

Análisis de Plataforma Sewart utilizando SimMechanics Aplicada al Desarrollo de Simuladores de Vuelo.

Griselda I. Cistac^[1]-Aníbal Zanini^[2]- Horacio Abbate^[3]

Facultad de Ingeniería-UNLPam^[1]- Facultad de Ingeniería-UBA^[2]- Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEFA)^[3]

cistacg@ing.unlpam.edu.ar^[1] Facultad de Ingeniería.UNLPam.Calle 110 esq. 9 . Gral. Pico- La Pampa
azanini@fi.uba.ar^[2] Pabellón de Industria- FIUBA. Ciudad Universitaria. Bs.As.
habbate@citefa.gov.ar^[3] CITEFA - San Juan Bautista de La Salle 4397. Villa Martelli

Resumen:

Este proyecto tiene como objetivo el modelado y control de una plataforma de 6 GDL (Grados de Libertad). El mismo forma parte de las actividades que se están realizando en el marco del proyecto “Simulador de Vuelo” (PAE2004-22614 ANPCyT). Se ha comenzado el análisis a partir del modelo desarrollado por Smith –Wendlant^[1] de una plataforma tipo Stewart utilizando Matlab con su paquete de simulación mecánica el cual fue modificado de modo de poder analizar y simular mejor la situación de un simulador de vuelo. El propósito de estas simulaciones es aplicarlas en una etapa posterior como herramientas para el diseño mecánico de las plataformas. Otro aspecto que se va a estudiar más adelante es el modelado y simulación del sistema de control.

Palabras claves: simulación- control automático-robótica- plataformas Stewart

1. Introducción

El desarrollo de simuladores de vuelo aborda distintos temas específicos de diversas áreas como son: simulación dinámica del vuelo, modelo de aeronaves, modelo de datos para representar entornos topográficos, modelos de control de la plataforma mecánica, estudio de la percepción humana del movimiento y de la interacción entre los sistemas visual y vestibular en la percepción y diseño de algoritmos que resuelvan numéricamente las ecuaciones de los modelos matemáticos desarrollados. La importancia de los simuladores no sólo radica en su utilización para el entrenamiento de pilotos sino también como herramienta de diseño de aeronaves (en la actualidad éstas son exhaustivamente probadas y voladas en simulaciones, aún antes de la construcción del primer prototipo) u otras aplicaciones como peritajes, entrenamiento en condiciones de desorientación espacial, etc. El simulador que se percibe como objetivo es altamente realista sobre lo que experimenta el piloto siendo una réplica a tamaño real de una cabina con un sistema visual y una plataforma móvil.

2. Desarrollo del Proyecto

En esta primera etapa se estudiaron distintas configuraciones de plataformas conocidos como manipuladores o robots paralelos, como ser: de 3 GDL de modo de posicionar a la plataforma (Fig. 1) y de 6 GDL de modo de poder además orientarla (Fig.2).

Ambas plataformas están formadas por una base fija, tres piernas y la plataforma móvil.

La función de control del simulador es la de llevar la plataforma móvil a una ubicación deseada para ello se necesita conocer la posición y orientación que debe tener la misma en todo momento.

Para poder realizar dicho estudio se utilizará un sistema de coordenadas solidario al sistema móvil y otro al fijo. De modo de obtener luego la relación entre los dos sistemas mediante matrices de rotación.

Las matrices de rotación necesitan de nueve parámetros por lo que se suele utilizar los ángulos de Euler ya que sólo es necesario conocer tres componentes (ϕ, θ, ψ) .

