FACULTAD DE INGENIERIA

DINÁMICA DEL ROBOT DE CINCO GRADOS DE LIBERTAD.

Pazarán García Jared

Profesor: Erik Peña Medina

Robótica

Semestre 2024-1

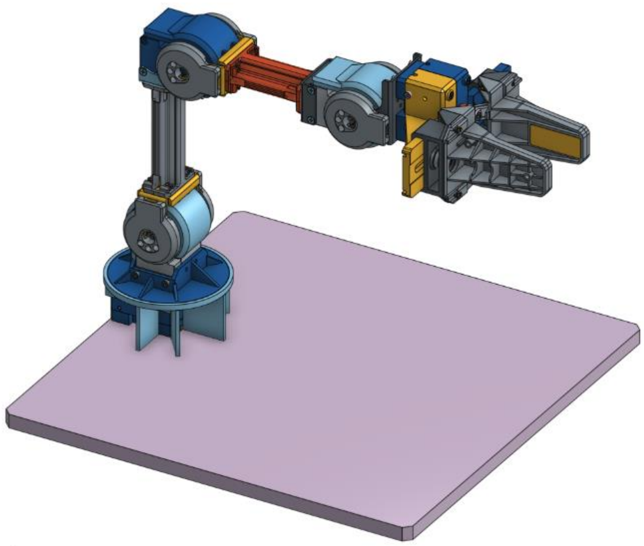
Objetivos:

Determinar la dinámica en cada uno de los eslabones usando el método de Newton-Euler.

Explicar de manera detallada el desarrollo de la dinámica.

Introducción:

El robot a continuación mostrado será el analizado el cual forma parte de la compañía OpenManipulator-X el cual es compatible con ROS el cual es una plataforma de código abierto compatible con OpenCR.



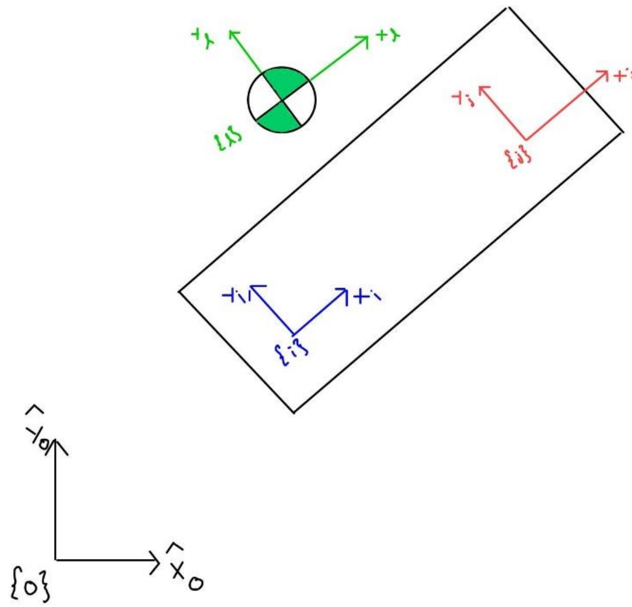
OpenManipulator (s.f) CAD del robot de 5 grados de libertad

El fin en cuestión del desarrollo de la dinámica, es sentar las primeras bases para próximas manipulaciones, por lo que la dinámica llega hasta la modelación de cada eslabón, y que con el desarrollo los siguientes integrantes del proyecto puedan entender cómo se llegó al modelo y por tanto puedan trabajarlo a las condiciones que se deseen. Recalcando que todo lo que se verá, está completamente basado en la notación y la clase de Robotica del profesor Erik Peña Medina del semestre 2024-1.

