

ROBOTS INTELIGENTES EN LA REHABILITACIÓN

SMART ROBOTS IN REHABILITATION

Miguel Ángel Ortega-Palacios*, Josefina Guerrero-García¹, Juan Manuel González-
Calleros¹

¹ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica,
Av. San Claudio y 14 Sur, Puebla, México

miguel.ortegap@alumno.buap.mx

Resumen

Los seres humanos desarrollamos habilidades para navegar en nuestro mundo a lo largo de nuestra vida. Desde que un niño comienza a caminar y mediante un proceso de prueba y error va construyendo mapas mentales sobre su contexto y aprende a moverse de manera libre por cualquier ambiente, incluso identifica aquellos dónde su capacidad hace imposible desplazarse. Emular este proceso de aprendizaje en un robot bípedo presenta numerosos retos. Actualmente, hay esfuerzos significativos hacia esa dirección, pero son más los ejemplos de fallas en los mecanismos de navegación que hacen vigente la búsqueda de alternativas de solución. De manera particular, se ha detectado la ausencia de guías metodológicas que permitan a futuros investigadores desarrollar soluciones a la problemática de hacer caminar a un robot bípedo, debido a que cada robot presenta ciertas peculiaridades que deben atenderse de manera diferente, como el lugar de navegación donde se utilizará. La presente propuesta de investigación muestra como caso de estudio un robot BIOLOID de 18 grados de libertad para implementar un sistema de navegación autónoma con el propósito de ayudar a los pacientes que necesiten un proceso de rehabilitación en sus hogares, sin necesidad de desplazarse hacia otro lugar,

y a los médicos especialistas para que se encarguen de elegir las rutinas que el paciente necesita en su rehabilitación. Por consiguiente, la tarea principal del robot es navegar de forma autónoma dentro del hogar del paciente para localizarlo e indicarle que ya es hora de realizar su rutina de ejercicios, al mismo tiempo que el robot se encarga de generar dichos movimientos con sus articulaciones para que el paciente pueda imitarlo. Además el robot se encarga de supervisar al paciente en tiempo real e indicarle si está realizando los movimientos de manera correcta. Esta investigación pretende ser de utilidad en otros contextos en condiciones similares.

Palabras clave: Robot bípedo, navegación autónoma, rehabilitación, paciente

Abstract

We human beings need to develop skills that allow us to thrive in this world throughout our lives. Since infants learn to first walk, they build mind maps about their surroundings through a process of trial and error and learn to move freely through any type of environment; moreover, they even identify those environments where their ability makes it impossible to move around. Reproducing this learning process in a biped robot presents several challenges. Currently, there are significant efforts to achieve this purpose, but there are more instances of flaws in a robot's navigation mechanism that make the search for alternative solutions remain valid. In particular, the absence of methodological guidelines that allow future researchers to find solutions to the problem of making a biped robot capable of walking has been detected because each robot has certain features that must be tackled in a different way, such as the place of navigation where it will be used. This research proposal presents a case study of an 18-degree-of-freedom BIOLOID robot to implement an autonomous navigation system with the purpose of helping both patients, who need a rehabilitation process at home without the need of moving to another place, and medical specialists, who are responsible for choosing a patient's rehabilitation routine. Therefore, the robot's main task is to navigate autonomously inside

the patient's home to locate him/her and indicate him/her that it is time to perform his/her exercise routine. At the same time, the robot is responsible for generating the exercise movements with its joints so that the patient can imitate it. In addition, the robot is responsible for monitoring the patient in real time and telling him/her whether he/she is performing the movements correctly. This research paper aims to be useful elsewhere under similar conditions.

Keywords: Biped robot, autonomous navigation, rehabilitation, patient

Ventajas y Aplicaciones de los Robots Humanoides

Un robot autónomo humano capaz de adaptarse al cambio de entorno para alcanzar su objetivo se considera un robot humanoide. Esta característica diferencia al androide de otro tipo de robots. En años recientes el desarrollo de humanoides ha progresado considerablemente, pero aún hay muchos ámbitos de investigación en este campo. Aunque los humanoides aún no son lo suficientemente inteligentes ni autónomos en la actualidad, estos se presentan como uno de los logros espléndidos de la humanidad. Ellos son el mayor intento por producir un ser sintético tanto en estructuras masculinas como femeninas. En años recientes, los fabricantes han

diseñado diferentes tipos de plataformas humanoides que son más accesibles para el público en general.