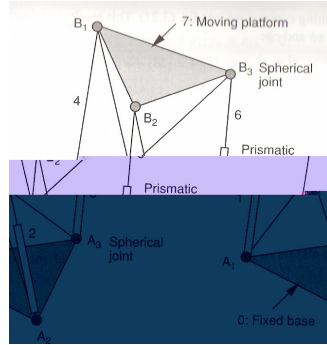


Fig. 1

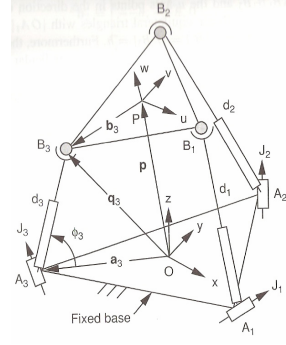


Fig. 2

Existen tres posibilidades que dan origen a las configuraciones conocidas como ZXZ, ZYZ, o Roll, Pitch, Yaw (alabeo, cabeceo y guiñada). El modo de estudiar la posición puede realizarse con lo que se conoce como cinemática directa (se conocen las longitudes de las piernas y se debe hallar la ubicación del vector que une los dos sistemas de coordenadas y la matriz de rotación) o cinemática inversa (se conoce la ubicación del vector que une los dos sistemas de coordenadas y la matriz de rotación y se deben hallar las longitudes de las piernas).

En el año 1965 Stewart (Fig. 3) presentó una construcción mecánica conocida como Plataforma Stewart que permite realizar este tipo de movimientos.

Stewart Platform

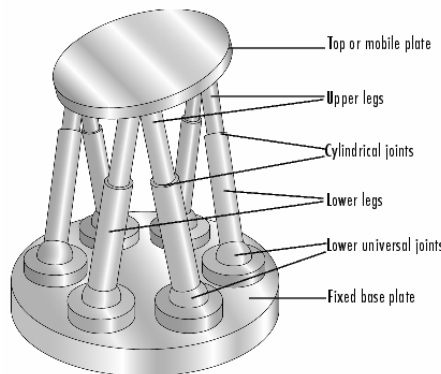


Fig. 3

En esta etapa se ha comenzado el análisis a partir del modelo desarrollado por Smith –Wendlant^[1]. En un principio se ha utilizado un modelo de plataforma tipo Stewart utilizando Matlab con su paquete de simulación mecánica.

El control de la plataforma consta de dos partes: a) generación de la posición: consiste en calcular la longitud necesaria de cada pierna para ubicar la plataforma en una posición determinada y b) calcular la fuerza necesaria para darle a cada pierna la longitud previamente calculada. El diagrama de simulación es el siguiente se muestra en la Fig. 4.

La planta modela la plataforma y un controlador que es de tipo PID. A partir de las trayectorias deseadas necesitamos conocer cual es la acción a realizar en los actuadores, este problema de calcular la longitud de las patas en función la ubicación final deseada se conoce como cinemática inversa.

Controlando la longitud de las 6 patas se puede ubicar la plataforma según una orientación y posición dada. Se debe luego tener en cuenta que hay movimientos que no son posibles de realizar y por lo tanto puede que no sea posible ubicar la plataforma es dichas posiciones.

El modelo propone controlar mediante un PID las fuerzas aplicadas a la piernas de modo de lograr la trayectoria deseada.

El programa de simulación trae un modelo de plataforma que se tomó como base y a partir de allí se hicieron modificaciones. La primer modificación realizada fue en el modelo ya que el mismo no tenía en cuenta la presencia de un cuerpo sobre la plataforma (Fig. 5). En este caso es un elemento importante a tener en cuenta ya que la masa ubicada sobre ella es la cabina del avión.

Stewart Platform with Control Reference Trajectory

Stewart platform with predefined reference trajectory.