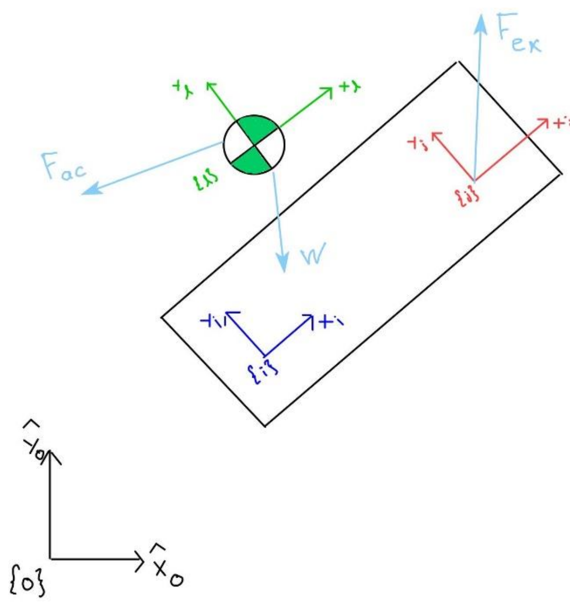
Desarrollo:

La dinámica de Newton-Euler en el plano es la utilizada, y como en cualquier análisis dinámico necesitamos un sistema de referencia desde el cual analizamos las fuerzas, como mencionamos se hace el análisis a partir de un eslabón, y el primero con el que se decide empezar es el de la pinza ya que este resulta ser más sencillo, después pasaremos con los eslabones intermedios.

Primero partimos de hacer un Diagrama de Cuerpo Libre (DCL), en el cual se establece el sistema de referencia Inercial {o}, y los sistemas de referencia que están pegados al eslabón y en el centro de masa del eslabón (este se hizo de manera general), {i}, {j}, {l}, respectivamente.



Las fuerzas ahora son colocadas



Donde:

F_{ex} es una fuerza externa que podría actuar sobre el robot o el eslabón

F_{ac} es la fuerza de aceleración debido a la masa del cuerpo cuando se acelera

W es el peso del cuerpo

Con base en la primera parte se pueden establecer las ecuaciones de balance de momentum lineal. Sin embargo y recordando que las fuerzas se encuentran en diferentes sistemas de referencia se tienen que proyectar en la base que requerimos en nuestro caso la base {i}.

$$\sum F_{totales} = \ {}^{i}F_{ex_j} + \ {}^{i}F_{ac_l} + \ {}^{i}R_o \ {}^{o}W_l$$

Donde ${}^{i}F_{ex_j}$ es la fuerza externa proyectada en el sistema {i}

${}^{i}F_{ac_l}$ es la fuerza de aceleración proyectada en el sistema {i}

${}^{o}W_l$ es el peso del eslabón.

${}^{i}R_o$ es la matriz de rotación sobre el eje z y que nos ayudará también a proyectar el peso sobre {i}

Cada una de las fuerzas se representa de la siguiente manera ya en el sistema {i}.

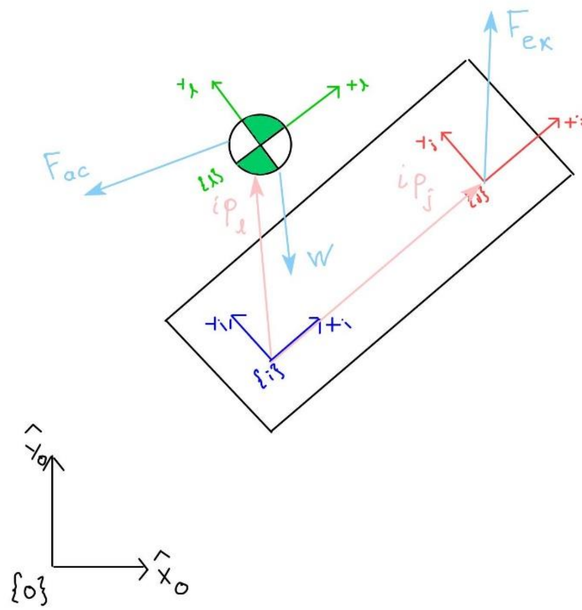
$${}^{i}F_{ex_j} = \begin{bmatrix} F_{ex_{xi}} \\ F_{ex_{yi}} \end{bmatrix}$$

$${}^{i}F_{ac_l} = \begin{bmatrix} F_{ac_{xi}} \\ F_{ac_{yi}} \end{bmatrix}$$

$${}^{i}R_o = \begin{bmatrix} cos\alpha & -sin\alpha \\ sin\alpha & cos\alpha \end{bmatrix}$$

$${}^{o}W_l = \begin{bmatrix} W_{xi} \\ W_{yi} \end{bmatrix}$$

Ahora para el balance de Momentum angular ponemos los vectores de posición que van desde el sistema {i} hacia las diferentes fuerzas ya que este es el sistema que se toma de referencia para hacer los momentos



