

Programación en las prótesis de mano

Alejandro Sánchez
Jahir Martínez
Eduardo Andrade
Moises Vazquez
Adrián Davila
Luis Andrade

21 de octubre de 2022

Resumen

Los diferentes programas que podemos usar para programar una prótesis de mano son variados y cada uno de ellos tiene diferentes resultados. Lo mejor será adaptarnos a lo que tenemos a nuestro alcance.

1. Introducción

La biomecánica es una disciplina que examina las interacciones externas de sistemas diseñados utilizando principios de ingeniería. Hoy en día, la biomecánica ganó gran importancia con el desarrollo de Ciencias de la ingeniería. Gracias a la rápida evolución de tecnología, muchas aplicaciones se han desarrollado en este área. Aunque la extremidad tiene una estructura compleja, es posible que una mano protésica se acerque a la movilidad de La extremidad real de la mano con el uso de tecnología en desarrollo. Las extremidades biónicas son vitales para las personas con pérdida de extremidades. Las extremidades de mano son muy importantes para la sensibilidad del individuo en interacción ambiental.

2. Desarrollo

2.1. Análisis cinemático y dinámico

La mano humana tiene anatómicamente 8 huesos del carpo, 5 Huesos metacarpianos y 14 huesos de falanges. Existen 14 articulaciones que conectan el grupo óseo de las falanges y proporcionar el movimiento plano de los dedos. estas articulaciones están marcados en rojo en la 1. En este estudio, el modelo matemático del índice, medio, dedo anular y meñique en términos cinemáticos y dinámicos es se obtiene suponiendo que el movimiento es plano. Cinemático y el modelado matemático dinámico se realizó mediante análisis método [KYO21].

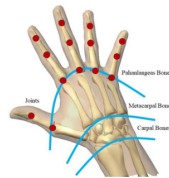


Figure 2. Anatomical hand structure [15]

Figura 1: Anatomía de la mano

En el estudio, las ecuaciones cinemáticas de un dedo fueron obtenido primero y se determinó el rango de trabajo. A crear el modelo cinemático de la mano, las ecuaciones de debe obtenerse el movimiento del modelo del dedo. La anatomía del dedo consta de estructuras cilíndricas y esféricas. Las conexiones DIP, PIP y MCP se pueden considerar como un conexión rotativa de un solo grado de libertad. los suposiciones hechas sobre el modelo de dedo en la cinemática análisis se muestran en la 2.

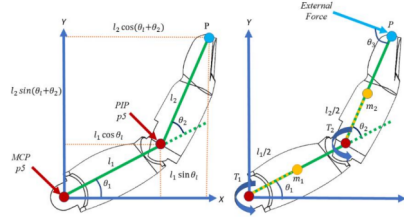


Figura 2: Dinámica y cinemática del dedo

2.2. Representación del método de obtención del modelo cinemático de la mano humana

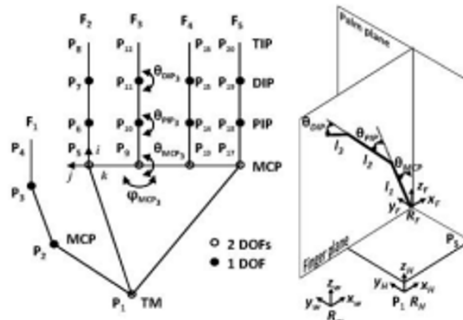


Figura 3: Representacion modelo cinematico

En este se observa que los elementos que componen la estructura mecánica son representados como bloques, también los sensores, los actuadores lineales y rotacionales, y los métodos de generación de las simulaciones dinámicas , los cuales permiten validar el funcionamiento del modelo propuesto mediante la visualización del comportamiento de la estructura diseñada ante diferentes entradas al sistema.

2.3. Representación gráfica del modelo cinemático de la mano humana.

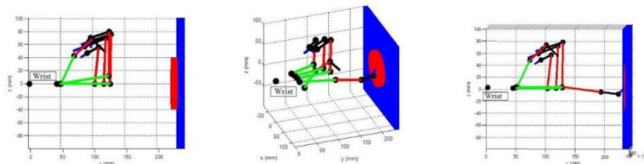


Figura 4: Simulación

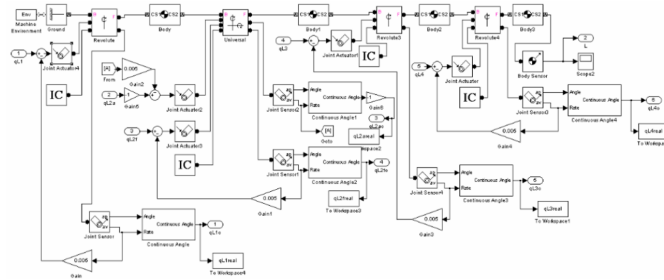


Figura 5: Representación modelo cinemático 2

2.4. Simulaciones del posicionamiento de la mano robótica diseñada.

2.5. Movimiento y articulaciones de la mano

La libertad de movimiento definida como grados de libertad (GDL) de la mano están distribuidos en dos tipos de movimiento: abducción – aducción y flexión – extensión. En cuya sumatoria se logra obtener cerca de 30 grados de libertad. El movimiento de abducción (apertura) y aducción (cierre) permite al dedo desplazarse fuera y regresar a su eje medio trasversal convirtiéndose este movimiento en uno de los más complicados de modelar y replicar.

