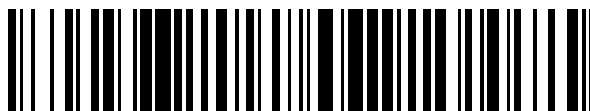


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 808**

51 Int. Cl.:

G06N 3/00 (2006.01)

G06Q 30/02 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2014 PCT/US2014/019178**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14137767**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2014 E 14712825 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2965267**

54 Título: **Adaptación del comportamiento de un robot basándose en la interacción persona-robot**

30 Prioridad:

04.03.2013 US 201313783405

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

17.04.2017

73 Titular/es:

**MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING, LLC
(100.0%)
One Microsoft Way
Redmond, WA 98052, US**

72 Inventor/es:

**FLORENCIO, DINEI A.;
MACHARET, DOUGLAS GUIMARAES y
BOHUS, DAN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 608 808 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

Adaptación del comportamiento de un robot basándose en la interacción persona-robot

Antecedentes

5 Un robot, tal como se utiliza el término en esta memoria, es una máquina electromecánica que incluye hardware y software informáticos que hacen que el robot lleve a cabo funciones independientemente y sin la ayuda de una persona. Ejemplos de robots que se encuentran comercialmente disponibles en la actualidad incluyen robots aspiradores y robots cortacésped. Por ejemplo, un robot aspirador convencional disponible en el mercado incluye instrucciones ejecutables por computadora que, cuando son ejecutadas por un procesador del robot aspirador, hacen que el robot aspirador limpie por aspiración de forma automática un área concreta (por ejemplo, una habitación) basándose en entradas recibidas desde sensores pertenecientes al robot aspirador. Un robot cortacésped convencional disponible en el mercado se ha configurado con instrucciones ejecutables por computadora que, cuando son ejecutadas por un procesador del robot cortacésped, hacen que dicho robot cortacésped corte automáticamente, y sin la intervención humana, la hierba de una zona concreta (por ejemplo, el patio trasero del propietario de una casa).

15 Con el tiempo, puede esperarse que los robots móviles que se han configurado para llevar a cabo tareas específicas serán relativamente comunes. En la actualidad, los robots de que se dispone en el mercado, tanto en entornos industriales como domésticos, están codificados en hardware para llevar a cabo ciertas acciones en respuesta a la recepción de entradas procedentes de sensores. Por ejemplo, si un sensor del robot cortacésped detecta un obstáculo, tal como una persona, en su camino, un código ejecutable por computadora para el robot cortacésped, escrito por un desarrollador, hace que el robot cortacésped se detenga y/o cambie de dirección.

20 La divulgación de JOHN NASSOUR et al.: "Qualitative Adaptive Reward Learning with Success Failure Maps: Applied to Humanoid Robot Walking" (Aprendizaje cualitativo adaptativo recompensado, con correlaciones de éxitos y fallos: aplicación a la marcha de robots humanoides), IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS AND LEARNING SYSTEMS (TRANSACCIONES DEL IEEE SOBRE REDES NEURONALES Y SISTEMAS DE APRENDIZAJE), IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 24, nº 1, 1 de enero de 2013, páginas 81-93, ISSN: 2162-237X, DOI: 10.1109/TNNLS.2012.2224370, muestra un robot que aprende a andar a lo largo de una trayectoria de 1,5 m utilizando un algoritmo de aprendizaje y relaciones de correspondencia de aprendizaje. En el caso de pruebas satisfactorias, el instructor envía una señal de recompensa al robot al acariciarle la cabeza, equipada con sensores electrostáticos. Si la recompensa es negativa, una relación de correspondencia de fallo aprende, y si es positiva, una relación de correspondencia de éxito aprende.

Compendio

Lo que sigue es un breve compendio de la materia objeto que se describe con mayor detalle en la presente memoria. No es la intención que este compendio sea limitativo en lo que respecta al alcance de las reivindicaciones.

35 En esta memoria se describen diversas tecnologías pertenecientes a un comportamiento automáticamente adaptativo de un dispositivo robótico móvil (un robot) en un entorno en el que el dispositivo robótico móvil está funcionando basándose en condiciones detectadas en el entorno, y en si una tarea, por lo que respecta a una persona, se ha completado con éxito o no se ha completado con éxito. De esta forma, el comportamiento del robot está configurado para aumentar la probabilidad de que el robot complete la tarea con éxito con respecto a una persona que entra subsiguientemente en el entorno del robot. En una realización proporcionada a modo de ejemplo, el robot puede aprender técnicas que, con el tiempo, aumentan la probabilidad de que la tarea sea completada con éxito por el robot, dadas condiciones cambiantes en el entorno.

45 De manera más particular, cabe esperar que el uso de dispositivos robóticos móviles en diferentes sectores de la sociedad sea relativamente común en un futuro cercano. Este cambio de entornos controlados (por ejemplo, fábricas) a entornos no restringidos, en los que constantemente hay gente presente y desplazándose en las inmediaciones (por ejemplo, domicilios, lugares públicos, hospitales, etc.), incrementará la necesidad de que los robots se comporten con maneras «socialmente aceptables» para hacer que las personas interactúen con tales robots. Esta necesidad de un comportamiento socialmente aceptable puede traspasar muchos ámbitos (por ejemplo, "¿puedo hacer ruido ahora?", "¿cuán rápido puedo moverme sin hacer que una persona se sienta incómoda?", "¿puedo cruzar por delante de esta persona basándome en una posición, dirección de desplazamiento y velocidad de desplazamiento conocidas de la persona?", etc.).

50 Las tecnologías que se describen en esta memoria se refieren a un esquema de aprendizaje que permite a un robot adaptar su comportamiento de acuerdo con el comportamiento humano previamente observado en el entorno del robot. En una realización proporcionada a modo de ejemplo, el esquema se basa en la aplicación de principios tomados del aprendizaje de refuerzo en la parte superior de un Procedimiento de Regresión Gaussiano (GRP – "Gaussian Regression Process"–). Este esquema de aprendizaje puede ayudar al robot a adaptar su comportamiento para aumentar una probabilidad, para cada interacción robot-persona, de que el robot complete con éxito una tarea predefinida en relación con una persona respectiva.

Por ejemplo, una tarea que es, deseablemente, completada por el robot en relación con las personas puede ser provocar que los humanos se involucren con el robot en un entorno del robot. Una participación proporcionada a modo de ejemplo puede ser la de una persona que acepta un material concreto del robot (por ejemplo, un anuncio). Otra participación proporcionada a modo de ejemplo puede ser la de una persona que expone cierta entrada de voz al dispositivo robótico móvil. Aún otro ejemplo de participación puede ser el de una persona que entrega alguna otra entrada deseada por medio de un teclado del robot o de un gesto, entre otros modos. El robot incluye una pluralidad de sensores que se han configurado para suministrar como salida señales que son representativas de condiciones del entorno y/o de condiciones del robot respectivas. Las condiciones del robot pueden estar bajo el control del robot. Por ejemplo, las condiciones del robot pueden incluir la distancia entre el robot y una persona, el ángulo con el que el robot móvil se está aproximando a la persona, el volumen de un altavoz del robot, el tono de señales acústicas suministradas como salida por el robot, la velocidad y/o la aceleración del robot, etc. Las condiciones del entorno pueden estar completamente fuera del control del robot y pueden incluir, por ejemplo, la hora del día, la temperatura, la velocidad con la que el humano está andando, el tamaño de la persona, el género de la persona, la etnia de la persona, entre otros. Con el tiempo, mediante la observación de las condiciones (tanto las que están bajo el control del robot como las que están fuera del control del robot) y la determinación de si se ha completado con éxito o no una tarea predefinida, el robot (a través del esquema de aprendizaje anteriormente mencionado) puede adaptar su comportamiento a la mejora de la probabilidad de que la tarea sea completada con éxito con vistas a la subsiguiente presencia de una persona en el entorno (en el que se observaron diferentes condiciones). Por ejemplo, para ese entorno concreto, el robot puede aprender una distancia óptima para colocarse con respecto a una persona para una hora del día y un género concretos, a fin de maximizar la probabilidad de que la tarea en relación con la persona se complete con éxito.

El compendio anterior constituye un compendio simplificado con el fin de proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos de los sistemas y/o métodos que se exponen en esta memoria. Este compendio no es una visión global ni exhaustiva de los sistemas y/o métodos expuestos en la presente memoria. No es la intención que identifique elementos clave / cruciales o que demarque el alcance de tales sistemas y/o métodos. Su solo propósito consiste en presentar algunos conceptos de una forma simplificada, como preludio de la descripción más detallada que se presenta más adelante.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra un dispositivo robótico móvil proporcionado a modo de ejemplo, que interactúa con una persona en un entorno particular.

La Figura 2 ilustra un dispositivo robótico móvil proporcionado a modo de ejemplo.

La Figura 3 ilustra compuestos ejecutables por computadora proporcionados a modo de ejemplo, que pueden ser incluidos en una memoria legible por computadora perteneciente a un dispositivo robótico móvil.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una metodología proporcionada a modo de ejemplo para hacer que un dispositivo robótico móvil lleve a cabo una acción que es aprendida con el fin de aumentar la probabilidad de que el dispositivo robótico móvil complete con éxito una tarea en relación con una persona.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra una metodología proporcionada a modo de ejemplo para actualizar un modelo aprendido utilizado por un dispositivo robótico móvil a la hora de tratar de hacer que una persona se involucre con el dispositivo informático móvil.

La Figura 6 es un sistema informático proporcionado a modo de ejemplo.

Descripción detallada

Se describen a continuación diversas tecnologías pertenecientes a la colaboración entre personas y robots, con referencia a los dibujos, en los cuales los mismos números de referencia se utilizan para referirse a elementos similares a todo lo largo de ellos. En la descripción que sigue, para propósitos de explicación, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de uno o más aspectos. Puede ser evidente, sin embargo, que tal(es) aspecto(s) puede(n) llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, estructuras y dispositivos bien conocidos se muestran en forma de diagramas de bloques a fin de facilitar la descripción de uno o más aspectos. Por otra parte, ha de entenderse que la capacidad funcional que se describe como realizada por ciertos componentes del sistema puede ser llevada a cabo por múltiples componentes. De forma similar, por ejemplo, un componente puede configurarse para llevar a cabo una capacidad funcional que se describe como realizada por múltiples componentes.

Por otra parte, tal como se utilizan en esta memoria, los términos «componente» y «sistema» se entienden de manera que abarquen un dispositivo de almacenamiento de datos legible por computadora que está configurado con instrucciones ejecutables por computadora que provocan que se lleve a cabo cierta capacidad funcional cuando se ejecutan por una computadora. Las instrucciones ejecutables por computadora pueden incluir una rutina, una función o similar. Debe entenderse también que un componente o sistema puede estar ubicado en un único dispositivo o encontrarse distribuido a través de diversos dispositivos. Por otra parte, tal como se utiliza en esta

memoria, se pretende que la expresión «proporcionado a modo de ejemplo» signifique que sirve como una ilustración o ejemplo de algo, y no es la intención que indique una preferencia.