Y entonces la ecuación de balance de momentum angular queda como

$$\sum M_{totales} = \ {}^{i}P_j \times m_i a_{c_l} + \ {}^{i}P_l \times m_i \ {}^{i}g + \ {}^{i}P_j \times \ {}^{j}F_{ex} + \ {}^{i}I_{ci} \ {}^{i}\dot{\omega_\iota}$$

Donde ${}^{i}P_j$ es el vector de posición que va de {i} a {j}

${}^{i}P_l$ es el vector de posición que va de {i} a {l}

${}^{i}I_{ci}$ es la matriz de inercia debida al teorema de ejes paralelos

${}^{i}\dot{\omega_\iota}$ es la velocidad angular del eslabón

Los vectores y matrices son representados como

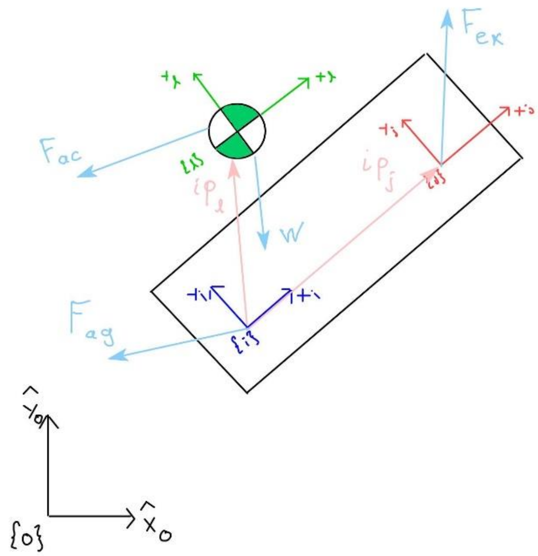
$${}^{i}P_j = \begin{bmatrix} P_{j_x} \\ P_{j_y} \end{bmatrix}$$

$${}^{i}P_l = \begin{bmatrix} P_{l_x} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$${}^{i}\dot{\omega_\iota} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_{i_z} \end{bmatrix}$$

$${}^{i}I_{ci} = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{xy} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{xz} & I_{yz} & I_{zz} \end{bmatrix}$$

Todo lo anterior fue para el eslabón final, es decir la garra o pinza del robot. En el caso de los eslabones intermedios viene a ser las mismas ecuaciones agregando una fuerza de agarre entre los eslabones.



Con la ventaja estratégica de que al ser el sistema {i} donde se hace el análisis dejando la ecuación de momentum angular igual, ya que la fuerza de agarre pasa por el punto de referencia. Y agregando la fuerza de agarre en el momentum lineal, además de que la fuerza de agarre ya no es necesario proyectarla en {i} ya que se encuentra ahí.

$$\sum F_{totales} = \ {}^{i}F_{ex_j} + \ {}^{i}F_{ac_l} + \ {}^{i}R_o \ {}^{o}W_l + \ {}^{i}F_{ag_i}$$

$$\sum M_{totales} = \ {}^{i}P_j \times m_i a_{c_l} + \ {}^{i}P_l \times m_i \ {}^{i}g + \ {}^{i}P_j \times \ {}^{j}F_{ex} + \ {}^{i}I_{ci} \ {}^{i}\dot{\omega}_l$$

Donde:

${}^{i}F_{ag_i}$ es la fuerza de agarre entre eslabones

Cabe resaltar que en la fuerza externa se puede incluir si se requiere la fuerza de agarre con el siguiente eslabón.

Teniendo a la fuerza de agarre como:

$${}^{i}F_{ag_i} = \begin{bmatrix} F_{ag_x} \\ F_{ag_y} \end{bmatrix}$$

Por lo tanto con esto se tiene una representación inicial para los siguientes compañeros que decidan trabajar con la dinámica y tengan una imagen más clara de lo que se necesitará en el proyecto a las condiciones que se quiera considerar.