

Resumen del Trabajo de fin de Grado Realizado en Erasmus

“ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE UN ROBOT HEXÁPODO”

Valladolid, 2015



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**



VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF ELECTRONICS
DEPARTMENT OF AUTOMATION

Darío Delgado Esteban

HEXAPOD ROBOT STABILITY RESEARCH

Final Bachelor Thesis

Automation and control studies program, National code 612H62002

Kompiuterinio technologijų valdymo specializacija

Electrical and Electronic engineering studies course

Vilnius, 2015

En este documento se redacta un breve resumen en español del trabajo de fin de grado realizado por el alumno Darío Delgado Esteban, perteneciente a la Universidad de Valladolid, cuyo trabajo de fin de grado de la titulación Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática fue realizado en convenio con la Universidad Lituana Vilnius Gediminas Technical University en el periodo comprendido entre Septiembre de 2014 y Enero de 2015. El trabajo fue redactado y expuesto ante un tribunal totalmente en inglés.

El trabajo se divide en dos grandes bloques, la parte analítica y la parte de desarrollo del diseño del robot.

1. PARTE ANALÍTICA

Tras una breve introducción en la que se analiza la importancia hoy en día de los robots y de las prácticas aplicaciones de los robots articulados en particular, se analiza que es un robot articulado, sus puntos débiles y sus puntos fuertes.

Se comienza presentando las diferentes configuraciones existentes para robots hexápodos.

1.1. Cuerpo

Centrándonos en la configuración del cuerpo, se puede observar que existen dos modelos predominantes, el de cuerpo hexagonal o circular y el rectangular. Diferentes estudios concluyen que el robot rectangular es más deseable para trayectorias en línea recta, mientras que el circular es óptimo para tareas de cambios de dirección y giros, ya que por sí el robot circular no tiene parte delantera o trasera. Se incluye unas graficas en las que se puede apreciar las ventajas del robot hexagonal frente al rectangular en tareas de giro.

1.2. Patas

En cuanto al diseño de las patas, en el trabajo se explica las tres partes en las que se divide cada pata (Coxa, Fémur y Tibia) que le proporcionan tres grados de libertad al robot. Además se explica detalladamente como podemos obtener en todo momento la posición del pie sabiendo los ángulos de cada articulación, que no es otra que usando la notación de Denavit-Hartenberg. Se incluye una breve explicación de la cinemática directa e inversa envuelta en este tipo de robots.

1.3. Actuadores

Se analizan varios tipos de actuadores, concluyendo que usaremos unos servos en cada articulación, por lo que tendremos tres servos por cada pata. Se incluye una tabla con las propiedades de los actuadores.

1.4. Gaits

Además, una breve explicación de en qué consiste y que tipos de gaits existen se explica en este apartado. Las gaits, que son las secuencias de movimiento que siguen las diferentes patas del robot, han sido estudiadas durante mucho tiempo, por lo que los diferentes tipos de gaits son bien conocidos. Se pueden dividir en dos grandes grupos, periódicas y no periódicas. Dependiendo de lo deseado, correr rápido, mayor estabilidad, habilidad en giro, es más recomendable el uso de una u otra. Sin embargo el trabajo se centra en el uso de la gait trípode, ya que es la más usada y la que mejor balance de características tiene. En ella se usan las patas de tres en tres, siendo el polígono proyectado por las tres patas que sostienen al robot de un triángulo (dos pertenecientes a un lateral en las esquinas y una del medio del otro lateral).

1.5. Estabilidad

De gran importancia es este apartado, en el que se analiza que es la estabilidad, como se analiza y porque es importante para el buen funcionamiento del robot.

Básicamente, si un robot no es estable no puede realizar correctamente sus tareas, además que no podría realizar tareas en terrenos inestables. Esto es de crucial importancia, ya que la principal ventaja de estos robots frente aquellos con ruedas es que son capaces de acceder a terrenos que otros no pueden acceder.

Diferentes estudios han tratado de evaluar y analizar la estabilidad de estos tipos de robot. Se puede dividir en dos tipos, estática, que se analiza la estabilidad del robot teniendo en cuenta su centro de gravedad y el polígono de soporte, y dinámica, en la que entran en juego fuerzas inerciales y momentos. Se proponen diferentes métodos para evaluar esta estabilidad dinámica, siendo el mejor el NDSEM, que tiene en cuenta la energía necesaria para hacer caer al robot fuera de su polígono de soporte normalizado por su masa.