Haciendo referencia a la Figura 1, se ilustra en ella un entorno 100 en el que un dispositivo robótico móvil (robot) 102 trata de completar una tarea predefinida en relación con una persona 104. Por ejemplo, el entorno 100 puede ser un entorno en el que el robot 102 y/o la persona 104 carecen relativamente de restricciones. Esto está en contraposición con los entornos convencionales en que se utilizan robots, en los cuales los robots están confinados a zonas concretas, y su interacción con las personas está, de la misma manera, restringida. El entorno 100 proporcionado a modo de ejemplo y que se muestra en la Figura 1, por ejemplo, puede ser un entorno público, tal como un centro comercial, un aeropuerto, un estadio, un pabellón cubierto, un parque, una biblioteca o un lugar similar. El entorno 100 puede ser también un entorno relativamente privado, tal como un hospital, un centro de negocios, etc.

El robot 102 incluye una pluralidad de sensores 106 que se han configurado para suministrar como salida señales que son indicativas de las condiciones respectivas correspondientes al entorno 100 y/o al robot 102. La pluralidad de sensores 106 puede incluir, por ejemplo, un reloj, un sensor de temperatura, un sensor de profundidad, una cámara de vídeo, un micrófono, un velocímetro, un acelerómetro, un giroscopio, un sensor de posición, entre otros. Las condiciones correspondientes al entorno 100 pueden incluir la hora del día, el día de la semana, la humedad, la luminosidad, el volumen de señales acústicas, el volumen del habla de una persona particular, las posiciones de objetos en el entorno 100, el tamaño de la persona 104, la edad de la persona 104, el género o la etnia de la persona 104, la dirección de desplazamiento de la persona 104, la velocidad de desplazamiento de la persona 104, la aceleración del desplazamiento de la persona 104, las expresiones faciales de la persona 104, etc. Las condiciones correspondientes al robot 102 pueden incluir la posición del robot 102 en el entorno 100, la posición de robot 102 con respecto a la posición de la persona 104 en el entorno 100, el volumen de la salida de audio por parte de un altavoz del robot 102, la intensidad de la luz emitida por el robot 102, etc., si bien no están limitadas a la inclusión de estas.

En una realización proporcionada a modo de ejemplo, la pluralidad de sensores 106 puede incluir una cámara de vídeo, de manera que las condiciones correspondientes al entorno 100 y/o al robot 102 pueden ser determinadas mediante el análisis de una señal de vídeo suministrada como salida por la cámara de vídeo. Otros sensores proporcionados a modo de ejemplo que pueden estar incluidos en los sensores 106 comprenden un sensor de profundidad, un micrófono, un sensor de luz, un velocímetro, un acelerómetro, un sensor de posición, entre otros.

El robot 102 incluye un sistema de accionamiento 108 que está en comunicación con un procesador (no mostrado) que transmite una señal a dicho sistema de accionamiento 108, que hace que el robot 102 efectúe una transición a una posición deseada del entorno 100. El sistema de accionamiento 108 incluye un motor, engranajes asociados y elementos similares que pueden ser empleados para realizar una transición del 102 en el entorno 100.

El robot 102, en los ejemplos que se exponen en esta memoria, se ha programado para funcionar al objeto de completar una tarea predefinida en relación con personas del entorno 100. En una realización proporcionada a modo de ejemplo, tal tarea predefinida puede consistir en hacer que la persona 104 se involucre con el robot 102 en el entorno 100. Ejemplos de participación entre el robot 102 y la persona 104 pueden incluir el hecho de que la persona 104 acepte un artículo del robot 102 (tal como, por ejemplo, una muestra de un producto, un anuncio u otro panfleto), el hecho de que la persona 104 facilite una entrada deseada al robot 102 (por ejemplo, al responder un cuestionario, ya sea verbalmente, mediante gestos o a través de la interacción con el hardware del robot 102), o el hecho de que la persona 104 siga una instrucción suministrada como salida por el robot 102, entre otras cosas. De acuerdo con ello, el robot 102 se ha programado para analizar las señales suministradas como salida por un subconjunto de sensores de entre la pluralidad de sensores 106, y llevar a cabo una acción que, basándose en observaciones relativas a las interacciones previas del robot 102 con otras personas del entorno 100, se cree que incrementará la probabilidad de que la tarea (por ejemplo, hacer que la persona 104 se involucre con el robot 102) sea completada satisfactoriamente.

En consecuencia, por ejemplo, el comportamiento del robot 102 puede ser configurado basándose en observaciones realizadas durante interacciones previas robot-persona, con el fin de aumentar la probabilidad de que la tarea sea completada con éxito en relación con una persona que entra subsiguientemente en el entorno 100. Por ejemplo, basándose en interacciones previas con personas en el entorno 100, el robot 102 puede aprender que es más probable que las personas se involucren con el robot 102 por la mañana, si el robot 102 se encuentra a una cierta distancia D de la persona 104 cuando trata de iniciar una participación con la persona 104. En tal caso, el procesador puede suministrar como salida una señal que hace que el motor del sistema de accionamiento 108 sitúe el robot 102 a la distancia D de la persona 104.

Tras ello, puede analizarse al menos una señal procedente del al menos un sensor de la pluralidad de sensores 106 con el fin de determinar si la tarea se ha completado o no con éxito. Por ejemplo, si la tarea consistía en que la persona 104 aceptase un panfleto del robot 102 y la persona 104 ha aceptado dicho panfleto (según se indica por una señal suministrada como salida por al menos un sensor de entre la pluralidad de sensores 106), entonces el robot 102 puede corroborar que la tarea se ha completado con éxito. Y a la inversa, si la señal suministrada como salida por el al menos un sensor de entre la pluralidad de sensores 106 indica que la persona 104 no ha aceptado el

panfleto, entonces el robot 102 puede corroborar que no se ha conseguido completar con éxito la tarea. El robot 102 puede entonces adaptar su comportamiento basándose 1) en señales suministradas como salida por el subconjunto de sensores de entre la pluralidad de sensores 106, correspondientes a cuando el robot 102 trató de completar la tarea en relación con la persona 104; y 2) en la determinación acerca de si se ha completado o no con éxito la tarea. Semejante adaptación puede ser adoptada en línea, o bajo conexión, sin necesidad de extraer el robot 102 del entorno 100 ni de reprogramar el robot 102. En consecuencia, con el tiempo, el robot 102 se hará más apto para completar con éxito la tarea en relación con las personas del entorno 100, ya que el comportamiento del robot 102 se ha adaptado basándose en las interacciones observadas con las personas del entorno 100.

Con mayor especificidad acerca del funcionamiento del robot 102, antes de que el robot 102 sea colocado en el entorno 100, un programador puede identificar un cierto número de condiciones correspondientes al entorno 100 que se cree que influyen en la probabilidad de que el robot 102 complete con éxito una tarea predefinida con respecto a la persona 104. Tales condiciones pueden ser modeladas y pueden estar incluidas en un modelo legible por computadora al que se accede por parte de un procesador del robot 102 a la hora de determinar una acción que llevar a cabo en asociación con el intento de completar la tarea predefinida en relación con la persona 104. Las condiciones que se cree que no tienen influencia en el hecho de que el robot complete con éxito o no la tarea, pueden ser etiquetadas como ruido. Siguiendo con un ejemplo particular, la tarea puede consistir en la distribución de un panfleto para una nueva tienda que abre en un centro comercial, y la probabilidad de distribuir con éxito el panfleto a una persona puede depender de las siguientes condiciones: 1) la hora del día; 2) la distancia entre el robot 102 y la persona 104; y 3) la posición inicial del robot 102 en el entorno 100. Las condiciones bajo el control del robot 102 incluyen la posición inicial y la distancia entre el robot 102 y la persona 104 a la hora de tratar inicialmente de involucrar a la persona 104.

Con el tiempo, el robot 102 aprende cómo las influencias en las condiciones bajo su control, en un resultado deseado, varían por sí mismas y en función de las condiciones que son observables pero que están fuera del control sobre el robot 102, tales como la hora del día y la velocidad de la persona 104 conforme la persona 104 se aproxima a una zona próxima al robot 102. Con el tiempo, el robot 102 modula las condiciones bajo su control para aumentar la probabilidad de que la tarea en relación con la persona 104 sea completada con éxito. Puede averiguarse si los resultados varían con el contexto. A medida que el robot 102 aprende la relación existente entre las condiciones bajo su control y las que no están bajo su control, y supervisa los éxitos y los fallos en la tarea en relación con las personas del entorno 100, el robot 102 puede modular sus operaciones de tal manera que controle las condiciones que pueden ser controladas de un modo tal, que aumente la probabilidad de éxito a medida que el robot 102 interactúa con más y más personas.

Como se describirá con mayor detalle más adelante, el esquema de aprendizaje empleado por el robot 102 puede estar basado en la aplicación de principios tomados del aprendizaje de refuerzo en la parte superior de un Procedimiento de Regresión Gaussiano (GRP –“Gaussian Regression Process”–). Si se observa que las condiciones bajo el control del robot 102 influyen en las acciones de las personas, entonces el modelo, a través del procedimiento de aprendizaje, puede hacer que el robot 102 funcione de una manera que aumente la probabilidad de completar con éxito la tarea en relación con la persona 104.

Haciendo referencia, a continuación, a la Figura 2, se ilustra en ella una descripción de un ejemplo de contenido del robot 102. El robot 102 puede comprender una parte de cabeza 202 y una parte de cuerpo 204, de tal manera que la parte de cabeza 202 es movable con respecto a la parte de cuerpo 204. El robot 102 puede comprender un módulo 206 de rotación de cabeza que es susceptible de hacerse funcionar para acoplar la parte de cabeza 202 con la parte de cuerpo 204, de tal modo que el módulo 206 de rotación de cabeza puede incluir uno o más motores que pueden provocar que la parte de cabeza 202 rote con respecto a la parte de cuerpo 204. Con arreglo a un ejemplo, el módulo 206 de rotación de cabeza puede ser utilizado para hacer rotar la parte de cabeza 202 con respecto a la parte de cuerpo 204 de hasta 45° en cualquier dirección. En otro ejemplo, el módulo 206 de rotación de cabeza puede permitir que la parte de cabeza 202 rote 90° con respecto a la parte de cuerpo 204. En aún otro ejemplo, el módulo 206 de rotación de cabeza puede facilitar la rotación de la parte de cabeza 202 180° con respecto a la parte de cuerpo 204. En aún otro ejemplo, el módulo 206 de rotación de cabeza puede facilitar la rotación de la parte de cabeza 202 360° en cualquier dirección con respecto a la parte de cuerpo 204.

La parte de cabeza 202 puede comprender una antena 208 que se ha configurado para recibir y transmitir señales inalámbricas. Por ejemplo, la antena 208 puede haberse configurado para recibir y transmitir señales Wi-Fi, señales Bluetooth, señales de infrarrojos, señales de sónar, señales de radiofrecuencia u otras señales adecuadas. En aún otro ejemplo más, la antena 208 puede haberse configurado para recibir, y transmitir, datos desde, y hacia, una antena de telefonía móvil, la Internet, o la nube (por ejemplo, computación en la nube). El robot 102 puede enviar, y recibir, comunicaciones hacia, y desde, un dispositivo de computación ubicado a distancia (por ejemplo, otro robot o dispositivo de control, a mano o de otra manera), mediante la utilización de la antena 208.

