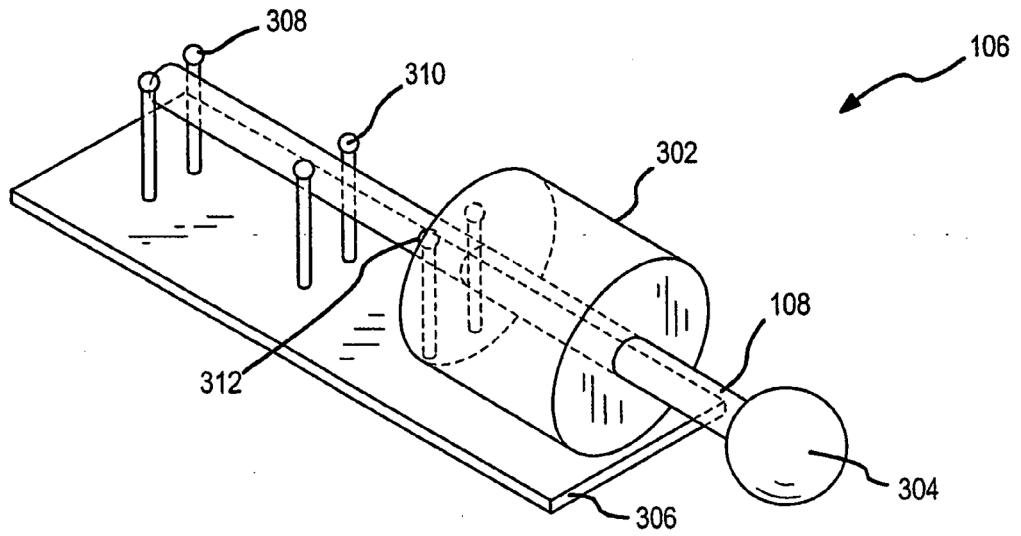


FIG. 3

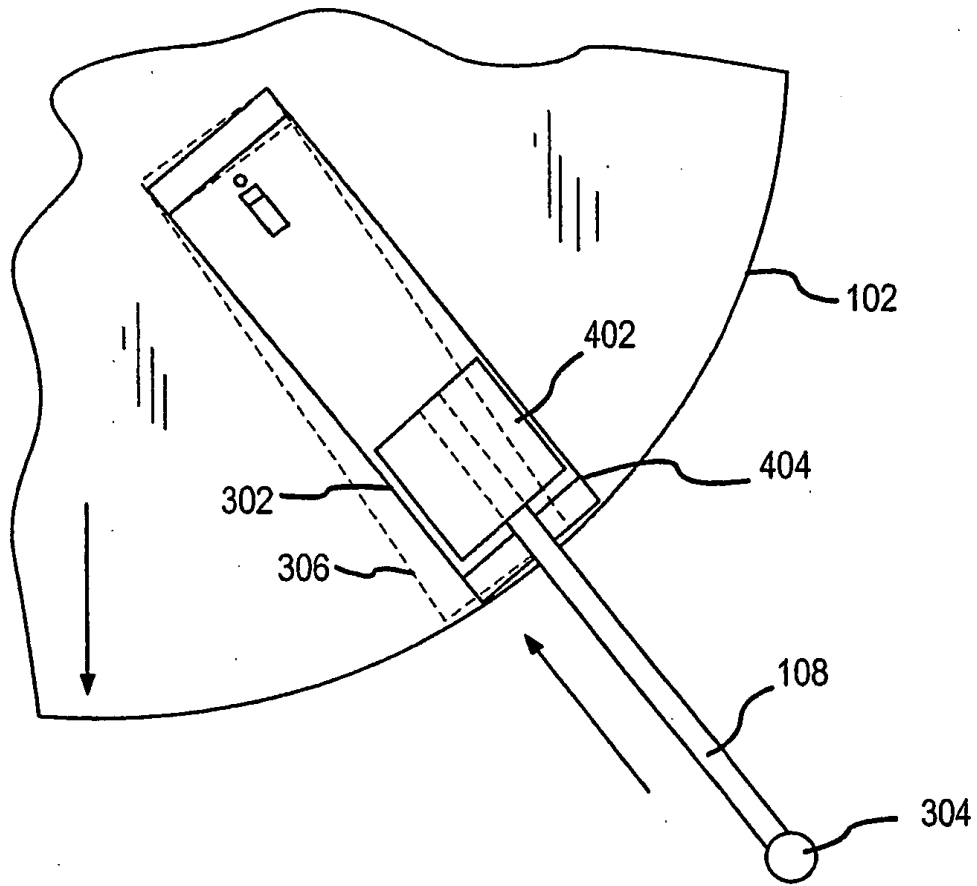


