Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

Fundamentación de robótica (Gpo 101)

Actividad 2 - Análisis de transformaciones

Profesor: Alfredo García Suárez

Alumna:

Ana Itzel Hernández García A01737526

Introducción

El análisis cinemático es esencial para comprender y controlar el movimiento de los robots manipuladores. En esta actividad se evalúan dos tipos de robots con tres grados de libertad (3GDL): el robot antropomórfico y el robot planar. Estos robots representan configuraciones comunes en aplicaciones industriales y educativas.

El objetivo principal es obtener los vectores de velocidades lineales y angulares para ambas configuraciones, así como las matrices de transformación homogéneas locales y globales que describen la relación entre las distintas articulaciones y el sistema de coordenadas. Posteriormente, se realizará un análisis comparativo entre ambos robots para evaluar sus diferencias en términos de movilidad y comportamiento cinemático.

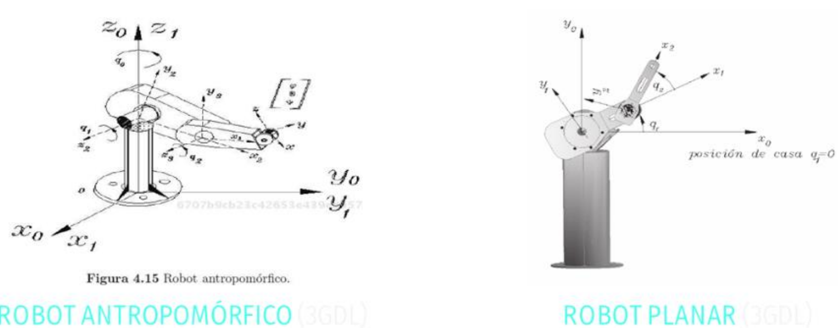

Figura 1. Ilustración de los robots analizados

Análisis

En la primera parte del código definimos las variables, vectores y matrices de las articulaciones del robot planar.

Robot planar

Articulación 1 (Planar)

Posición de la junta 1 respecto a 0

```
P_P(:,:,1) = [l1*cos(th1);
              l1*sin(th1); %Vector de posición indexado por página
              0];
```

Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0

```
R_P(:,:,1) = [cos(th1) -sin(th1) 0;
              sin(th1)  cos(th1) 0; %Análisis del robot pendulo
                0         0     1];
```

Articulación 2 (Planar)

Posición de la junta 2 respecto a 1

```
P_P(:,:,2) = [l2*cos(th2);
              l2*sin(th2); %Vector de posición indexado por página
              0];
```

Matriz de rotación de la junta 2 respecto a 1

```
R_P(:,:,2) = [cos(th2) -sin(th2) 0;
              sin(th2)  cos(th2) 0; %Análisis del robot pendulo
                0         0     1];
```

Articulación 3 (Planar)

Posición de la junta 3 respecto a 2

```
P_P(:,:,3) = [l3*cos(th3);
              l3*sin(th3); %Vector de posición indexado por página
              0];
```

Matriz de rotación de la junta 3 respecto a 2

```
R_P(:,:,3) = [cos(th3) -sin(th3) 0;
              sin(th3)  cos(th3) 0; %Análisis del robot pendulo
                0         0     1];
```

Figura 2. Script en Matlab con los valores iniciales del robot planar

A diferencia del primer robot, al robot antropomórfico se le aplica una rotación positiva en el plano x para transformar el eje z, lo cual se ve expresado en la matriz de rotación de la junta 1 y en el vector de posición se le aplica solamente l1, la cual es la distancia de la articulación al eje z.

Robot antropomorfico

Matriz de rotación al rededor de z

```
rotacion_z = [cos(th1) -sin(th1) 0;
              sin(th1)  cos(th1) 0;
                 0         0     1];
```

Matriz de la rotación con los 90 grados positivos (Evaluación con respecto al ángulo)

$$\text{Rotación } z\ a\ x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{bmatrix}$$

```
x_transfor = [1 0 0;
              0 0 -1;
              0 1 0];
```

Transformación es la rotación por la evaluación en 90°

```
transfor_1 = rotacion_z *x_transfor;
```

Articulación 1 (antropomorfico)

Posición de la junta 1 respecto a 2

```
P_A(:,:,1) = [0;
             0;
             l1]; % L1 es la distancia de z a la articulación 1
```

Matriz de rotación de la junta 1 a 2

```
R_A(:,:,1) = transfor_1;
```

Articulación 2 (antropomorfico)

Posición de la atriculación 2 a 3

Figura 3. Script en Matlab con los valores iniciales del robot antropomórfico.