La parte de cabeza 202 del robot 102 puede también comprender un dispositivo de presentación visual 210 que puede haberse configurado para presentar visualmente imágenes o un vídeo a la persona 104. En un ejemplo, el dispositivo de presentación visual 210 puede ser un dispositivo de presentación visual sensible al tacto, de tal manera que la persona 104 puede proporcionar al robot 102 información por medio de una interacción selectiva con el dispositivo de presentación visual sensible al tacto. De manera adicional, si bien no se muestra, el robot 102

puede comprender también una placa de teclas, de tal modo que un usuario del robot 102 puede interactuar con el robot 102 mediante el uso de la placa de teclas.

La parte de cabeza 202 del robot 102 puede comprender también la pluralidad de sensores 106. Por ejemplo, la pluralidad de sensores puede incluir una cámara de vídeo que se ha configurado para captar imágenes de las inmediaciones (el entorno 100) del robot 102. En un ejemplo, la cámara de vídeo puede ser una cámara de vídeo de alta definición que facilite la captación de imágenes fijas o de vídeo que está, por ejemplo, en formato de 720p, en formato de 720i, en formato de 1080p, en formato de 1080i o en otro formato de vídeo de alta definición adecuado. De manera adicional o alternativa, la cámara de vídeo puede haberse configurado para captar datos de relativamente baja resolución en un formato que es adecuado para su transmisión a través de un dispositivo de computación remoto, por medio de la antena 208.

En tanto en cuanto la cámara de vídeo se ha mostrado de manera que está incluida en la parte de cabeza 202 del robot 102, a través de la utilización del módulo 206 de modelo de rotación de cabeza, la cámara de vídeo puede haberse configurado para captar datos de vídeo en directo de una parte relativamente grande del entorno 100 del robot 102. Por ejemplo, la cámara de vídeo puede haberse configurado para llevar a cabo un barrido de 360° del entorno 100 del robot 102 a medida que la parte de cabeza 202 rota alrededor de la parte de cuerpo 204 del robot 102. Las imágenes captadas por la cámara de vídeo, tal como se ha indicado anteriormente, pueden ser analizadas para identificar ciertas condiciones correspondientes al entorno 100 del robot 102, tales como el tamaño de la persona 104, el género de la persona 104, las expresiones faciales de la persona 104, etc.

Como se muestra, la parte de cabeza 202 comprende la pluralidad de sensores 106, de tal manera que tales sensores 106 pueden incluir cualquier tipo de sensor apropiado que pueda ayudar al robot 102 a llevar a cabo una o más funciones, tales como el traslado autónomo, la implicación con la persona 104, etc. En un ejemplo, los sensores 106 pueden comprender un sensor de profundidad, el cual puede incluir una cámara de infrarrojos y/o un proyector de haz infrarrojo. Tal sensor de profundidad puede ser empleado en asociación con la averiguación de la distancia entre el robot 102 y la persona 104. Los sensores 106 pueden también incluir un sensor de desnivel, que se ha configurado para detectar una caída de cota en las proximidades del robot 102, un sensor de posición, tal como un sensor del Sistema Global de Localización (GPS –“Global Positioning System”–), un acelerómetro, un velocímetro, un giroscopio u otro sensor similar. Si bien se han mostrado como incluidos dentro de la parte de cabeza 202, ha de entenderse que los sensores 106 pueden estar incluidos dentro de la parte de cuerpo 204 o distribuidos entre la parte de cabeza 202 y la parte de cuerpo 204.

La parte de cuerpo 204 del robot 102 puede incluir una fuente de energía 216 que es susceptible de hacerse funcionar para proporcionar energía a los módulos del robot 102. La fuente de energía 216 puede ser, por ejemplo, una batería, un supercondensador, una célula de combustible, una célula de combustible química, etc. En una realización proporcionada a modo de ejemplo, la fuente de energía 216 puede ser una batería recargable que puede ser cargada estacionando el robot 102 en una estación de servicio. De esta forma, el robot 102 puede comprender contactos eléctricos 217 que pueden encajar con contactos eléctricos correspondientes de una estación de servicio con el fin de permitir el suministro de corriente eléctrica desde la estación de servicio a la fuente de energía 216.

La parte de cuerpo 204 puede también comprender una memoria 218 y un procesador asociado 220. Como se describirá con mayor detalle más adelante, la memoria 218 puede comprender una pluralidad de componentes que son ejecutados por el procesador 220, de tal modo que la ejecución de tales componentes facilita el control de uno o más módulos del robot 102. El procesador 220 puede estar en comunicación con otros módulos del robot 102 por medio de una interfaz adecuada, tal como, por ejemplo, una placa madre. Debe entenderse que el procesador 220 es el «cerebro» del robot 102 y se utiliza para tratar los datos recibidos desde los módulos del robot 102 (por ejemplo, los uno o más sensores 106 y/u otros sensores), a fin de hacer que el robot 102 se desempeñe de una manera que facilite la ultimación de la tarea predefinida en relación con la persona 104.

La parte de cuerpo 204 del robot 102 puede comprender, adicionalmente, el sistema de accionamiento 108, el cual es susceptible de hacerse funcionar para accionar unas ruedas 226 y 228 del robot 102. Por ejemplo, la rueda 226 puede ser una rueda motriz, en tanto que la rueda 228 puede ser una rueda directriz que puede actuar para hacer pivotar, y, por tanto, cambiar la orientación / dirección de desplazamiento de, el robot 102. De manera adicional, cada una de las ruedas 226 y 228 puede tener un mecanismo de dirección correspondiente a la misma, de tal manera que las 226 y 228 pueden contribuir a cambiar de orientación el robot 102. Por otra parte, si bien el sistema de accionamiento 108 se ha mostrado de manera que acciona las dos ruedas 226 y 228, ha de entenderse que es posible que el sistema de accionamiento 108 accione tan solo una de las ruedas 226 y 228, al tiempo que otro sistema de accionamiento puede accionar la otra de las ruedas 226 y 228. Al recibirse datos desde los sensores 106 y/o recibir datos órdenes desde un usuario (órdenes habladas, un gesto, etc.), el procesador 220 puede transmitir señales al módulo 206 de rotación de cabeza y/o al sistema de accionamiento 108 a fin de controlar la orientación de la parte de cabeza 202 con respecto a la parte de cuerpo 204 del robot 102 y/o la orientación y la posición del robot 102 en el entorno 100.

La parte de cuerpo 204 del robot 102 puede comprender, adicionalmente, unos altavoces 232 y un micrófono 234. Los datos captados por medio del micrófono 234 pueden ser utilizados en asociación con la respuesta a órdenes de voz (pronunciaciones habladas) procedentes de la persona 104, la aceptación de la entrada de voz procedente de la

persona 104, la determinación del volumen del habla de la persona 104, la inferencia de un estado de ánimo de la persona 104, etc. Los altavoces 232 pueden ser empleados para suministrar como salida datos de audio a la persona 104 en un intento de iniciar la participación entre la persona 104 y el robot 102, o para continuar una participación entre la persona 104 y el robot 102. La parte de cuerpo 204 del robot 102 puede también comprender un proyector 236 que es capaz de proyectar imágenes o vídeo sobre una superficie de proyección, tal como una pared pintada con un revestimiento reflectante.

Si bien el robot 102 se ha mostrado con una configuración particular y con módulos concretos incluidos en el mismo, debe entenderse que el robot 102 puede haberse configurado de una variedad de maneras diferentes, y estas configuraciones son contempladas por los presentes inventores y es la intención que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones que se acompañan a esta memoria. Por ejemplo, el módulo 206 de rotación de cabeza puede haberse configurado con un motor de inclinación, de tal manera que la parte de cabeza 202 del robot 102 puede rotar e inclinarse (verticalmente) con respecto a la parte de cuerpo 204. Por otro lado, el robot 102 puede no incluir dos partes independientes, sino que, en lugar de ello, puede estar compuesto por un único cuerpo unificado, de tal manera que el cuerpo puede hacerse rotar para permitir la captación de datos de vídeo por medio de la cámara de vídeo 212. En aún otra realización proporcionada a modo de ejemplo, el robot 102 puede tener una estructura de cuerpo unificada, y la cámara de vídeo anteriormente descrita puede tener un motor asociado con ella (tal como un servomotor), de tal modo que la posición de la cámara de vídeo puede ser alterada con respecto al robot 102 con el fin de obtener diferentes vistas de la realización 100. Aún adicionalmente, los módulos mostrados como incorporados dentro de la parte de cuerpo 204 pueden colocarse dentro de la parte de cabeza 202 del robot 102, y viceversa. Ha de comprenderse que el robot 102 se ha mostrado en la presente memoria para los propósitos de explicación, y no es la intención que sea limitativo por lo que respecta al alcance de las reivindicaciones que se acompañan a la presente memoria.

Con referencia a la Figura 3, se ilustra en ella una representación a modo de ejemplo del contenido de la memoria 218 del robot 102. La memoria 218 comprende datos 302 de sensores que son representativos de las señales recibidas desde un subconjunto de los sensores 106. Estos datos 302 de sensores, por ejemplo, pueden ser retenidos en una memoria caché / registro de almacenamiento intermedio. Tales datos 302 de sensores, para propósitos de explicación, pueden ser datos de sensores correspondientes a las condiciones que tienen un impacto en si el robot 102 puede completar con éxito la tarea en relación con la persona 104. En una realización proporcionada a modo de ejemplo, los datos 302 de sensores pueden incluir una primera señal procedente de un primer sensor, que indica que hay una persona en el entorno 100 del robot 102, una segunda señal procedente de un segundo sensor, que es indicativa de un estado del entorno 100 que se encuentra fuera del control del robot 102, y una tercera señal procedente de un tercer sensor, que es indicativa de un estado del robot 102 que es controlable por el robot 102.

La memoria 218 comprende, de manera adicional, un componente 304 de determinación de acción, que accede a un modelo 306 retenido dentro de la memoria 218, de tal manera que el modelo 306 se ha ajustado para un resultado deseado (la ultimación de la tarea en relación con la persona 104), dados los datos de sensores previamente observados. Inicialmente, antes de que el robot 102 sea desplegado en el entorno 100, puede observarse una manera en la que las personas interactúan con los robots, y pueden identificarse condiciones que son relevantes en lo que respecta a si el robot 102 es capaz de completar la tarea en relación con una persona. El componente 304 de determinación de acción recibe los datos 302 de sensores y accede al modelo 306, y, basándose en los datos 302 de sensores y en el modelo 306, el componente 304 de determinación de acción determina una acción que se ha de emprender por el robot 102 para completar la tarea predefinida.