FIG.4

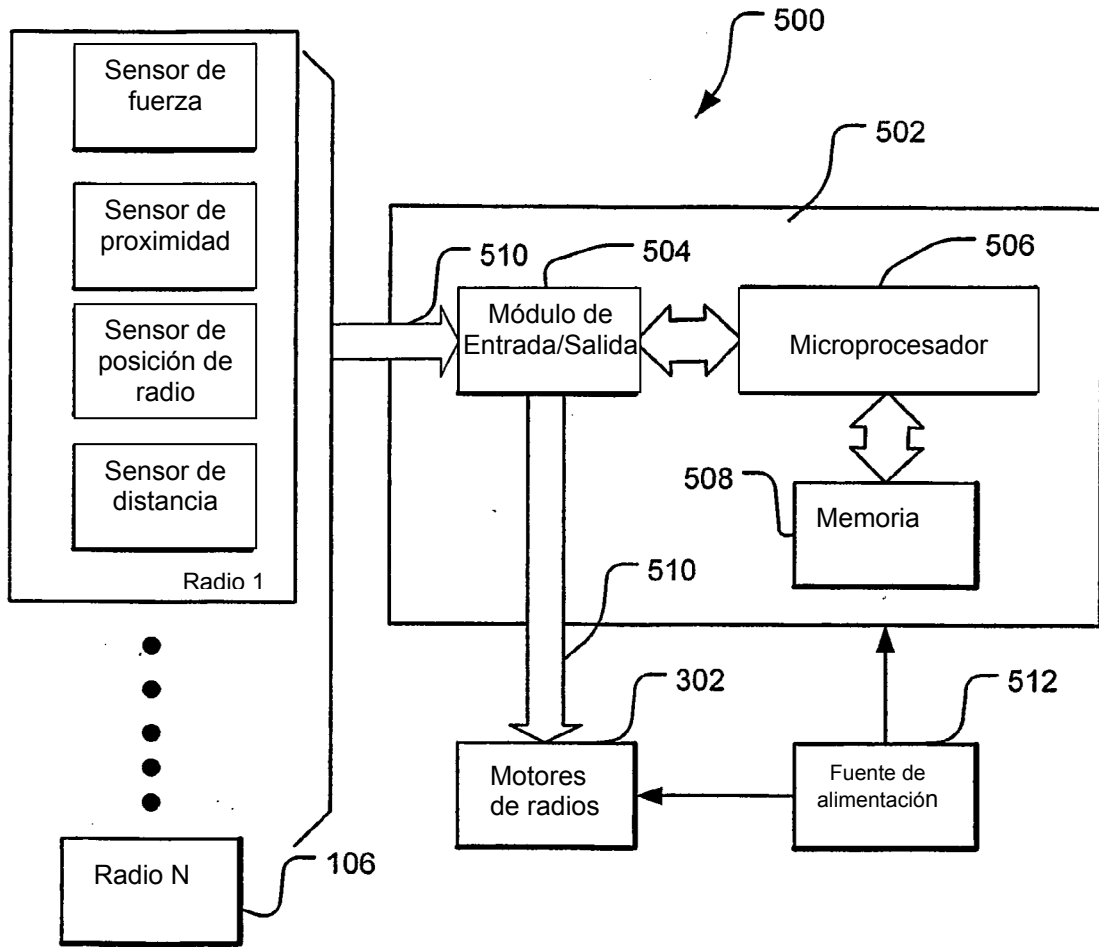


FIG.5

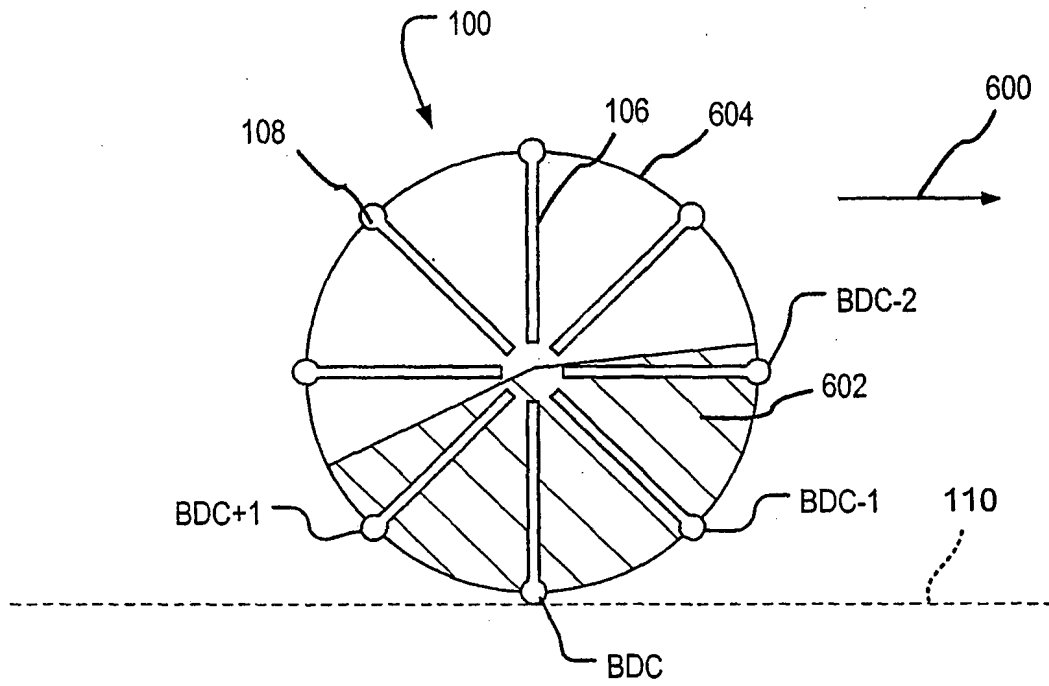