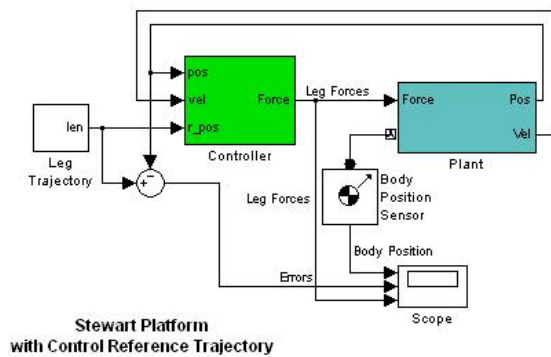


Fig. 4

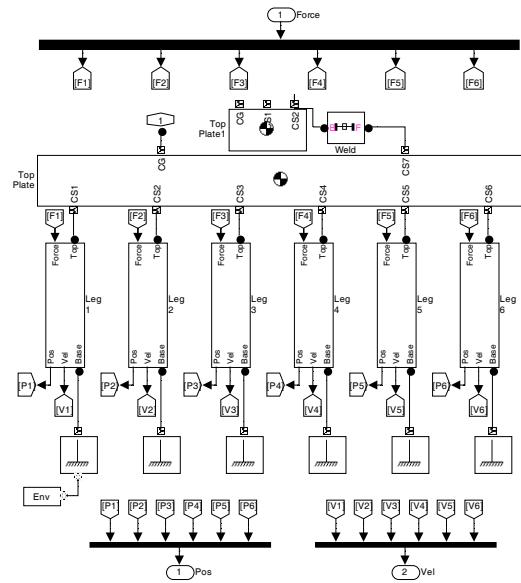


Fig. 5

3 Simulación

Las simulaciones realizadas sobre el modelo propio además de tener en cuenta una masa ubicada sobre la plataforma tiene en cuenta además la variación de su centro de gravedad con respecto al de la plataforma.

Este análisis permite evaluar las fuerzas involucradas en cada una de las piernas para posicionar a la plataforma y poder diseñar los actuadores. Desde el punto de vista del control de trayectoria se realizaron pruebas de sintonía del controlador PID (Proporcional+Integral+Derivativo) para analizar la velocidad de respuesta.

La posición de la plataforma en reposo estaba ubicada 2 metros en el eje z y su nueva posición a alcanzar era 3 metros, es decir se deseaba elevarla sólo en forma vertical.

El análisis original (sin cuerpo sobre la plataforma) presenta los siguientes valores: en la Fig. 6 se ven la posición a la que se lleva la plataforma, la evolución del error, y las fuerzas en las piernas. El sistema de unidades es el MKS y es de notar el valor inicial de las fuerzas debido al orden de magnitud que alcanzan. Cuando se llega a la posición deseada el valor de las fuerzas en cada pierna es el que se presenta en la Fig. 7.

Al ubicar una masa de 1 Tn. cuyo centro de gravedad coincide con el de la plataforma se obtiene una variación de las fuerzas (Fig. 9) en cada una de las piernas para ser llevadas a la misma posición no notándose una gran variación en las fuerzas iniciales (Fig. 8).