La memoria 218 incluye, de manera adicional, un componente 308 identificador de tarea, que recibe al menos una parte de los datos 302 de sensores y determina si la tarea predefinida se ha completado con éxito. Por ejemplo, en algunos casos, puede identificarse si se ha completado con éxito la tarea de forma relativamente fácil basándose en al menos una parte de los datos 302 de sensores. Si la tarea es entregar a la persona 104 un panfleto, el componente 308 identificador de tarea puede determinar si la tarea ha sido completada con éxito identificando si la persona 104 ha aceptado el panfleto. En otro ejemplo, el componente 308 identificador de tarea puede determinar si la tarea ha sido completada con éxito basándose en información de audio recibida desde la persona 104. En otras situaciones, puede ser más difícil averiguar si la tarea predefinida en relación con el usuario 104 se ha completado con éxito. Por ejemplo, si la tarea consiste en mantener alguna suerte de conversación con la persona 104, puede ser difícil determinar de forma fiable cuándo existe tal conversación. De acuerdo con ello, el componente 308 identificador de tarea puede utilizar la inferencia para averiguar si la tarea se ha completado con éxito, de tal manera que el componente 308 identificador de tarea infiere sobre estados conocidos identificados en al menos una parte de los datos 302 de sensores, a fin de averiguar si la tarea se ha completado con éxito.

La memoria 218 puede incluir, de manera adicional, un componente 310 de aprendizaje que puede adaptar el modelo 306 basándose, al menos en parte, en: 1) los datos 302 de sensores relevantes para el momento en que el robot 102 ha tratado de completar la tarea (por ejemplo, diez segundos significativos de los datos de sensores, comenzando por el momento en que el robot 102 trata de iniciar la participación con la persona 104), de tal manera que los datos 302 de sensores indican las condiciones del entorno 100 y/o del robot 102; 2) una acción adoptada por el componente 304 de determinación de acciones; y 3) una indicación desde el componente identificador de tarea por lo que respecta a si el robot 102 ha completado con éxito la tarea. Como se describirá con mayor detalle más

adelante, el componente de aprendizaje 310 puede emplear un esquema de aprendizaje para adaptar el modelo 306 mientras el robot 102 permanece en línea, de tal modo que la probabilidad de que el robot 102 complete con éxito la tarea en relación con la siguiente persona del entorno 100, se ve incrementada.

5 A continuación se expone en la presente memoria un ejemplo concreto para ilustrar las acciones adoptadas por el componente 304 de determinación de acción, el componente 308 identificador de tarea y el componente de aprendizaje 310. Debe entenderse, sin embargo, que no es la intención que tal ejemplo sea limitativo en lo que respecta al alcance de las reivindicaciones, particularmente con respecto a la tarea predefinida y a las condiciones utilizadas en asociación con la adaptación del modelo 306. Se entenderá, por lo tanto, que el robot 102 puede haberse configurado para llevar a cabo otras tareas, de manera que otras condiciones sean relevantes en lo que respecta a si el robot 102 es capaz de completar con éxito la tarea en relación con la persona 104.

10 El contexto proporcionado a modo de ejemplo puede ser el de que el robot 102 trate de repartir un panfleto de un nuevo establecimiento que abre en un centro comercial. Para este ejemplo, puede suponerse que la probabilidad de éxito (entregar a la persona 104 el panfleto) se ve influida por las siguientes condiciones: la hora del día; la distancia entre la persona 104 y el robot 102; y la posición inicial del robot 102 en el entorno 100. De esta forma, el modelo 306 puede ser ajustado basándose en observaciones correspondientes a tales condiciones. Otras variables no consideradas en el modelo 306 pueden ser totalizadas juntas en una componente de ruido. En este ejemplo, el componente 308 identificador de tarea puede identificar de inmediato, tras cada aproximación a una persona, si la tarea en relación con la persona 104 se ha completado con éxito, de manera que el éxito se produce únicamente si una persona a la que se ha aproximado acepta el panfleto. En general, sin embargo, la identificación del éxito no tiene por qué ser inmediata, y no tiene por qué ser binaria. El componente de aprendizaje 310 adapta el modelo 306 basándose en las observaciones captadas en los datos 302 de sensores y en indicaciones en cuando a si el robot ha completado con éxito la tarea en relación con las personas a las que se ha aproximado, de tal modo que el robot 102 aprende el modo como aproximarse a las personas de una manera cada vez más efectiva.

20 En el ejemplo, el robot 102 puede escoger una cierta posición p del entorno 100 de entre un conjunto discreto de posiciones permitidas P . El robot 102 puede escoger la posición concreta utilizando la hora del día, t . Generalmente, cuando una persona se encuentra dentro del alcance de percepción del robot 102, el robot 102 decide una distancia d a la que se aproximará a (por ejemplo, iniciará una conversación con) la persona. El resultado de cada aproximación bien tiene éxito, o bien no lo tiene, y se supone que no hay coste asociado a la aproximación a una persona. De esta forma, para los propósitos de este ejemplo, en el entorno 100, el robot 102 puede aproximarse a todas las personas que pueda. Por lo tanto, el problema de escoger la distancia d a la que aproximarse a una persona puede ser definido más formalmente como sigue.

25 El resultado r_i de cada aproximación $\mathfrak{S}_{ii} \in \mathfrak{S}$ es una variable aleatoria binaria (éxito o fallo) para la que la probabilidad de éxito es una función de un vector de parámetros de entrada \mathbf{x} , el cual incluye la posición del robot 102, $p_i \in \mathbf{P}$, la distancia de aproximación $d_i \in \mathbf{D}$, y la hora del día, $t_i \in \mathbf{T}$. El subconjunto de soluciones con éxito (cuando el robot 102 entrega con éxito un panfleto) puede ser etiquetada como $\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_{ii} \in \mathfrak{S} | r_i = \text{éxito}$. El componente de aprendizaje 310 está encargado de optimizar la proporción de éxitos de las aproximaciones a las personas sobre las variables bajo el control del robot 102. Esto puede enunciarse como sigue:

$$\text{maximizar}_{\mathbf{P}, \mathbf{D}} \frac{|\mathfrak{S}_s|}{\mathfrak{S}}$$

donde $|\cdot|$ representa el número cardinal de un conjunto.

40 El problema expuesto en lo anterior puede ser acometido por el componente de aprendizaje 310 como un problema de regresión por encima del cual se aplica una técnica de GPR. Semejante técnica supone que los datos pueden ser representados como una muestra obtenida de una distribución gaussiana de múltiples variables. El componente de aprendizaje 310 puede combinar la GPR con un criterio de exploración basado en principios procedentes del aprendizaje de refuerzo.

45 De forma más específica, dado el vector de variables de entrada \mathbf{x} , un procedimiento gaussiano queda completamente especificado por su función media ($m(\mathbf{x})$) y su función covarianza ($k(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$). De acuerdo con ello, el procedimiento aleatorio $f(\mathbf{x})$ puede ser aproximado como un procedimiento gaussiano:

$$f(\mathbf{x}) \sim \mathcal{GP}(m(\mathbf{x}), k(\mathbf{x}, \mathbf{x}')) \tag{1}$$

50 Puede darse un modelo de la función covarianza como una combinación de la función covarianza de cada uno de los parámetros de estado, la hora del día (k_t) y la distancia de aproximación (k_d), como sigue:

$$k(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \alpha_1 k_t(\mathbf{x}, \mathbf{x}') + \alpha_2 k_d(\mathbf{x}, \mathbf{x}') \tag{2}$$

Puede apreciarse que esto no implica que las variables estén linealmente relacionadas, sino que, en lugar de ello, la covarianza (α) de una de ellas no cambia en función de la otra. La variable posición puede ser tratada por separado y, por tanto, dicha variable no se ha incorporado en la matriz de covarianza.

5 La adaptación del modelo por el componente de aprendizaje 310 implica dos etapas. Inicialmente, el componente de aprendizaje 310 puede ajustar una matriz de covarianza relacionada con el procedimiento que mejor explica los datos contenidos en los datos 302 de sensores. Esto puede llevarse a cabo maximizando la probabilidad de los datos 302 de sensores en función de los parámetros contenidos en la función covarianza. Más concretamente, cada una de las matrices de covarianza K_i y K_d correspondientes a los vectores específicos x_i para las soluciones previamente probadas

$$10 \quad K(\mathbf{x}, \mathbf{x}) = \begin{bmatrix} k(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_1) & \dots & k(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k(\mathbf{x}_n, \mathbf{x}_1) & \dots & k(\mathbf{x}_n, \mathbf{x}_n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

se obtiene estableciendo un modelo de $k(\mathbf{x}, \mathbf{x})$ como sigue:

$$k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \sigma_f^2 \exp\left(-\frac{(x_i - x_j)^2}{2l^2}\right) + \sigma_n^2 \delta_{ij}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \quad (4)$$

15 donde $\delta_{ij}(x_i, x_j)$ es una delta de Kronecker que es uno si, y solo si, $i = j$, y cero en caso contrario. La función exponencial al cuadrado tiene algunos parámetros característicos, tales como la covarianza máxima permisible σ_f^2 , un parámetro de longitud relacionado con la separación de las observaciones (l), y un parámetro relacionado con el ruido del procedimiento, σ_n .

El componente de aprendizaje 310 puede entonces predecir la media y la varianza del procedimiento de acuerdo con el vector de observaciones \mathbf{y} , como sigue:

$$\bar{\mathbf{y}}_* = K_* K^{-1} \mathbf{y} \quad (5)$$

$$20 \quad \text{var}(\mathbf{y}_*) = K_{**} - K_* K^{-1} K_*^T, \quad (6)$$

donde \mathbf{y}^* es la predicción del procedimiento gaussiano (variable aleatoria) para un vector de entrada observado \mathbf{x}^* , $\bar{\mathbf{y}}_*$ es su media, y $\text{var}(\mathbf{y}^*)$ es su varianza. Las matrices de covarianza son $K = K(\mathbf{x}, \mathbf{x})$, $K^* = K(\mathbf{x}^*, \mathbf{x})$ y $K^{**} = K(\mathbf{x}^*, \mathbf{x}^*)$.

25 Puesto que el componente de aprendizaje 310 ejecuta dicho método iterativamente, es deseable un criterio eficiente para escoger el siguiente estado que se ha visitar con el fin de mejorar el modelo 306. Considerando la media (Ec. 5) y la varianza (Ec. 6) antes presentadas, se expone en lo que sigue una posición relativa al criterio en el entorno 100, en la que el robot 102 se sitúa por sí mismo (Ec. 9). De entre todas las posibles posiciones en el entorno 100, el componente 304 de determinación de acción puede escoger la posición con la máxima media predicha con una probabilidad \mathfrak{S} , la posición con el valor más alto predicho con un C.I. del 95% con una probabilidad \mathfrak{S} , o una posición aleatoria escogida de otra manera.

$$30 \quad p_{media} = \arg \max_{\forall i \in \mathbf{P}} \max(\bar{\mathbf{y}}_*)^{[i]} \quad (7)$$

$$p_{std} = \arg \max_{\forall i \in \mathbf{P}} \max(\bar{\mathbf{y}}_* + 1,96\sqrt{\text{var}(\mathbf{y}_*)})^{[i]} \quad (8)$$

$$p \sim \begin{cases} p_{media}, & \text{si } r \leq p_{media}^p \\ p_{std}, & \text{si } p_{media}^p < r \leq p_{ci}^p \\ U(1, |\mathbf{P}|), & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (9)$$

donde $r \in [0, 1]$ es un número real aleatorio con distribución uniforme.