FIG.6

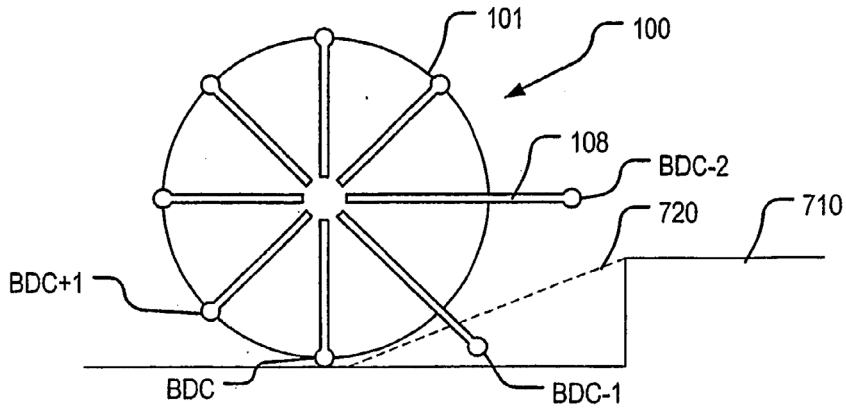


FIG. 7

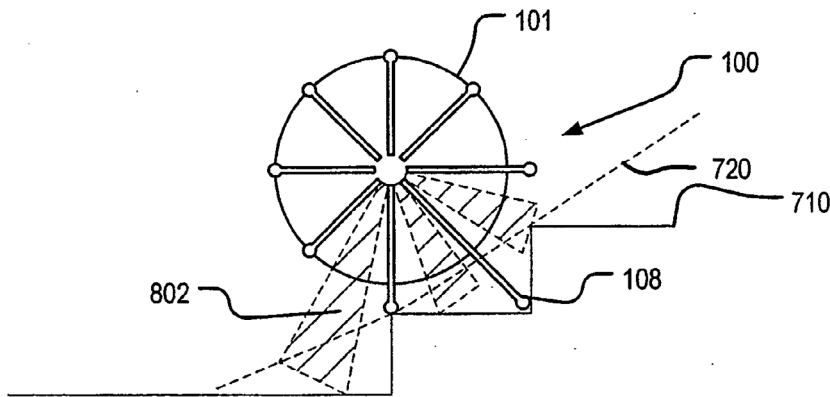


FIG. 8

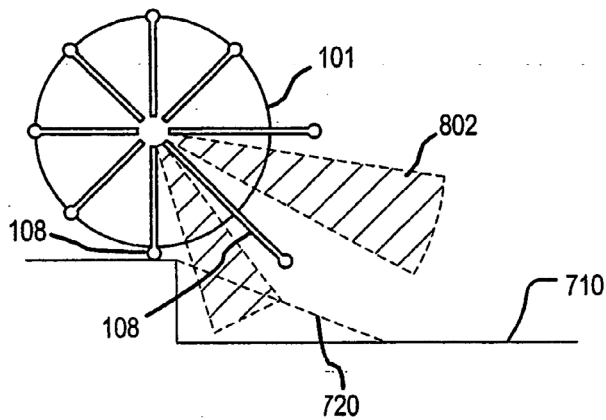


FIG. 9