Además se detalla un análisis de la destreza del robot a la hora de girar en relación a los niveles de estabilidad, de lo cual se concluye que mientras más estable sea el robot, más ágil será.

1.6. Terminología

Por ultimo en este apartado recogemos los términos más importantes que han sido usados en este apartado de forma que queden reflejados de una manera clara y concisa.

2. DESARROLLO DEL DISEÑO DEL ROBOT

Para el desarrollo del robot primero tendremos que considerar los requerimientos necesarios para realizar un robot con unos resultados exitosos. Sin embargo, no existe un procedimiento definido a través del cual el resultado sea el mejor, sino que es el diseñador el que tiene que decidir a lo largo del proceso de diseño los parámetros óptimos. La única condición inamovible ha sido el uso de las patas provenientes de un prototipo anterior.

2.1. Estructura de las patas

Como ya se ha mencionado, se ha utilizado unas patas provenientes de un modelo anterior, por lo que lo único que podremos modificar es la posición estática de las patas, de tal forma que proporcionen la máxima estabilidad posible. Se proponen tres tipos de configuraciones que serán analizadas más tarde en conjunto con el resto de parámetros.

2.2. Diseño del cuerpo

El requerimiento principal para el diseño del cuerpo es que quepan todos los componentes que tienen que ir alojados en él, como son las uniones con las patas, el microprocesador y las baterías. Además, se detalla un análisis realizado en el que se observa que si aumentamos la separación de las patas del medio, no solo aumentamos la estabilidad del robot, sino que disminuimos el consumo de energía. Se propone un algoritmo para obtener la separación de las patas del medio óptima, que consiste en igualar las fuerzas máximas realizadas por las patas en los extremos a las del medio. Con esto conseguimos un diseño del cuerpo a medio camino entre el rectangular y el hexagonal, obteniendo las mejores propiedades de ambos diseños.

2.3. Offset en ángulo de las patas extremas

También se estudia cómo afecta a la estabilidad si ponemos un offset en el ángulo de la posición estática de las patas de las esquinas con respecto a las del medio. Esto significa que los pies de las patas están más separados en su posición estática, con lo que aumentamos el polígono de soporte, y por lo tanto aumentamos la estabilidad. Además, podremos programar el robot de tal forma que pueda dar unos pasos de mayor longitud.