35 Según se presenta más adelante, en la Ec. 12, se expone un criterio que puede ser empleado por el componente 304 de determinación de acción a la hora de seleccionar una distancia entre el robot 102 y la persona 104.

Suponiendo que se ha escogido una posición, pueden recuperarse datos de entre los datos 302 de sensores y pueden predecirse posibles valores de distancia. Similarmente a la selección de una posición, puede seleccionarse con una probabilidad \mathfrak{S}_i el valor de distancia con la media máxima, si bien es posible seleccionar una distancia con una distribución normal por parte del componente 304 de determinación de acción, considerando esta como el valor de distancia anteriormente mencionado. Se selecciona el valor de distancia con el valor más alto para un C.I. del 95% con una probabilidad \mathfrak{S} , y la distancia puede escogerse de nuevo con una distribución normal. En caso contrario, se escoge un valor de manera uniformemente aleatoria dentro del dominio del conjunto de distancias. Este procedimiento puede ayudar al robot 102 a la hora de explorar las posibilidades, por cuanto el robot 102 puede no escoger una distancia identificada como una distancia óptima, sino que, en lugar de ello, puede seleccionar una distancia para aprender mejor las probabilidades correspondientes a las posibles distancias (y, por tanto, con el tiempo, aprender una distancia óptima). El robot 102 puede, sin embargo, seleccionar una distancia de entre el dominio de distancias que se encuentran entre un número de umbral de distancias que tienen una probabilidad más alta con respecto a la participación de la persona con el robot 102.

$$d_{media} = \arg \max_{\forall x \in X_*} \max(\bar{y}_*) \quad (10)$$

$$d_{std} = \arg \max_{\forall x \in X_*} \max(\bar{y}_* + 1,96\sqrt{\text{var}(\bar{y}_*)}) \quad (11)$$

$$r \sim \begin{cases} N(d_{media}, \sigma_d^2), & \text{si } r \leq p_{media}^2 \\ N(d_{std}, \sigma_d^2), & \text{si } p_{media}^2 < r \leq p_{ci}^d \\ U(\min(\mathbf{D}), \max(\mathbf{D})), & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (12)$$

donde $r \in [0, 1]$ es un número real aleatorio con distribución uniforme.

En resumen, el componente 304 de determinación de acción puede supervisar los datos 302 de sensores para identificar cuándo la persona 104 está en proximidad con el robot 102. Una vez que el componente 304 de determinación de acción detecta que la persona 104 está en proximidad con el robot 102, el componente 304 de determinación de acción puede acceder al modelo 306 utilizando datos captados por sensores, de manera que se sabe que tales datos son relevantes para la capacidad del robot 102 de completar con éxito la tarea en relación con la persona 104. Mediante el acceso al modelo 306, el componente 304 de determinación de acción puede determinar una acción que se ha de tomar, la cual tiene en consideración el aprendizaje de probabilidades correspondientes a las posibles acciones, sin sacrificar notablemente la probabilidad de completar la tarea con éxito.

De esta forma, el componente 304 de determinación de acción puede recibir al menos una señal de al menos un sensor que es indicativa de una condición que puede ser controlada por el robot 102, y que puede, opcionalmente, incluir al menos una señal procedente de al menos un sensor que es indicativa de al menos una condición que está fuera del control del robot 102. Cuando accede al modelo 306, el componente 304 de determinación de acción puede determinar cómo modificar la condición que se encuentra bajo el control del robot 102 para aumentar la probabilidad de que la tarea en relación con el usuario 104 sea completada con éxito (dadas las interacciones previamente observadas con otras personas).

El componente 304 identificador de tarea, como se ha señalado anteriormente, analiza los datos 302 de sensores con el fin de identificar si la tarea se ha completado con éxito. El componente de aprendizaje 310 puede recibir datos de sensores correspondientes a cuándo / cómo se ha aproximado el robot 102 a la persona 104 a la hora de tratar de completar la tarea, así como la indicación, procedente del componente 308 identificador de tarea, con respecto a si la tarea se ha completado con éxito o no. Utilizando esta información, el componente de aprendizaje 310 puede adaptar el modelo 306 (haciendo uso de una regresión), de tal manera que la probabilidad de que el robot 102 complete con éxito la tarea en relación con una persona subsiguiente del entorno se ve incrementada.

Las Figuras 4-5 ilustran realizaciones proporcionadas a modo de ejemplo referidas a la implicación persona-robot. Si bien las metodologías se muestran y describen de manera que constituyen una serie de actos que se llevan a cabo en una secuencia, debe entenderse y apreciarse que las metodologías no están limitadas por el orden de la secuencia. Por ejemplo, algunos actos pueden tener lugar en un orden diferente del que se describe en esta memoria. Además, un acto puede producirse de forma concurrente con otro acto. Por otra parte, en algunas situaciones, pueden no ser necesarios todos los actos para implementar una metodología descrita en la presente memoria.

Es más, los actos que se describen en esta memoria pueden ser instrucciones ejecutables por computadora que pueden ser implementadas por uno o más procesadores y/o almacenadas en un medio o medios legibles por computadora. Las instrucciones ejecutables por computadora pueden incluir una rutina, una subrutina, programas, un hilo de ejecución y/o elementos similares. Aún por otra parte, los resultados de los actos de las metodologías pueden ser almacenados en un medio legible por computadora, visualmente presentados en un dispositivo de

presentación visual, y/o tratados de un modo similar.

Haciendo referencia, a continuación, únicamente a la Figura 4, se ilustra en ella una metodología 400 proporcionada a modo de ejemplo que facilita la determinación de una acción que tomar en relación con una persona en un entorno particular, que maximiza la probabilidad de que una tarea en relación con la persona se complete con éxito. La metodología 400 comienza según se indica por la referencia 402, y, de acuerdo con la referencia 404, se recibe una primera señal suministrada como salida por un primer sensor del robot, de tal manera que la primera señal indica que hay una persona en un entorno del robot. Por ejemplo, la primera señal puede ser una señal de vídeo, de tal manera que las tramas de la señal de vídeo captan a una persona en el entorno del robot.

Según se indica por la referencia 406, se recibe una segunda señal suministrada como salida por un segundo sensor, de tal modo que la segunda señal es indicativa de una primera condición correspondiente al entorno, de manera que la primera condición está sometida al control del robot y se ha identificado como relevante para la tarea que ha sido asignada al robot. En el ejemplo expuesto en lo anterior, la señal puede ser una posición del robot, una velocidad del robot, una aceleración del robot, un volumen de los altavoces del robot, etc.

Conforme a la referencia 408, se identifica una acción que se ha de adoptar por el robot, de tal manera que la acción se identifica para completar la tarea que implica la interacción con la persona, y de modo que la acción es identificada basándose, al menos en parte, en la primera señal suministrada como salida por el primer sensor, en la segunda señal suministrada como salida por el segundo sensor, y en sucesos y fracasos pasados del robot cuando el robot trataba de completar la tarea en relación con otras personas del entorno. Como se ha indicado anteriormente, el aprendizaje del robot puede ser acometido en línea, o bajo conexión.

Según se indica por la referencia 410, la señal es transmitida a un dispositivo de accionamiento del robot para hacer que el robot lleve a cabo la acción identificada por la referencia 408. Tal acción puede ser suministrar como salida habla a un volumen particular, trasladarse hacia la persona a una velocidad particular, etc. La metodología 400 se completa conforme se indica por la referencia 412.

Haciendo referencia, a continuación, a la Figura 5, se ilustra en ella una metodología 500 proporcionada a modo de ejemplo que actualiza un modelo utilizado por un robot para determinar una acción que adoptar en relación con una persona con el fin de completar una tarea particular. La metodología 500 comienza según se indica por la referencia 502, y, de acuerdo con la referencia 504, el robot móvil identifica que hay una persona en el entorno de éste. Según se indica por la referencia 506, se determina la hora del día en ese momento. De acuerdo con la referencia 508, se accede a un modelo que se ha ajustado a los datos observados en torno al robot cuando el robot trató anteriormente de interactuar con personas del entorno.

De acuerdo con la referencia 510, el modelo aprendido se utiliza para determinar la distancia entre el robot móvil y la persona que, de acuerdo con el modelo aprendido, ayuda al robot a aprender las distancias óptimas entre la persona y el robot, dadas observaciones que varían, y, adicionalmente, aumenta la probabilidad de que el robot involucre con éxito a la persona. Por ejemplo, puede emplearse la GPR para determinar la distancia entre el robot móvil y la persona. Según se indica por la referencia 512, se transmite una señal a un motor del robot móvil, de manera que la señal hace que el motor impulse el robot móvil de una primera posición del entorno a una segunda posición del entorno. Una vez que el robot móvil se encuentra en la segunda posición, la distancia entre el robot móvil y la persona es la distancia determinada conforme a la referencia 510.

Según se indica por la referencia 514, se detecta que el robot móvil ha llegado a la posición deseada (la segunda posición). De acuerdo con la referencia 516, en respuesta a la detección de que el robot se encuentra en la segunda posición, se realiza una determinación acerca de si la persona se ha involucrado con el robot móvil o el robot móvil no ha conseguido involucrar a la persona. Conforme a la referencia 518, como respuesta inmediata a la identificación acerca de si la persona se ha involucrado con el robot móvil o el robot móvil no ha conseguido involucrarla, se utilizan principios procedentes del aprendizaje de refuerzo para actualizar el modelo basándose, al menos en parte, en la hora del día en ese momento, en la distancia determinada según la referencia 510, y en la identificación sobre si la persona se ha involucrado con el robot o el robot no ha conseguido involucrarla. El modelo es, por tanto, actualizado para aumentar la probabilidad de que una persona que se ha identificado subsiguientemente que se encuentra en el entorno, se involucre con el robot. La metodología 500 se completa según se indica por la referencia 520.

Haciendo referencia, a continuación, a la Figura 6, se muestra en ella una ilustración de alto nivel de un dispositivo informático 600 proporcionado a modo de ejemplo, que puede ser utilizado de acuerdo con los sistemas y metodologías divulgados en esta memoria. Por ejemplo, el dispositivo informático 600 puede ser utilizado en un sistema que facilita la actualización de un modelo aprendido correspondiente a la ultimación con éxito de una tarea por parte de un robot. A modo de ejemplo adicional, el dispositivo informático 600 puede ser utilizado en un sistema que da soporte a la determinación de una acción que llevar a cabo para ayudar a un robot a completar con éxito una tarea. El dispositivo informático 600 incluye al menos un procesador 602 que ejecuta instrucciones que son almacenadas en la memoria 604. Las instrucciones pueden ser, por ejemplo, instrucciones para implementar una capacidad funcional descrita como llevada a cabo por uno o más componentes anteriormente expuestos, o instrucciones para implementar uno o más de los métodos anteriormente descritos. El procesador 602 puede

acceder a la memoria 604 por medio de un bus 606 de sistema. Además de almacenar instrucciones ejecutables, la memoria 604 puede también almacenar datos de sensores, un modelo ajustado a los datos observados, etc.