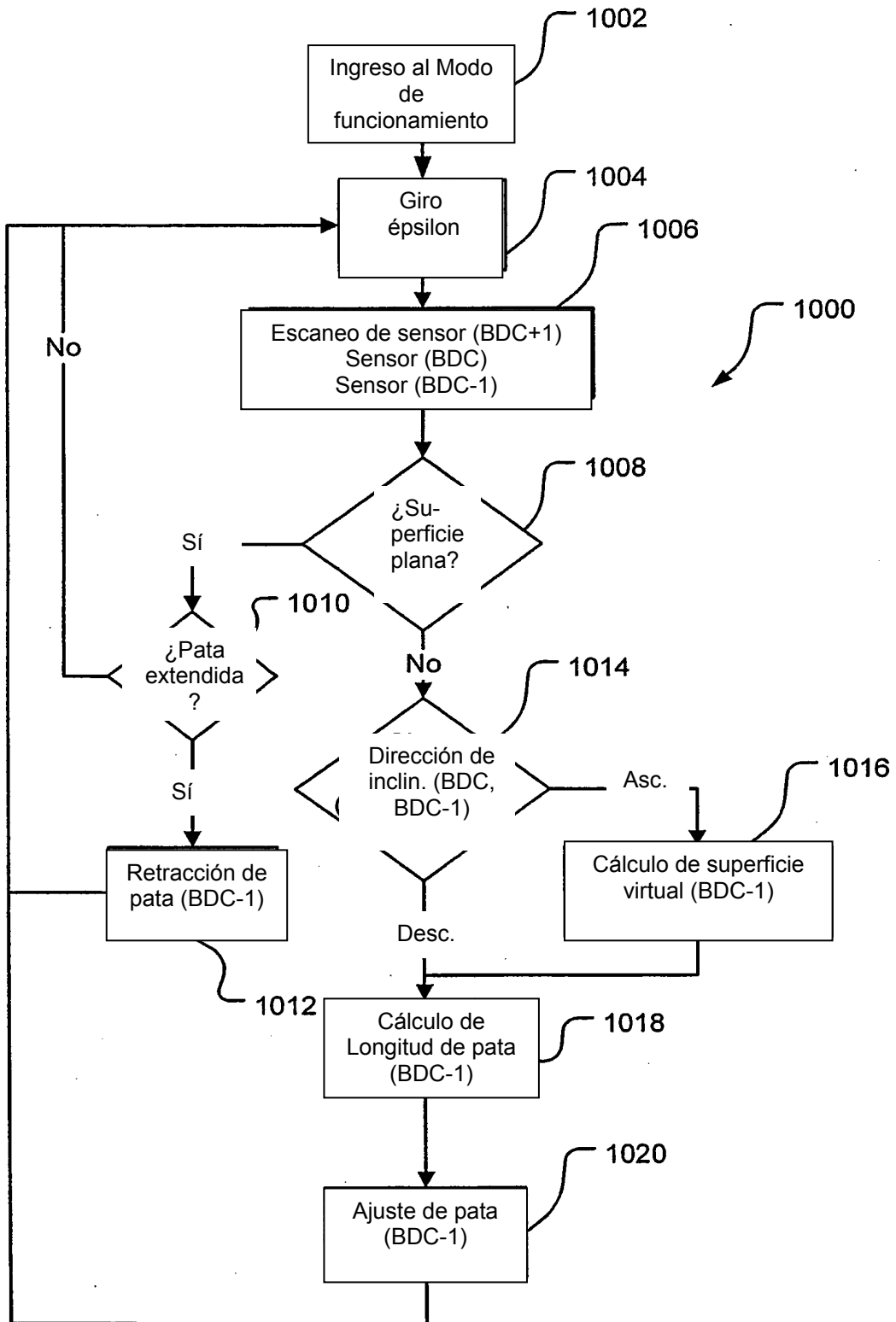


FIG.10

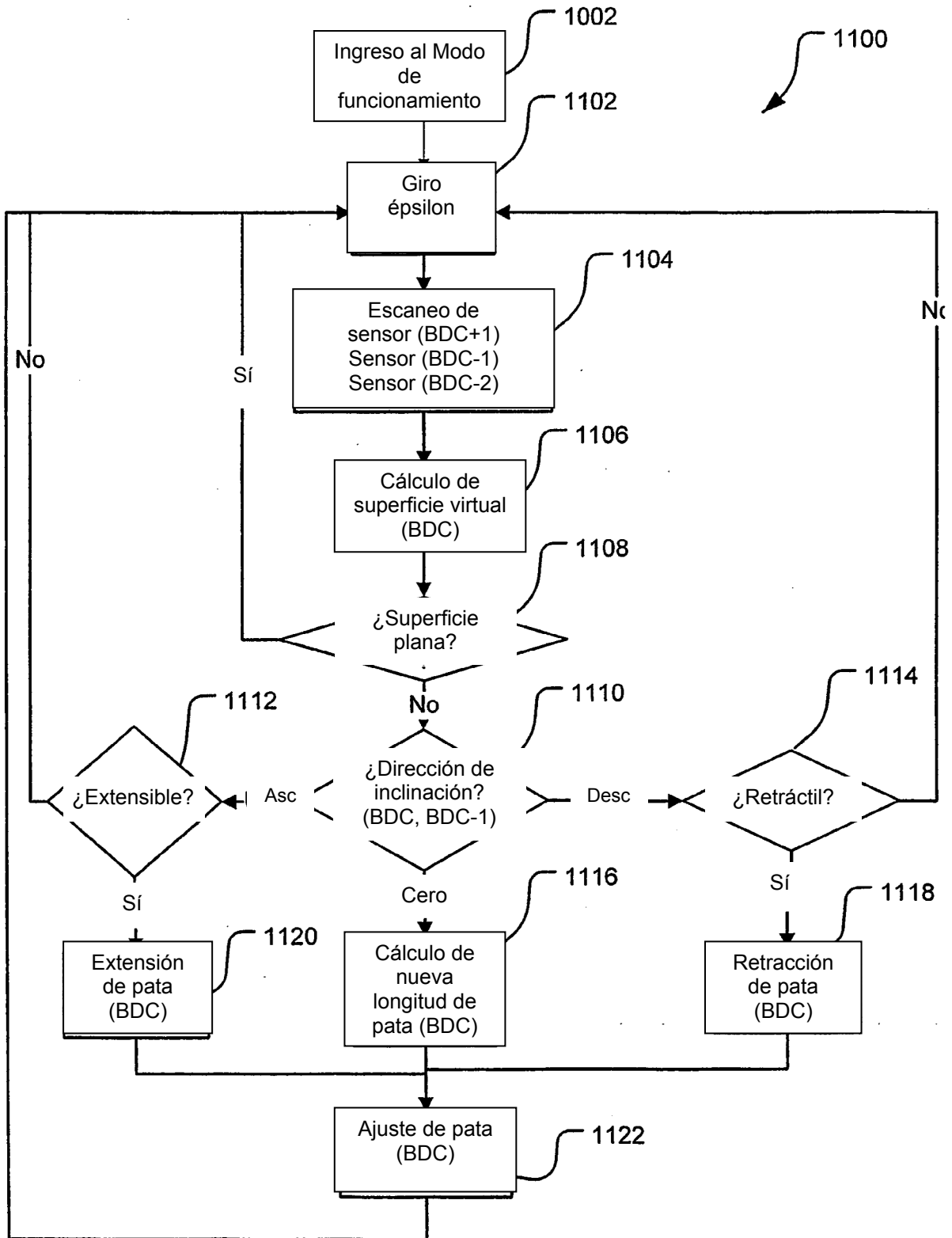


FIG.11