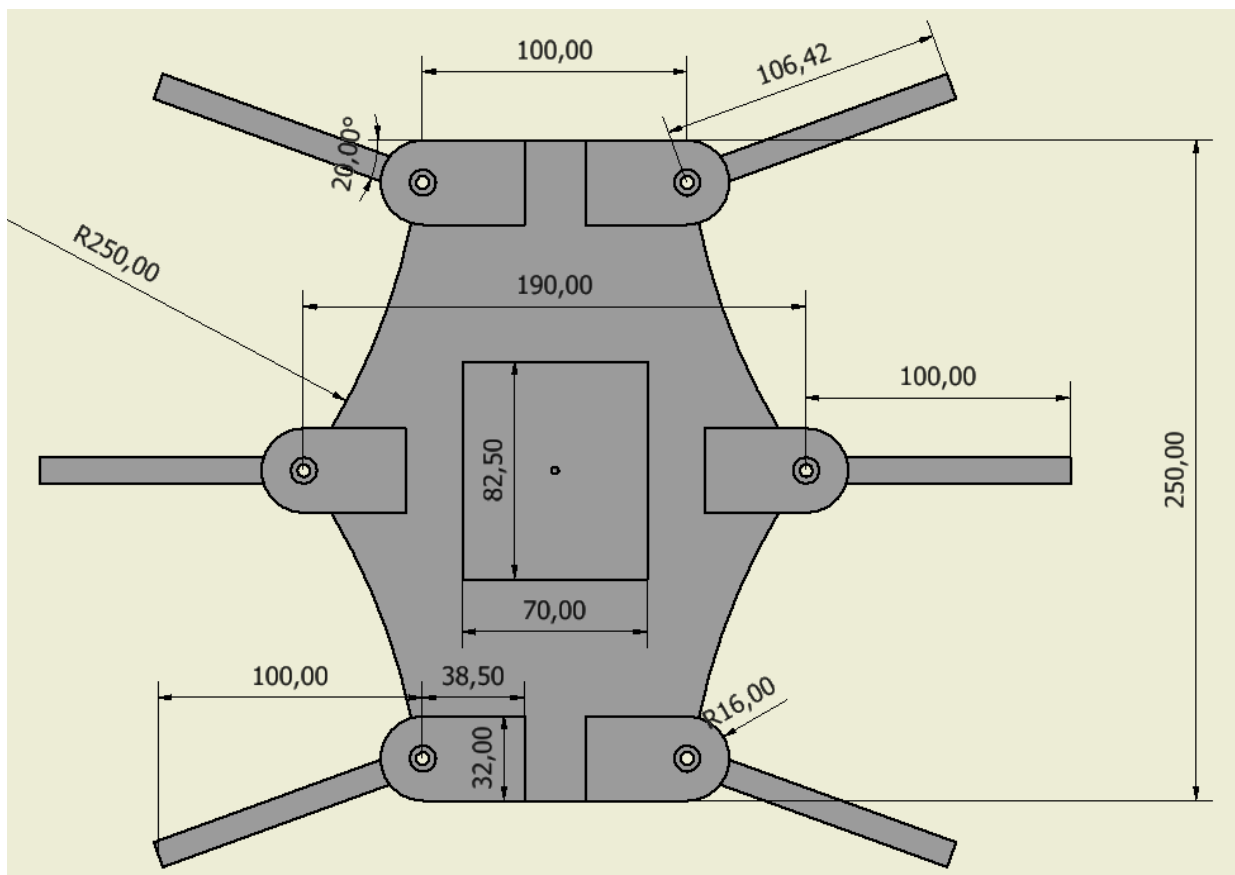
2.4. Longitud de paso

Calcularemos también la máxima longitud de paso que podremos programar el robot. Para ello se tiene en cuenta una configuración de seguridad, en la que se pone un

máximo de inclinación de la última articulación de la pata con respecto al suelo, ya que no sabemos la configuración del terreno.

2.5. Modelos

Una vez vistos todos los parámetros que podemos diseñar para obtener el modelo de máxima estabilidad, lo que hacemos es crear modelos en los que variamos todos estos parámetros: Los tres tipos de configuraciones de patas, variación de 5 en 5° del offset de las patas de las esquinas, así como dos tipos de anchos de cuerpo. Con ello obtenemos alrededor de sesenta modelos. Para la obtención de los márgenes de estabilidad se introducen los parámetros en un programa realizado en la plataforma *Mathematica* que además nos proporciona la longitud de paso máxima y la separación óptima de las patas del medio. Tras una evaluación de todos los modelos, nos quedamos con aquel que tiene los mejores márgenes de estabilidad, siendo el modelo ganador propuesto para su construcción:



2.6. Estabilidad dinámica

Además se propone una serie de métodos para mejorar la estabilidad del robot una vez sea construido. Estos métodos son muy útiles a la hora de mejorar la estabilidad en ascensos de pendientes, observándose una mejora de la capacidad de ascenso del robot de pendientes de 30° mayores. Estos métodos consisten en anticiparse a la pendiente, moviendo el cuerpo del robot de tal forma que el centro de gravedad quede en una posición más favorable.

3. CONCLUSIONES

- En este proyecto la estabilidad del robot ha sido analizada. Los resultados muestran claramente que la estabilidad del robot depende del diseño del cuerpo, de la distribución de las patas, de la configuración de las patas, del offset en las patas de las esquinas, de la longitud de paso y de la gait empleada.
- La configuración de pata óptima es aquella de tipo arácnido cuya proyección en el suelo es de 100mm
- El offset óptimo para las patas de las esquinas es de 20°
- La longitud de paso óptima es de 87.1mm siendo la máxima 124.2mm
- La distancia óptima de desplazamiento de las patas del medio es de 45mm

Nota:

El modelo diseñado actualmente se está construyendo en el departamento de la universidad para ser estudiado y mejorarlo en el futuro.