El dispositivo informático 600 incluye, adicionalmente, un dispositivo 608 de almacenamiento de datos que es accesible por el procesador 602 a través del bus 606 de sistema. El dispositivo 608 de almacenamiento de datos puede incluir instrucciones ejecutables, datos de sensores, un mapa de un entorno, etc. El dispositivo informático 600 también incluye una interfaz de entrada 610 que permite a los dispositivos externos comunicarse con el dispositivo informático 600. Por ejemplo, el interfaz de entrada 610 puede ser utilizado para recibir instrucciones desde un dispositivo informático externo, desde un usuario, etc. El dispositivo informático 600 también incluye una interfaz de salida 612 que actúa como interfaz entre el dispositivo informático 600 y uno o más dispositivos externos. Por ejemplo, el dispositivo informático 600 puede presentar visualmente texto, imágenes, etc. por medio de la interfaz de salida 612.

Se ha contemplado que los dispositivos externos que se comunican con el dispositivo informático 600 a través de la interfaz de entrada 610 y de la interfaz de salida 612 puedan estar incluidos en un entorno que proporciona sustancialmente cualquier tipo de interfaz de usuario con la que un usuario pueda interactuar. Ejemplos de tipos de interfaz de usuario incluyen interfaces de usuario gráficas, interfaces de usuario naturales, y así sucesivamente. Por ejemplo, una interfaz de usuario gráfica puede aceptar una entrada desde un usuario que emplea un dispositivo(s) de entrada tal(es) como un teclado, un ratón, un mando a distancia o un dispositivo similar, y proporcionar una salida por un dispositivo de salida tal como un dispositivo de presentación visual. Por otra parte, una interfaz de usuario natural puede permitir a un usuario interactuar con el dispositivo informático 600 de una manera que está libre de las restricciones impuestas por dispositivos de entrada tales como teclados, ratones, mandos a distancia y otros similares. En lugar de ello, una interfaz de usuario natural puede basarse en el reconocimiento del habla, en el reconocimiento táctil y de estilo, en el reconocimiento gestual, tanto en pantalla como adyacentemente a la pantalla, activaciones mediante la función 'Air gesture' [pasando la mano por la pantalla sin tocarla], seguimiento de la cabeza y de los ojos, voz y habla, visión, tacto, gestos, inteligencia artificial, y así sucesivamente.

De manera adicional, si bien se ha ilustrado como un único sistema, se entenderá que el dispositivo informático 600 puede ser un sistema distribuido. De esta forma, por ejemplo, varios dispositivos pueden estar en comunicación por medio de una conexión de red y pueden llevar a cabo de forma colectiva tareas que se han descrito como realizadas por el dispositivo informático 2000.

Las diversas funciones descritas en esta memoria pueden ser implementadas en hardware, software o cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones pueden ser almacenadas en, o transmitidas como, una o más instrucciones o código en un medio legible por computadora. Los medios legibles por computadora incluyen medios de almacenamiento legibles por computadora. Un medio de almacenamiento legible por computadora puede ser cualquier medio de almacenamiento disponible al que pueda accederse por una computadora. A modo de ejemplo, y no como limitación, tal medio de almacenamiento legible por computadora puede comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro dispositivo de almacenamiento de disco óptico, dispositivo de almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnéticos, o bien cualquier otro medio que pueda ser utilizado para transportar o almacenar código de programa deseado en la forma de instrucciones o estructuras de datos, y al que pueda accederse por una computadora. El término «disco» [de los términos ingleses *disk* y *disc*], tal como se utiliza en esta memoria, incluye disco compacto (CD –“compact disc”–), disco de láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD –“digital versatile disc”–), disco flexible y disco de Blue-ray (BD –“Blue-ray disc”–), de tal manera que los discos [de *disks*] reproducen habitualmente los datos de forma magnética y los discos [de *discs*] reproducen habitualmente los datos de forma óptica, con láseres. Por otra parte, una señal propagada no está incluida dentro del alcance de un medio de almacenamiento legible por computadora. Los medios legibles por computadora también incluyen medios de comunicación, incluyendo cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Una conexión, por ejemplo, puede ser un medio de comunicación. Por ejemplo, si el software es transmitido desde un sitio web, servidor u otra fuente remota utilizando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL –“digital subscriber line”–), o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL, o tecnologías inalámbricas tales como los infrarrojos, radio y microondas están incluidos en la definición de medio de comunicación. Combinaciones de lo anterior deberán estar también incluidas dentro del alcance de los medios legibles por computadora.

Alternativamente, o además de ello, la capacidad funcional descrita en esta memoria puede ser llevada a cabo, al menos en parte, por uno o más componentes lógicos de hardware. Por ejemplo, y sin limitación, tipos ilustrativos de componentes lógicos de hardware que pueden ser utilizados incluyen matrices de puerta programables por efecto de campo (FPGAs –“Field-programmable Gate Arrays”–), circuitos integrados específicos de programa (ASICs –“Program-specific Integrated Circuits”–), productos estándar específicos de programa (ASSPs –“Program-specific Standard Products”–), sistemas llamados de «sistema en un chip» (SOCs –“System-on-a-chip systems”–), dispositivos lógicos programables complejos (CPLDs –“Complex Programmable Logic Devices”–), etc.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método (400) para adaptar automáticamente el comportamiento de un dispositivo robótico móvil (102) con el fin de aumentar la probabilidad de que el dispositivo robótico móvil (102) complete con éxito una tarea (408) que implica la interacción con una persona (104), de tal manera que una ultimación con éxito de la tarea comprende hacer que la persona (104) se involucre con el dispositivo robótico móvil (102), siendo el método (400) ejecutado por un procesador (220) del dispositivo robótico móvil (102), de tal manera que el método (400) comprende:
- 5 recibir datos (302) de sensores, que comprenden una primera señal suministrada como salida por un primer sensor (404), de tal manera que la primera señal indica que hay una persona (104) en un entorno (100) del dispositivo robótico móvil (102), y una segunda señal suministrada como salida por un segundo sensor (406), de tal modo que la segunda señal es indicativa de una primera condición del dispositivo robótico móvil (102), de tal manera que la primera condición está sometida al control por el dispositivo robótico móvil (102), y la primera condición se identifica como relevante para la probabilidad de que el dispositivo robótico móvil (102) complete la tarea (408) con éxito; estando el método (400) **caracterizado por que** comprende, adicionalmente:
- 10 identificar una acción que debe adoptarse por el dispositivo robótico móvil (102), de tal manera que la acción se identifica para aumentar la probabilidad de completar con éxito la tarea, identificándose la acción basándose, al menos en parte, en los datos (302) de sensores recibidos, y un modelo (306) que representa éxitos y fallos de tentativas pasadas del dispositivo robótico móvil (102) para completar la tarea (408) con otras personas (104);
- 15 transmitir una señal a un dispositivo de accionamiento (410) del dispositivo robótico móvil (102) para hacer que el dispositivo robótico móvil (102) lleve a cabo la acción como tentativa para completar la tarea (408);
- 20 identificar una indicación con respecto a si el robot (102) ha completado con éxito la tarea (408) basándose en una reacción de la persona (104) ante el robot (102) que lleva a cabo la acción; y
- proporcionar los datos (302) de sensores, la acción adoptada y la indicación identificada con respecto a si el robot (102) ha completado con éxito la tarea (408), a fin de adaptar el modelo (306).
- 2.- El método (400) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, adicionalmente:
- 25 averiguar si el dispositivo robótico móvil (102) ha completado con éxito la tarea o no ha conseguido completar la tarea (408); y
- en respuesta a la averiguación acerca de si el dispositivo robótico móvil (102) ha completado con éxito la tarea o no ha conseguido completar la tarea (408), actualizar un modelo (306) que se emplea en asociación con la identificación de la acción que ha de adoptarse por el dispositivo robótico móvil (102), de tal manera que el modelo (306) se actualiza para aumentar la probabilidad de que el dispositivo robótico móvil (102) complete con éxito la tarea (408) con respecto a otra persona (104) que entra subsiguientemente en el entorno (100).
- 3.- El método (400) de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual la averiguación acerca de si el dispositivo robótico móvil (102) ha completado con éxito la tarea o no ha conseguido completar la tarea (408), comprende:
- identificar una pronunciación de habla emitida por la persona (104) hacia el dispositivo robótico móvil (102); y
- 35 averiguar si el dispositivo robótico móvil (102) ha completado con éxito la tarea o no ha conseguido completar la tarea (408) basándose, al menos en parte, en la identificación de la pronunciación de habla emitida por la persona (104) hacia el dispositivo robótico móvil (102).
- 4.- El método (400) de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual la averiguación acerca de si el dispositivo robótico móvil (102) ha completado con éxito la tarea o no ha conseguido completar la tarea (408), comprende:
- 40 identificar un gesto expresado por la persona (104) hacia el dispositivo robótico móvil (102); y
- averiguar si el dispositivo robótico móvil (102) ha completado con éxito la tarea o no ha conseguido completar la tarea (408) basándose, al menos en parte, en la identificación del gesto expresado por la persona (104) hacia el dispositivo robótico móvil (102).
- 5.- El método (400) de acuerdo con la reivindicación 1, de tal manera que el primer sensor es una cámara de vídeo (212), siendo la primera señal una señal de vídeo suministrada como salida por la cámara de vídeo (212), y el segundo sensor es un sensor de profundidad, siendo la segunda señal indicativa de una distancia (D) entre el dispositivo robótico móvil (102) y la persona (104).
- 6.- El método (400) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente recibir una tercera señal suministrada como salida desde un tercer sensor, de tal manera que la tercera señal es indicativa de una segunda condición correspondiente al entorno (100), de tal modo que la segunda condición no es controlable por el dispositivo robótico móvil (102), de manera que la identificación de la acción que se ha de adoptar por el dispositivo robótico móvil (102) está basada, al menos en parte, en la tercera señal suministrada como salida por el tercer
- 50

sensor.

