

Control de prótesis hidráulica de codo humano

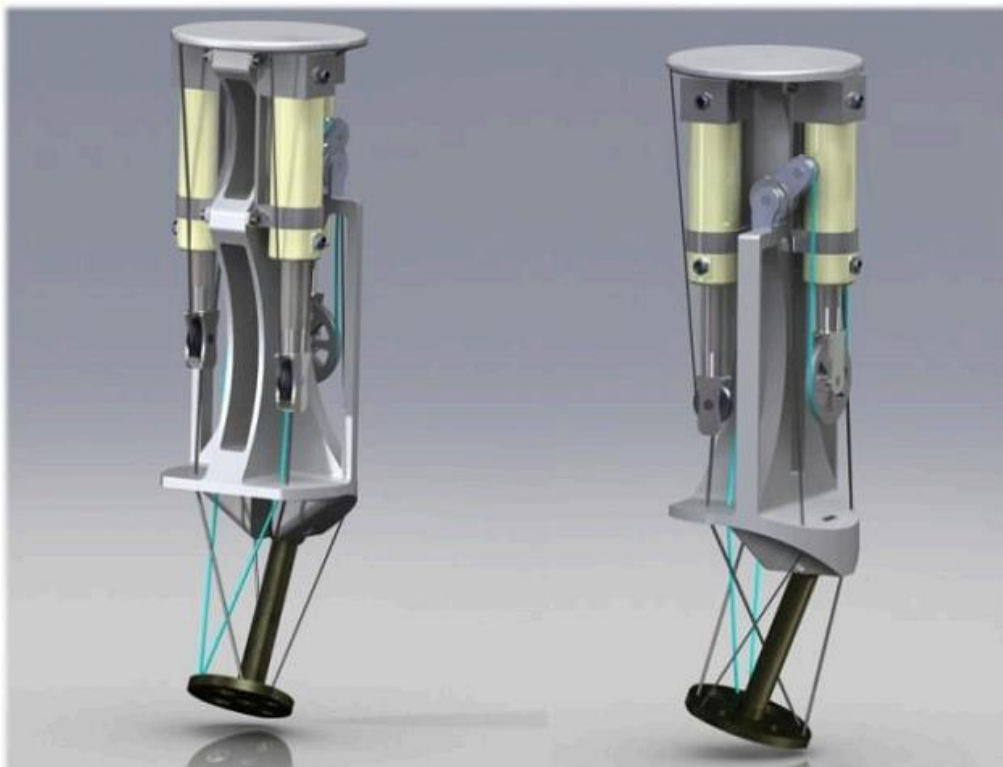
1. Objetivos

Analizar y diseñar el control de un sistema de prótesis hidráulica de codo humano, mediante la simulación computacional del sistema. Incorporar un sistema de supresión de ruido de la señal de electromiografía (EMG) utilizando filtro digital IIR (Infinite Impulse Response).