2.6. Movimiento de Aducción y Abducción



Figura 6: Aduccion y abduccion

La flexión y extensión corresponde a los movimientos de apertura y cierre natural de la mano, estando el eje de rotación dispuesto de forma perpendicular al eje transversal de los dedos, formándose así las zonas articuladas interfalangeales de los dedos: Articulación interfalange distal, articulación interfalange proximal y articulación interfalange metacarpofalangeal. Los rangos de movimiento para los movimientos de flexión y extensión se describen en la Tabla

GDL	Articulacion	(°) Humano estandar
1	Metacarpofalangeal	90°
2	Interfalange proximal	110°
3	Interfalange distal	60°-70°

Cuadro 1: Tabla caracterisitcas

2.7. Articulaciones interfalangeales del dedo humano

inicio



Figura 7: Articulaciones interfalangeales

2.8. Nomenclatura y distribución de eslabones y articulaciones de la representación esquemática

Dedo	Longitud	Nombre eslabón	DOF	Nombre articulación
Pulgar	Lt,M	Metacarpo	Θ_t, Tmc_a	Abducción trapezometacarpiana
	Lt,P	Falange Proximal	Θ_t, Tmc_f	Flexión trapezometacarpiana
	Lt,D	Falange Distal	Θ_t, Mcp	Interfalange metacarpofalangeal
			Θ_t, Ip	Interfalange proximal
Indice Medio Anular Meñique	Li,Me	Metacarpo	Θ_i, Cmc	Carpometacarpiana
	Li,P	Falange Proximal	Θ_i, Mcp_a	Abducción metacarpofalángica
	Li,Mi	Falange Media	Θ_i, Mcp_f	Flexión metacarpofalángica
	Li,D	Falange Distal	Θ_i, Pip	Interfalange proximal
			Θ_i, Dip	Interfalange distal

Figura 8: Nomenclatura

*La nomenclatura Li y i, variará dependiendo del dedo en análisis, empleándose ‘t’=Pulgar, ‘i’=Índice, ‘m’=Medio, ‘a’=Anular, ‘e’=Meñique.

2.9. Representación esquemática del modelo cinemático de la mano

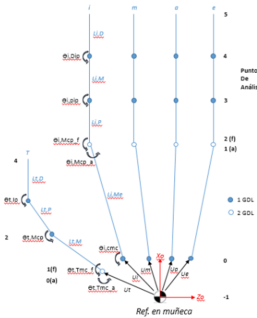


Figura 9: Esquemática

2.10. Modelo cinemático para dedos trifalángicos

Los parámetros de Denavit-Hartenberg determinados para los dedos trifalángicos con base en la representación esquemática se presentan en la Tabla

Juntura (GDL)	$\Theta_{i,j}$	$d_{i,j}$	$a_{i,j}$	$\alpha_{i,j}$
1	$\Theta_{i,Cmc}$	0	Li,Me	$-\pi/2$
2	Θ_{i,Mcp_a}	0	0	0
3	Θ_{i,Mcp_f}	0	Li,P	$\pi/2$
4	$\Theta_{i,Pip}$	0	Li,Mi	0
5	$\Theta_{i,Dip}$	0	Li,D	0

Figura 10: Parametros

Donde:

- i,j = Ángulo desde X_{i-1} hasta X_i , girando alrededor de Z_i
- $d_{i,j}$ = Distancia entre ejes Z_{i-1} y Z_i
- $a_{i,j}$ = Ángulo desde Z_{i-1} hasta Z_i , girando alrededor de X_i
- i,j = Distancia entre ejes X_{i-1} y X_i
- El subíndice i representa la cadena cinemática analizada (dedo), por efectos de análisis se conserva de esta forma.
- Las distancias $a_{i,j}$ son extraídas del carpograma
- Se obtiene una expresión P_i que expresa una matriz que contiene la posición y orientación del extremo del efector final para los dedos índice, medio, anular y meñique. Se expresa P_i en la Ecuación 1.