7.- Un robot móvil (102) que comprende:

unos primer y segundo sensores;

un dispositivo de accionamiento (410);

5 un medio de almacenamiento legible por máquina;

instrucciones de programa ejecutables, incorporadas en el medio de almacenamiento legible por máquina y que, cuando se ejecutan por un sistema programable, hacen que el sistema lleve a cabo un método para adaptar automáticamente el comportamiento de un dispositivo robótico móvil (102) con el fin de aumentar la probabilidad de que el dispositivo robótico móvil (102) complete con éxito una tarea (408) que implica la interacción con una persona (104), de tal manera que una ultimación con éxito de la tarea (408) comprende hacer que la persona (104) se involucre con el dispositivo robótico móvil (102), de tal modo que el método (400) comprende las etapas de:

10

recibir datos (302) de sensores, que comprenden una primera señal suministrada como salida por el primer sensor (404), de tal manera que la primera señal indica que hay una persona (104) en un entorno (100) del dispositivo robótico móvil (102), y una segunda señal suministrada como salida por el segundo sensor (406), de tal modo que la segunda señal es indicativa de una primera condición del dispositivo robótico móvil (102), de manera que la primera condición está sometida al control del dispositivo robótico móvil (102), y la primera condición se identifica como relevante para la probabilidad de que el dispositivo robótico móvil (102) complete la tarea (408) con éxito;

15

estando el robot móvil (102) **caracterizado por que** el método (400) comprende, de manera adicional:

20 identificar una acción que se ha adoptar por el dispositivo robótico móvil (102), de tal modo que la acción se identifica para aumentar la probabilidad de completar con éxito la tarea,

de manera que la acción se identifica basándose, al menos en parte, en los datos (302) de sensores recibidos y en un modelo (306) que representa éxitos y fallos de tentativas pasadas del dispositivo robótico móvil (102) a la hora de completar la tarea (408) con otras personas (104);

25 transmitir una señal al dispositivo de accionamiento (410) del dispositivo robótico móvil (102) para hacer que el dispositivo robótico móvil (102) lleve a cabo la acción como tentativa para completar la tarea (408);

identificar una indicación con respecto a si el robot (102) ha completado con éxito la tarea (408), basándose en una reacción de la persona (104) al robot (102) que lleva a cabo la acción; y

proporcionar los datos (302) de sensores, la acción adoptada y la indicación identificada acerca de si el robot (102) ha completado con éxito la tarea (408), para adaptar el modelo (306).