Con lo anterior en cuenta podemos proceder con el análisis de las matrices locales.

```
Matriz de Transformación(PLANAR) local A1
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_1(t)) & -\sin(\mathrm{th}_1(t)) & 0 & l_1\cos(\mathrm{th}_1(t)) \\ \sin(\mathrm{th}_1(t)) & \cos(\mathrm{th}_1(t)) & 0 & l_1\sin(\mathrm{th}_1(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

```
Matriz de Transformación (ANTROPOMOTFICO) local A1
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_1(t)) & 0 & \sin(\mathrm{th}_1(t)) & 0 \\ \sin(\mathrm{th}_1(t)) & 0 & -\cos(\mathrm{th}_1(t)) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 4. Matrices locales de la primera articulación

Como podemos observar, ambas matrices son diferentes debido a la transformación que sufre la primera articulación del robot antropomórfico

```
Matriz de Transformación(PLANAR) local A2
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_2(t)) & -\sin(\mathrm{th}_2(t)) & 0 & l_2\cos(\mathrm{th}_2(t)) \\ \sin(\mathrm{th}_2(t)) & \cos(\mathrm{th}_2(t)) & 0 & l_2\sin(\mathrm{th}_2(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

```
Matriz de Transformación (ANTROPOMOTFICO) local A2
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_2(t)) & -\sin(\mathrm{th}_2(t)) & 0 & l_2\cos(\mathrm{th}_2(t)) \\ \sin(\mathrm{th}_2(t)) & \cos(\mathrm{th}_2(t)) & 0 & l_2\sin(\mathrm{th}_2(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 5. Matrices locales de la segunda articulación

Aquí las matrices son iguales debido a que se mueven en el mismo plano, la matriz del robot planar no sufre cambios porque se sigue moviendo en el plano “xy”, mientras que el antropomórfico, su matriz de rotación “z” se mantiene de esa manera porque ya no sufre transformación alguna.

```
Matriz de Transformación(PLANAR) local A3
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_3(t)) & -\sin(\mathrm{th}_3(t)) & 0 & l_3\cos(\mathrm{th}_3(t)) \\ \sin(\mathrm{th}_3(t)) & \cos(\mathrm{th}_3(t)) & 0 & l_3\sin(\mathrm{th}_3(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

```
Matriz de Transformación (ANTROPOMOTFICO) local A3
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_3(t)) & -\sin(\mathrm{th}_3(t)) & 0 & l_3\cos(\mathrm{th}_3(t)) \\ \sin(\mathrm{th}_3(t)) & \cos(\mathrm{th}_3(t)) & 0 & l_3\sin(\mathrm{th}_3(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 6. Matrices locales de la tercera articulación

En el caso de las terceras matrices locales, se sigue continua con lo establecido en las matrices anteriores, no sufren cambios debido a que se mueven en los mismos planos

```
Matriz de transformación (PLANAR) global T3
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \sigma_2 & -\sigma_1 & 0 & l_1\cos(\mathrm{th}_1(t)) + l_3\,\sigma_2 + l_2\cos(\mathrm{th}_1(t)+\mathrm{th}_2(t)) \\ \sigma_1 & \sigma_2 & 0 & l_1\sin(\mathrm{th}_1(t)) + l_3\,\sigma_1 + l_2\sin(\mathrm{th}_1(t)+\mathrm{th}_2(t)) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

where

$$\sigma_1 = \sin(\mathrm{th}_1(t)+\mathrm{th}_2(t)+\mathrm{th}_3(t))$$

$$\sigma_2 = \cos(\mathrm{th}_1(t)+\mathrm{th}_2(t)+\mathrm{th}_3(t))$$

```
Matriz de transformación (ANTROPOMORFICO) global T3
ans =
```

$$\begin{pmatrix} \cos(\mathrm{th}_1(t))\cos(\sigma_2) & -\cos(\mathrm{th}_1(t))\sin(\sigma_2) & \sin(\mathrm{th}_1(t)) & \cos(\mathrm{th}_1(t))\,\sigma_1 \\ \sin(\mathrm{th}_1(t))\cos(\sigma_2) & -\sin(\mathrm{th}_1(t))\sin(\sigma_2) & -\cos(\mathrm{th}_1(t)) & \sin(\mathrm{th}_1(t))\,\sigma_1 \\ \sin(\sigma_2) & \cos(\sigma_2) & 0 & l_1 + l_2\sin(\mathrm{th}_2(t)) + l_3\sin(\sigma_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

where

$$\sigma_1 = l_2\cos(\mathrm{th}_2(t)) + l_3\cos(\sigma_2)$$

$$\sigma_2 = \mathrm{th}_2(t) + \mathrm{th}_3(t)$$

Figura 7. Matrices de transformación globales

Observando ambas matrices se llega a la conclusión de que la matriz del robot planar se puede expresar como la suma de los ángulos, mientras que la matriz del robot antropomórfico es la propagación de la multiplicación que se hizo de la junta 1 a la 2 y en el vector de traslación se tiene los tres “l” porque se mueven todos

Conclusión

El análisis cinemático realizado permitió comparar el comportamiento de un robot antropomórfico y un robot planar. A través del cálculo de vectores de velocidades y matrices de transformación homogéneas, se identificaron las diferencias clave entre sus configuraciones y movimientos. Mientras que el robot planar mantiene movimientos en un solo plano, el robot antropomórfico presenta mayor complejidad debido a sus rotaciones en distintos ejes.