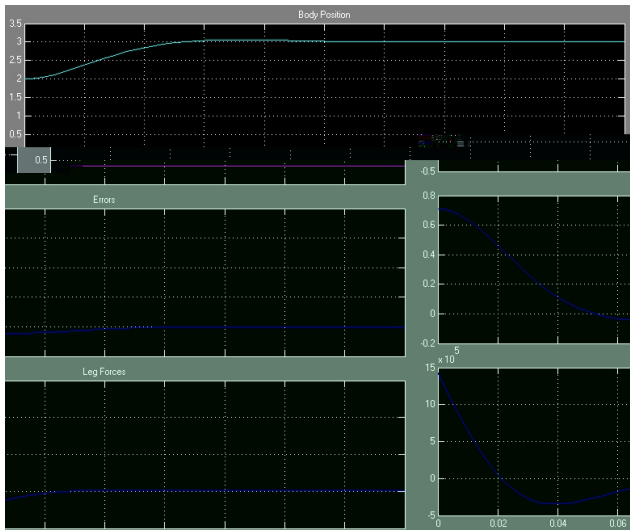


Fig. 6

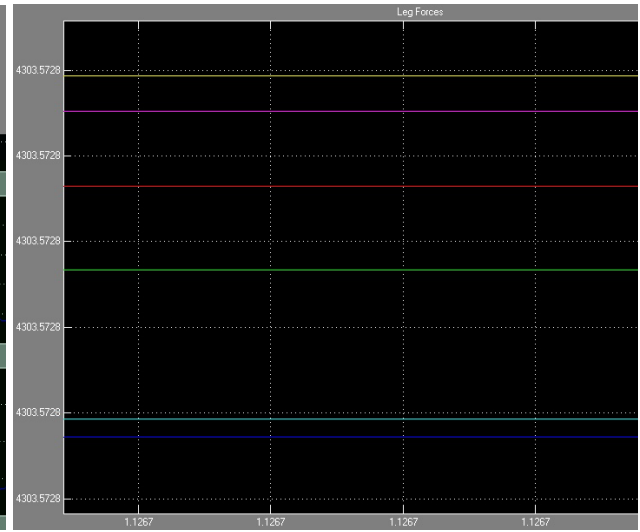


Fig. 7

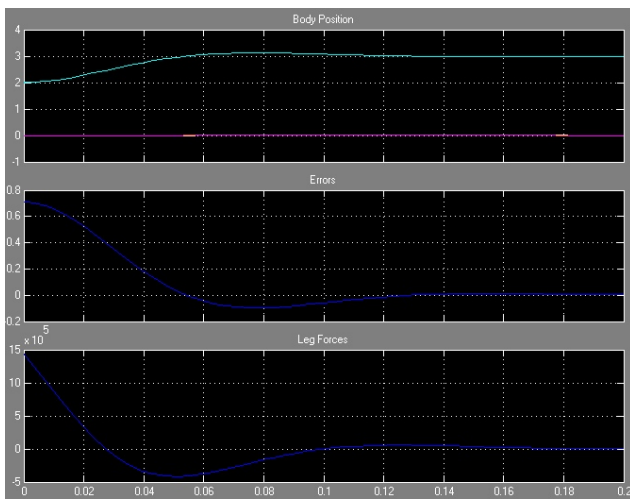


Fig. 8

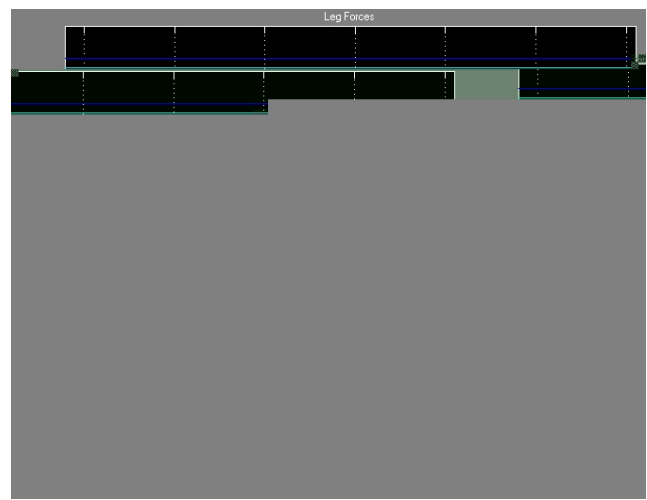


Fig. 9

El siguiente análisis se realizó sobre una masa de 1 Tn. variando su ubicación en la plataforma de modo de tal que queda corrida hacia el eje x (Fig. 10) o hacia eje y (Fig. 11).

Al observar las figuras correspondientes a dichas simulaciones se observa que la distribución de la fuerza inicial aplicada a las piernas no es la misma según donde esté desplazada la masa .

La información brindada por la simulación sobre las fuerzas iniciales en las piernas resulta importante cuando se debe decidir la posibilidad de los actuadores comerciales, mientras que en estado de equilibrio se observa que la distribución de fuerzas en un caso se halla repartida de a pares.

4 Conclusiones y Trabajos Futuros:

En el marco del proyecto de Simuladores de vuelo se ha cumplido con el objetivo propuesto para esta etapa y se cuenta con un entorno de simulación que permite analizar diferentes configuraciones de plataformas en cuanto a su constitución mecánica y a la ubicación de las cargas. Así mismo, este entorno, es adecuado para el análisis de diferentes estrategias de control.