30

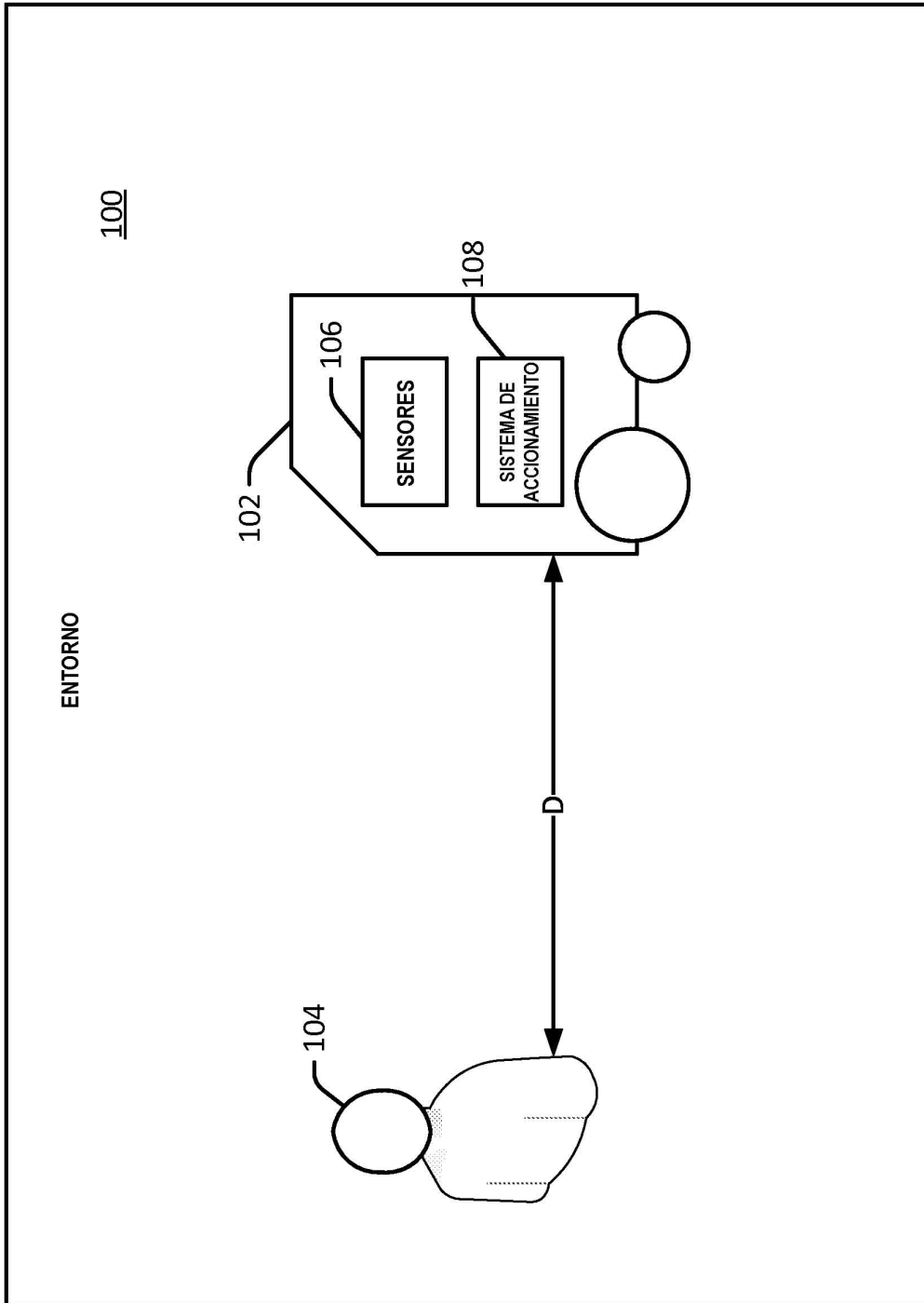


FIG. 1

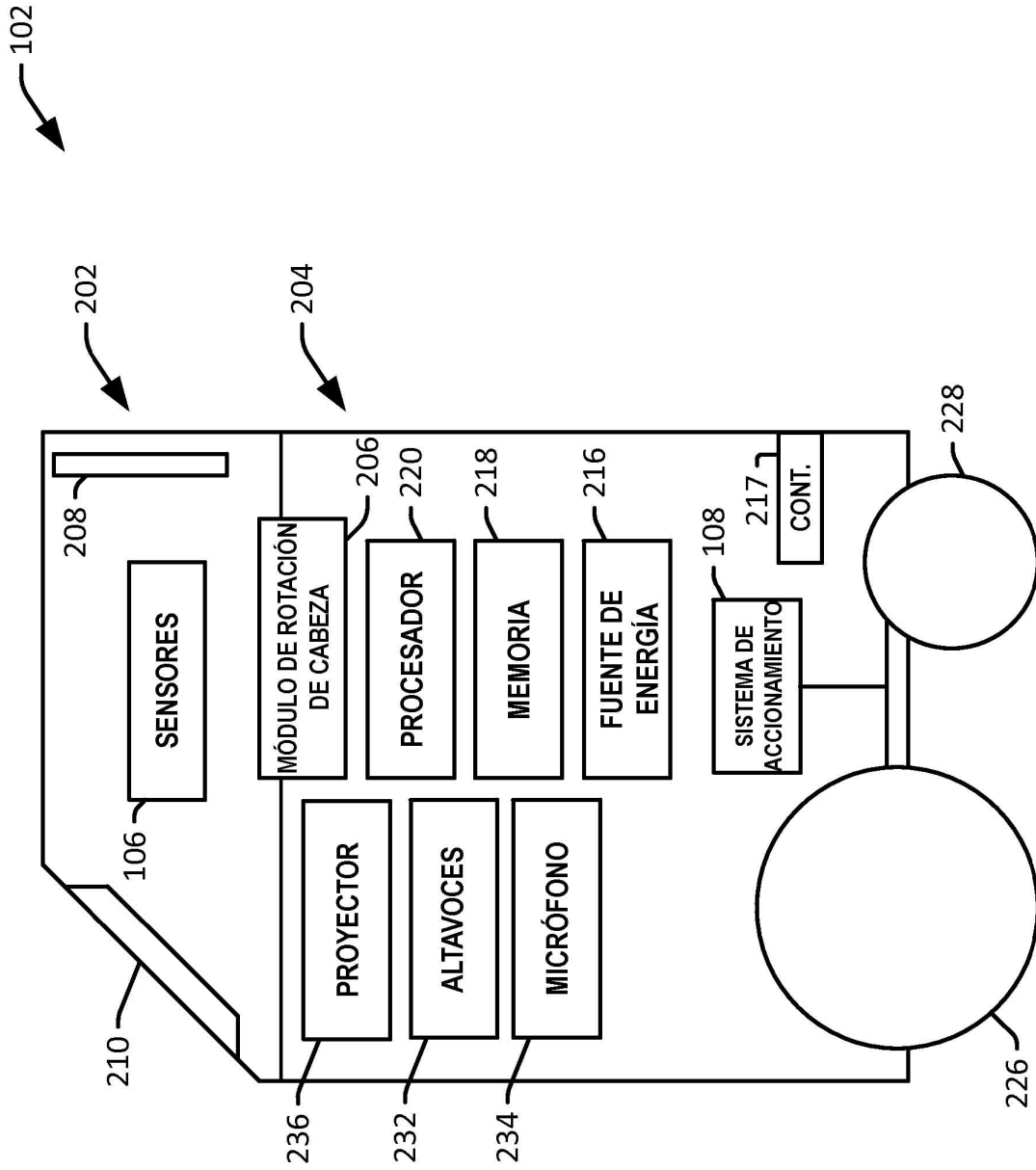


FIG. 2

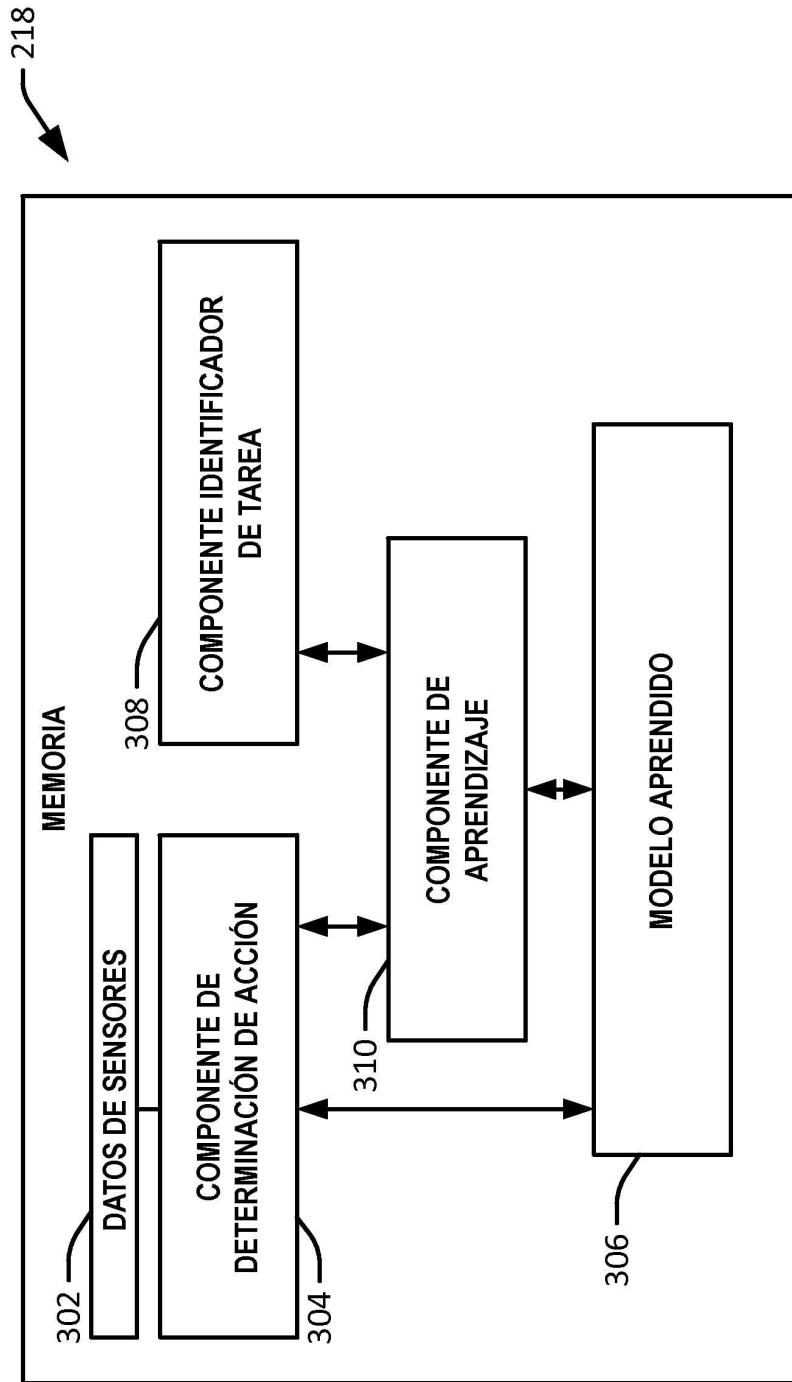


FIG. 3

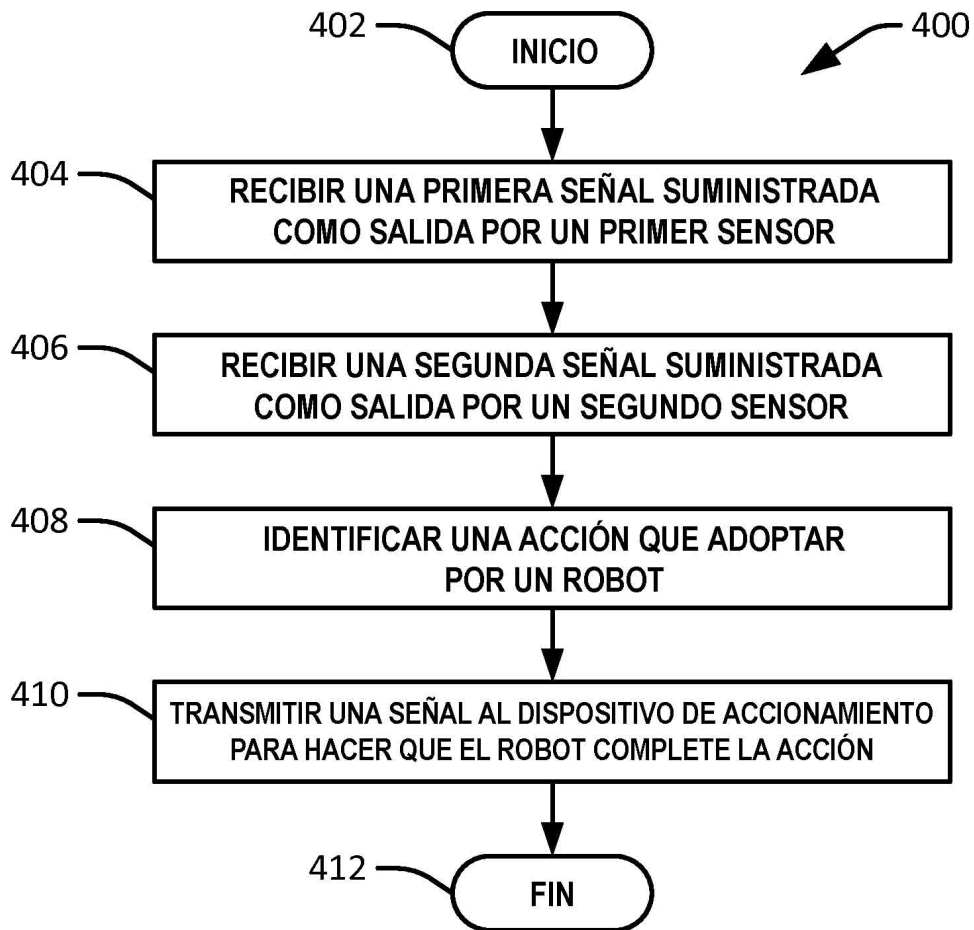


FIG. 4

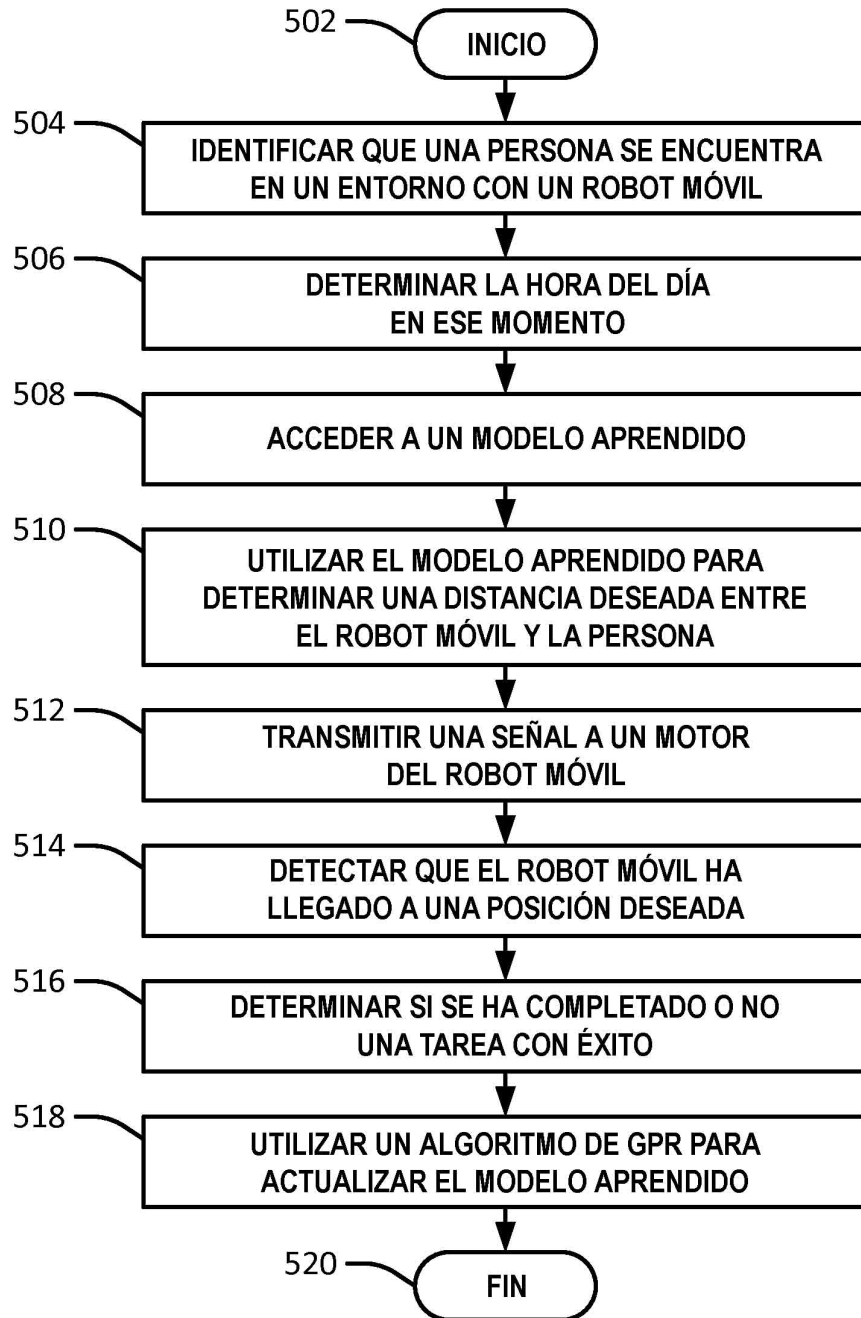


FIG. 5

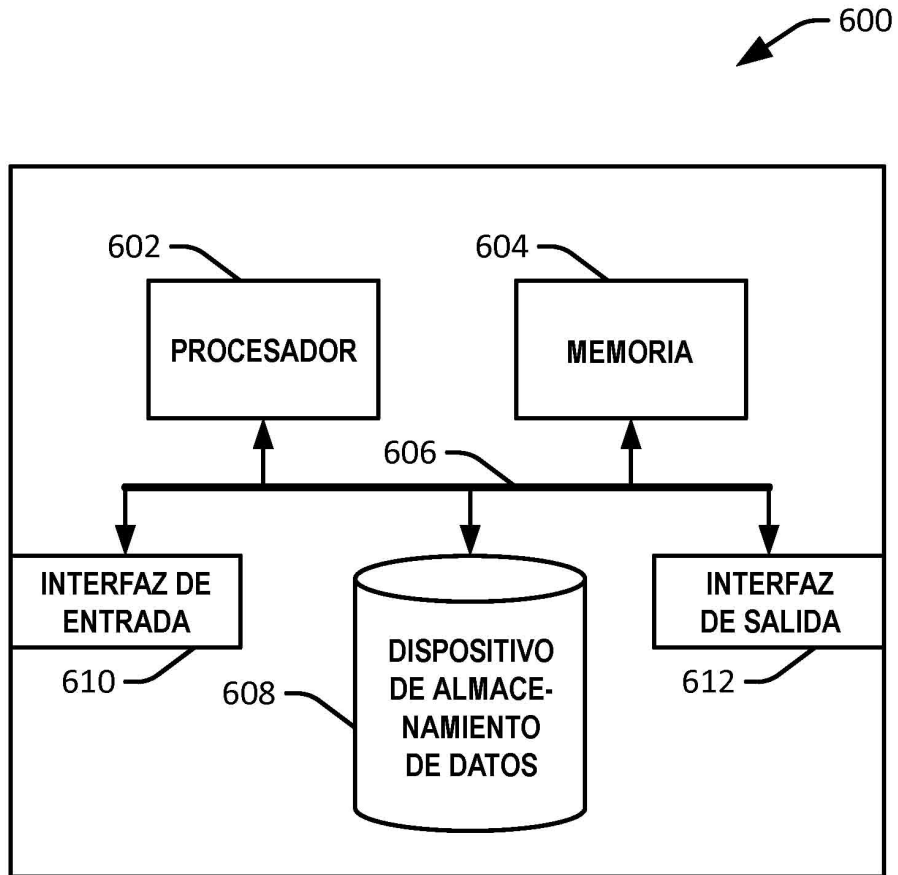


FIG. 6