Actualmente, los sistemas humanoides más avanzados están diseñados con estrategias de voz, visión y reconocimiento de gestos. El sistema dinámico de locomoción avanzada permite que los robots caminen, corran, suban escaleras e incluso eviten obstáculos estáticos y dinámicos mientras navegan. Sólo después de lograr el control natural de la marcha y la locomoción de los sistemas humanoides en el entorno natural, estos aprenderán cómo interactuar con el entorno social utilizando su inteligencia artificial, así que básicamente la locomoción es la principal característica estudiada en robótica humanoide (Akhtaruzzaman y Shafie, 2011).

Los robots humanoides modernos ya pueden ejecutar tales tareas de forma autónoma, siempre y cuando se conozca de antemano el estado aproximado del entorno. Sin embargo, todavía es difícil que los robots humanoides modernos realicen tales tareas sin información previa sobre las condiciones ambientales que pueden ser explotadas por un programador para prepararlos para la ejecución de múltiples tareas. La integración y secuencia continua de múltiples acciones del robot sigue siendo un problema y aún se necesita cierto grado de teleoperación cuando se realizan secuencias de tareas más largas.

Hay varias razones por las cuales se cree que los robots humanoides son de utilidad:

- Los entornos humanos están diseñados para humanos; por lo tanto, un robot de uso general diseñado para entornos humanos, como hogares, fábricas, hospitales o escuelas, debe tener una forma similar a la de los

humanos para operar con éxito en dichos entornos.

- Es más natural para los humanos interactuar y comunicarse con robots que se ven y se comportan como humanos.
- Un robot humanoide puede servir como una herramienta experimental para probar las teorías sobre el comportamiento humano creadas por neurocientíficos computacionales interesados en el funcionamiento del cerebro humano.

Robots que Caminan

Los problemas principales son la locomoción bípeda y el equilibrio. A diferencia de otros robots, los robots humanoides deben caminar y mantener el equilibrio durante su operación. La pérdida de estabilidad podría resultar potencialmente desastrosa para el robot humanoide, así que es necesario supervisar y controlar la estabilidad del robot a cada instante, especialmente cuando

éste está sometido a perturbaciones externas. La tarea más importante para la locomoción bípeda de un robot humanoide es mantener el equilibrio en relación a la superficie de apoyo. Los pies realizan su función de apoyo mediante las fuerzas de fricción y de reacción normales, pero no pueden ser controlados de forma directa, así que el mejor indicador del comportamiento del mecanismo en su conjunto es el punto donde la influencia de todas las fuerzas que actúan sobre el mecanismo pueden ser reemplazadas por una fuerza única: el punto de momento cero (ZMP, zero moment point). El proceso de locomoción bípeda es

un fenómeno periódico (o casi periódico). Un ciclo completo de locomoción se compone de dos etapas: una etapa de apoyo doble y una etapa de apoyo simple.

La Figura 1 muestra las dos fases distintas en el ciclo de la marcha. Cuando ambos pies están en contacto con el suelo, el robot se encuentra en la fase de apoyo doble. Los pies no se mueven en esta fase. Una vez que uno de los pies comienza a moverse, el robot pasa de una fase de apoyo doble a una de apoyo simple, en la que uno de los dos pies se mueve. La fase de apoyo simple es seguida por otra fase de apoyo doble una vez que el pie en la fase de equilibrio establece un contacto con el suelo.

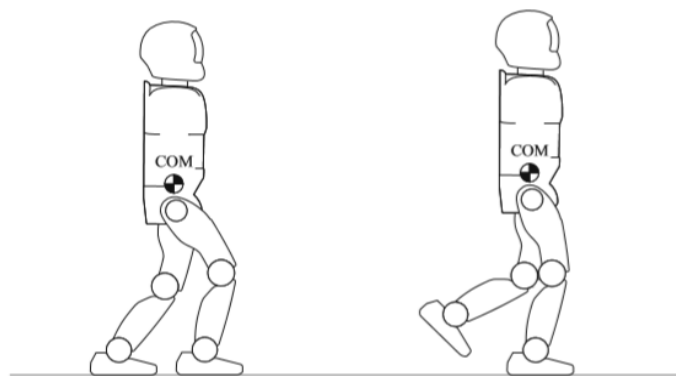


Figura 1. Fases de apoyo doble y simple. En la fase de apoyo doble, ambos pies están en contacto con el suelo y el peso del robot se apoya en ambas piernas. En la fase de apoyo simple, un pie está en movimiento mientras que el otro pie de apoyo del robot está en contacto con el suelo (Mihelj, Bajd, Ude, Lenarčič, Stanovnik, Munih, Rejc y Šlajpah (2019))

Los mecanismos de desplazamiento son adecuados para aplicaciones que requieren movimiento en terrenos difíciles, especialmente si se comparan con las ruedas convencionales. Estos mecanismos constan de enlaces y articulaciones, y están destinados a simular el andar de humanos o animales. Estos enlaces pueden ser planos con un solo grado de libertad o pueden tener un movimiento más complejo en el espacio tridimensional. Algunos pueden tener grados múltiples de libertad (Ibraheema, Ajeilb y Maherc, 2018).