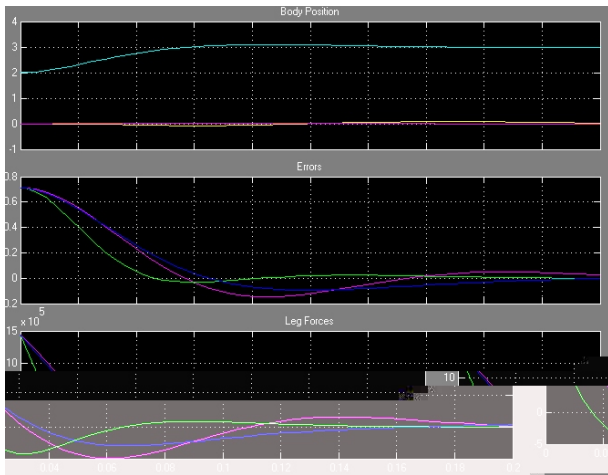


Fig. 10

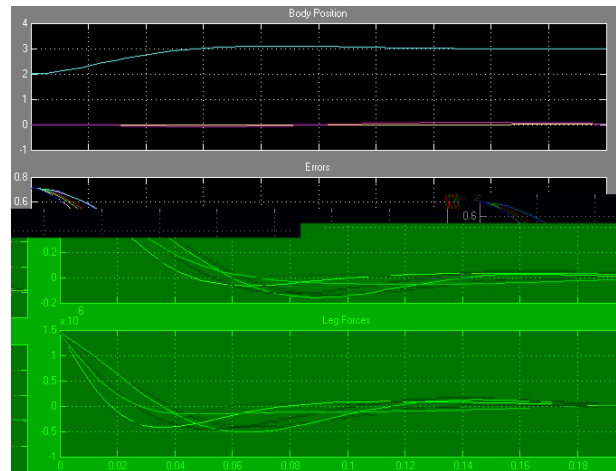


Fig. 11

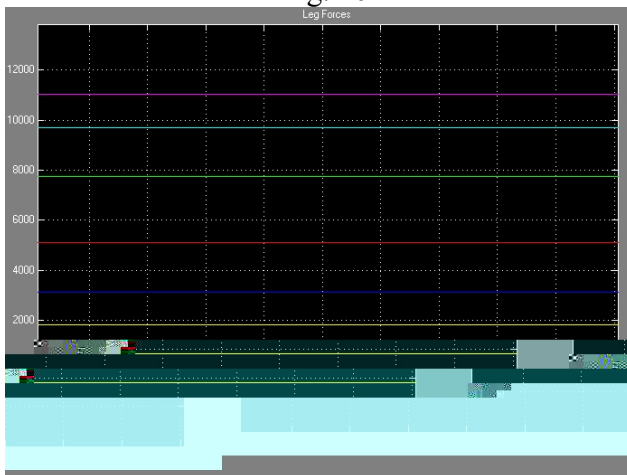


Fig. 12

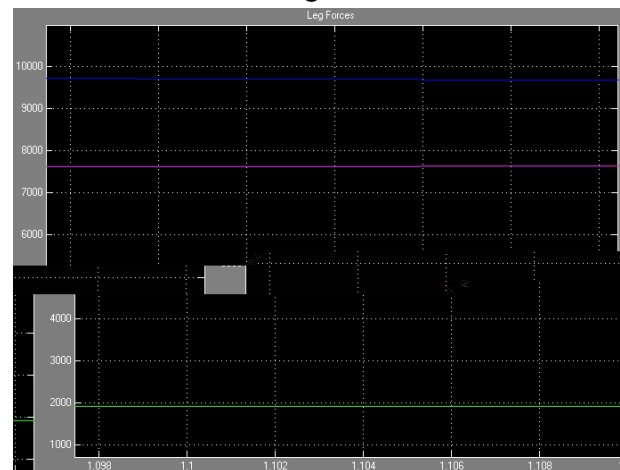


Fig. 13

En la actualidad se está proyectando la compra de una plataforma Stewart con capacidad para 1000kg de carga marca MOOG. De poder contar con este equipamiento, los trabajos se orientarán hacia la generación de trayectorias que den la percepción de vuelo.

En caso de no tener acceso a la plataforma real, se deberá adicionar una tarea extra que consiste en el desarrollo de una maqueta de plataforma que permita ensayar estrategias de control.

Bibliografía

- [1] Natalie smith-Jeff Wendlant. Creating a Stewart Platform Model Using SimMechanics. <http://www.mathworks.com/company/newsletters/digest/sept02/stewart.html>
- [2] Natalie smith-Jeff Wendlant. Creating a Stewart Platform Model Using SimMechanics (continued). http://www.mathworks.com/company/newsletters/digest/sept02/stewart_pt2.html
- [3] Lung-Wen Tsai. Robot Analysis. The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators. John Wiley-Sons, Inc.
- [4] SimMechanics Release Notes-User's. www.mathworks.com/access/helpdesk/toolbox/pysmod/mech/