$$P_i = {}^0T_i(u_i) * {}^5T_i(\Theta_{i,j})$$

Figura 11: Expresion

Donde: $T(u_i) = 0-1$ matriz de transformación correspondiente a u_i , el cual representa el vector de aproximación, desde la referencia de la muñeca de la mano hasta el inicio de la cadena cinemática del dedo. $T(i,j) = 5-0$ La matriz que contiene a su vez las matrices de transformación homogéneas que representan la cadena cinemática, desde su inicio hasta la respectiva punta del dedo. Por tanto $T(i,j)$ puede expresarse como:

$$T_i(\Theta_{i,j}) = \begin{bmatrix} c(\Theta_{i,j}) & -s(\Theta_{i,j}) * c(\alpha_{i,j}) & s(\Theta_{i,j}) * s(\alpha_{i,j}) & a_{i,j} * c(\Theta_{i,j}) \\ s(\Theta_{i,j}) & c(\Theta_{i,j}) * c(\alpha_{i,j}) & -c(\Theta_{i,j}) * s(\alpha_{i,j}) & a_{i,j} * s(\Theta_{i,j}) \\ 0 & s(\alpha_{i,j}) & c(\alpha_{i,j}) & d_{i,j} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Figura 12: Matriz

Sustituyendo $T(i,j)$ (ecuación 2) para cada una de las juntas se obtiene:

Juntura entre los puntos de análisis 0-1 (Metacarpo):

Juntura entre los puntos de análisis 1-2 (Falange Proximal - Abducción):

La matriz de transformación para el vector $T(u_i)$ 0-1 representa el vector de aproximación desde la muñeca hasta el inicio de la cadena cinemática del dedo, se indica en la Ecuación siguiente:

$$\begin{aligned}
& {}^0T_i(\theta_{i,CMC}) \\
&= \begin{bmatrix} c(\theta_{i,CMC}) & -s(\theta_{i,CMC}) * c(-\pi/2) & s(\theta_{i,CMC}) * s(-\pi/2) & L_i M_e * c(\theta_{i,CMC}) \\ s(\theta_{i,CMC}) & c(\theta_{i,CMC}) * c(-\pi/2) & -c(\theta_{i,CMC}) * s(-\pi/2) & L_i M_e * s(\theta_{i,CMC}) \\ 0 & s(-\pi/2) & c(-\pi/2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
& {}^0T_i(\theta_{i,CMC}) = \begin{bmatrix} c(\theta_{i,CMC}) & 0 & -s(\theta_{i,CMC}) & L_i M_e * c(\theta_{i,CMC}) \\ s(\theta_{i,CMC}) & 0 & -c(\theta_{i,CMC}) & L_i M_e * s(\theta_{i,CMC}) \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Figura 13: Metacarpo

$$\begin{aligned}
& {}^1T_i(\theta_{i,MCP_a}) \\
&= \begin{bmatrix} c(\theta_{i,MCP_a}) & -s(\theta_{i,MCP_a}) * c(\pi/2) & s(\theta_{i,MCP_a}) * s(\pi/2) & 0 \\ s(\theta_{i,MCP_a}) & c(\theta_{i,MCP_a}) * c(\pi/2) & -c(\theta_{i,MCP_a}) * s(\pi/2) & 0 \\ 0 & s(\pi/2) & c(\pi/2) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
& {}^1T_i(\theta_{i,MCP_a}) = \begin{bmatrix} c(\theta_{i,MCP_a}) & 0 & s(\theta_{i,MCP_a}) & 0 \\ s(\theta_{i,MCP_a}) & 0 & -c(\theta_{i,MCP_a}) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Figura 14: falange proximal - Abduccion

3. Conclusión

Esta tarea nos ha ayudado más a avanzar dentro de nuestra meta de poder programar algún código que nos ayude a manejar los movimientos de nuestra prótesis de mano, ya que no solo nos estábamos enfocando mucho en el microcontrolador y el lenguaje que utilizaríamos para realizarlo, sin embargo, también es importante analizar la tarea que acabamos de realizar para saber los movimientos que vamos a programar y los modelos que utilizaremos, es importante destacar que hay que ver por medio de que sistemas se moverá la mano, ya que, no se nos a mencionado cuales serían, pero al menos con esta tarea sabemos cuales son los movimientos principales que tenemos que cubrir. Si bien, sabemos que hay que programar estos movimientos ahora tenemos que centrarnos en cuales serán los comandos que nos ayudarán a darle sentido a las diferentes variables, también hay que tomar en cuenta cuáles serán los mecanismos a utilizar para determinar las señales que enviaremos.

Referencias

- [KYOA21] Mehmet KAYRICI, UZUN Yusuf, GÖK Onur, and Hüseyin ARIKAN. Mathematical modeling and production of semi-active hand prosthesis from clear resin. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 5(2):171–180, 2021.