Funcionamiento del Sistema

Valls, Garrido, Plata, Penichet y Lozano (2016) han presentado un editor virtual en 3D con capacidad para crear terapias tanto genéricas como específicas basadas en la repetición de posturas a través de la interacción tradicional o de movimiento. Los especialistas son capaces de interactuar con un muñeco virtual para generar posturas. Para tal propósito, ellos pueden seleccionar y mover las articulaciones del muñeco virtual

con el *mouse* o pueden capturar su postura con la interacción del movimiento y la voz.

No obstante, el hecho de que una persona interactúe con un diseño 3D no es práctico, puesto que la manipulación de cada una de sus articulaciones y la generación de posturas por medio de un *mouse* de computadora es algo complejo y consume más tiempo del necesario. Debido a esto, hay interés por desarrollar un nuevo mecanismo de interacción que ofrezca la posibilidad de obtener formas más prácticas de mejorar la rehabilitación de un paciente que padezca alguna enfermedad o sufra alguna lesión. Además, se pretende facilitar ciertas tareas, como evitar desplazamientos constantes de los médicos especialistas y los pacientes en la medida de lo posible, ya que en muchos casos las terapias de rehabilitación implican viajes que deben hacer tanto el personal médico como los pacientes. En el primer caso, el propósito es no perder tiempo para tratar más enfermedades o invertir más tiempo en las tareas asignadas. Mientras tanto, los

pacientes tienen que abandonar su vida cotidiana, lo que puede ser

una dificultad dependiendo de sus condiciones de salud.



Figura 2. Interfaz de la aplicación durante la rehabilitación del paciente

Por lo tanto, este mecanismo permite que el proceso de rehabilitación se realice de forma remota al utilizar un robot humanoide BIOLOID Premium (Figura 3) para la interacción con el paciente durante sus ejercicios de rehabilitación. Por un lado, el objetivo es proporcionar al personal médico la oportunidad de administrar terapias en cualquier lugar sin la necesidad de supervisar el proceso de rehabilitación en vivo. Por otro lado, el mecanismo está destinado a permitir que los pacientes completen terapias desde la comodidad de su hogar, siempre bajo la supervisión de personal profesional.

El médico especialista se encarga de la generación de posturas y ejercicios que el paciente requiere durante su rehabilitación. Así, estas rutinas se cargan en la programación del robot para que pueda ejecutarlas de forma autónoma. Mientras el paciente está en su hogar, el robot tiene el objetivo principal de navegar de forma autónoma en el interior de la casa en busca del paciente para recordarle su sesión de ejercicios de rehabilitación cada determinado tiempo, apoyándose en la ejecución de movimientos repetitivos y la interacción auditiva para que el paciente pueda imitar los movimientos que el robot esté haciendo en ese momento. Luego,

el robot envía la información del paciente a un servidor que está conectado a Internet para que el médico especialista pueda supervisar el proceso de rehabilitación de manera remota.

Finalmente, el robot proporciona retroalimentación en

tiempo real para que éste pueda indicarle al paciente si está haciendo su terapia de manera correcta. Para este propósito, el robot utiliza un sistema de visión para detectar la postura y los movimientos de las articulaciones del paciente.



Figura 3. Robot humanoide BIOLOID Premium

Referencias

- Akhtaruzzaman, M. y Shafie, A. A. (2011). Geometrical analysis on BIOLOID humanoid system standing on a single leg. En 2011 4th International Conference on Mechatronics (ICOM) (pp. 1-5). IEEE.
- Mihelj, M.; Bajd, T.; Ude, A.; Lenarčič, J.; Stanovnik, A.; Munih, M.; Rejc, J. y Šlajpah, S. (2019). Robotics. Springer.
- Ibraheem, I. K. y Ajeil, F. H. (2018). Path Planning of an Autonomous Mobile Robot in a Dynamic Environment using Modified Bat Swarm Optimization. arXiv preprint arXiv: 1807.05352.
- Valls, J. A.; Garrido, J. E.; Plata, A. M.; Penichet, V. M. y Lozano, M. D. (2016). 3D editor to define generic rehabilitation therapies as a source to monitor and guide patients. En Proceedings of the 4th

Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation and Research Techniques. (pp. 93-96). ACM.