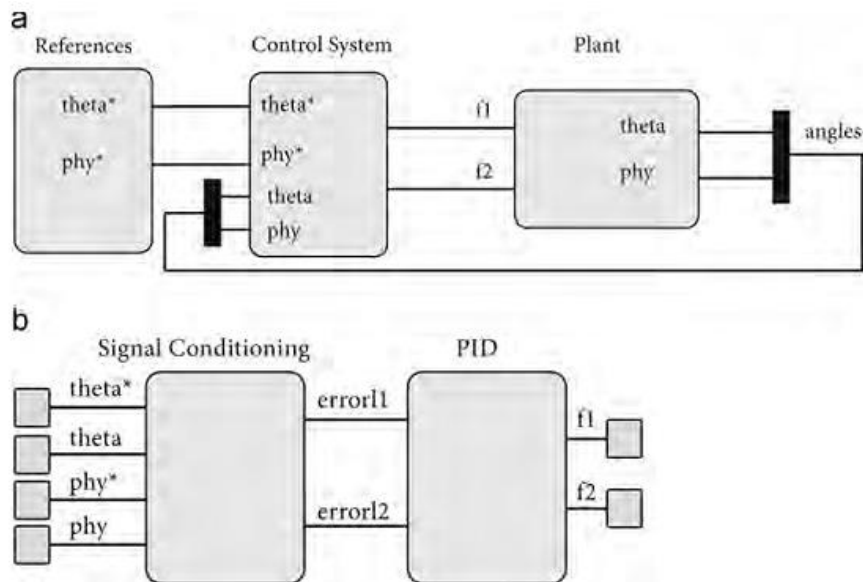
2. Descripción

Este trabajo presenta el control de una prótesis basada en el mecanismo paralelo simplificado conocido como plataforma Stewart. Dicha prótesis hidráulica de codo humano fue desarrollada por un grupo de investigación del Politécnico de Bari ¹, en la misma se llevan a cabo tanto los movimientos de flexión y extensión del codo como de pronación y supinación de la muñeca utilizando cilindros hidráulicos como actuadores, los cuales mediante mecanismos de cables producen el movimiento, esto permite que el sistema alcance una gran cantidad de posiciones reduciendo considerablemente la fuerza producida por los actuadores.

El mecanismo posee una arquitectura paralela, en la cual la plataforma superior se encuentra fija al cuerpo humano y la plataforma inferior es móvil o flotante. También, cuenta con dos cilindros de doble efecto principales al frente, encargados de los movimientos de la prótesis, y un tercer cilindro auxiliar ubicado en la parte trasera del dispositivo se encarga de reforzar los movimientos de flexión y extensión. La utilización de cables para vincular los actuadores hidráulicos con la plataforma móvil se debe a una intención de imitar el comportamiento de los tendones del cuerpo humano, además, los mismos le aportan rigidez al sistema en todas las direcciones durante todos los movimientos. De forma similar, los cilindros de doble efecto asemejan el funcionamiento de los músculos del brazo. La figura 1 nos muestra un modelo tridimensional del sistema.



El modelo de control de la prótesis se basa en tres bloques fundamentales: referencia, control y planta. A partir de los valores de referencia y la retroalimentación, de θ (pronación/supinación) y ϕ (flexión/extensión), en el sistema de control se calcula el error para cada variable y luego se utiliza un PID para determinar el duty cycle del PWM (f_1 y f_2), utilizado para controlar dos válvulas hidráulicas electrónicas, y así determinar el flujo de aceite de correspondiente a cada pistón ². Estas dos variables son las entradas de la planta del modelo físico y a través de las mismas se determina la elongación de los cilindros y, por consiguiente, los valores angulares de la plataforma flotante.



En cuanto a las entradas, la idea es que las variables del sistema utilizadas (θ y ϕ) sean proporcionales a señales analógicas provenientes de sensores de electromiografía, los cuales transforman esfuerzos musculares en valores de tensión eléctrica. Debido a que estos valores se encuentran en el orden de los milivoltios (mV), son generalmente muy vulnerables a las interferencias, es por eso que se propone la implementación de un filtro digital tipo IIR como supresor de ruido. El mismo debe ser implementado de forma computacional, ya sea en Matlab® o en código C embebido en un microcontrolador.

En la simulación computacional se buscará diseñar e implementar tanto el subsistema eléctrico de control, como el subsistema hidráulico, haciendo uso de Simscape™ dentro del entorno de Simulink®.

En el caso del control del sistema, además de simular el sistema planteado por el grupo de investigación que desarrolló la prótesis, se intentará implementar un controlador PI-D, con el objetivo de analizar y comparar el funcionamiento de ambos controladores.

3. Referencias

[1] M. M. Foglia, M. Valori, *A wired actuated elbow for human prosthesis*, Neurocomputing, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol.73, Iss. 2, 2011, ISSN 1454-2358.