Cinemática de robots manipuladores

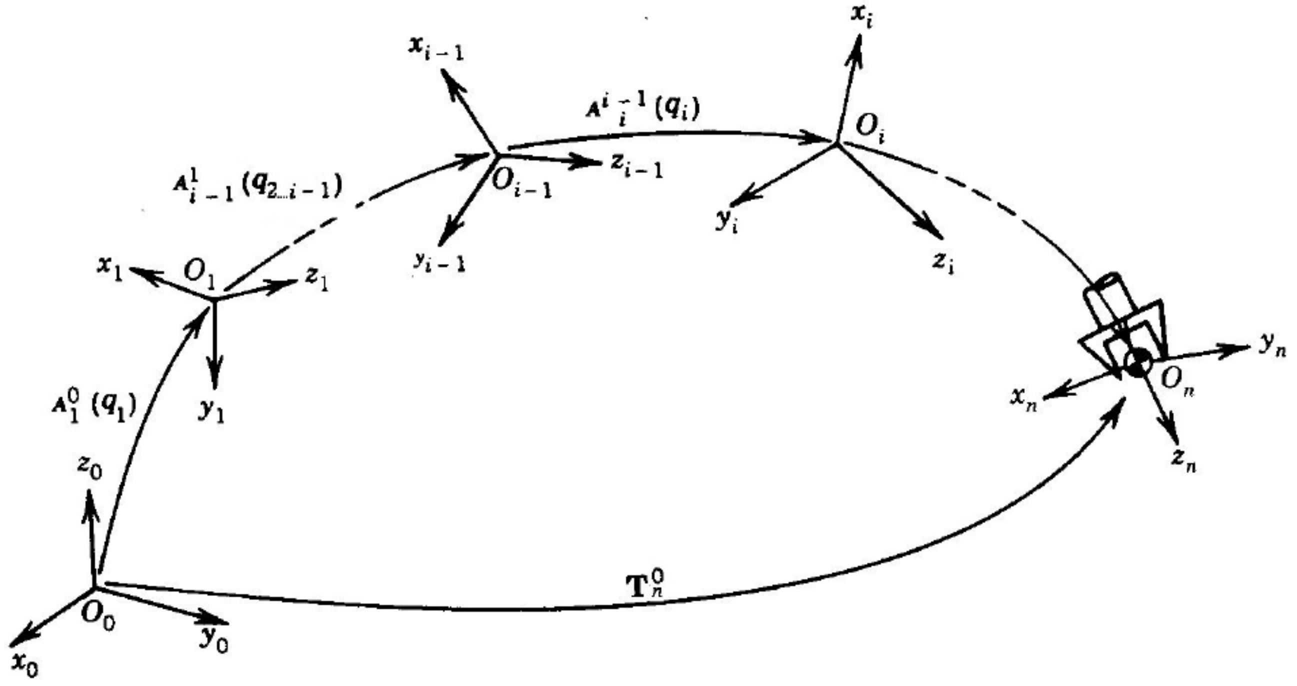
Método Denavit-Hartenberg (D-H)

Método D-H

- En 1955 Denavit y Hartenberg publican un modelo matricial
- Mediante transformaciones secuenciales,

las coordenadas del efector final se pueden transformar en coordenadas de la base.

- Su ventaja es que se puede plantear de manera algortímica y resolver cualquier configuración



Método D-H

- El modelo diferencial es sencillo de implementar en un robot simple
- Para robots de más grados de libertad se vuelve complejo
- Un robot de n grados de libertad esta formado por n eslabones unidos por n articulaciones, de forma que cada par articulación-eslabón constituye un grado de libertad.
- A cada eslabón se le puede asociar un sistema de referencia
- Utilizando transformaciones homogéneas, es posible representar las rotaciones y traslaciones relativas entre los distintos eslabones que componen el robot.

Metodo D-H

- La matriz de transformación homogénea que representa la posición y orientación relativa entre los sistemas asociados a dos eslabones consecutivos del robot se le suele denominar ${}^{(i-1)}A_i$.
- Así, ${}^{0}A_1$ describe la posición y orientación del sistema de referencia del primer eslabón con respecto al sistema de referencia de la base
- Asi, se puede representar de forma total o parcial la cadena cinemática que forma el robot.
- Por ejemplo, la transformación del efector de un robot con 6 grados de libertad con respecto al sistema de coordenadas de la base quedaría ×:
- ${}^{0}A_6 = {}^{0}A_1 \times {}^{1}A_2 \times {}^{2}A_3 \times {}^{3}A_4 \times {}^{4}A_5 \times {}^{5}A_6$

Método D-H

- Según la representación D-H, **escogiendo adecuadamente** los sistemas de coordenadas asociados para cada eslabón, será posible pasar de uno al siguiente mediante 4 transformaciones básicas que dependen exclusivamente de las características geométricas del eslabón.
- Las transformaciones son:
  - Rotación de θ_i grados alrededor del eje Z_{i-1}
  - Traslación de d_i a lo largo del eje Z_{i-1}
  - Traslación de a_i a lo largo del eje X_i
  - Rotación de α_i grados alrededor del eje X_i
- Quedando: ${}^{i-1}A_i = R_z(\theta_i\ )\ H(\ 0,0,d_i)\ H(a_i,0,0)\ R_x(\alpha_i)$

Método D-H

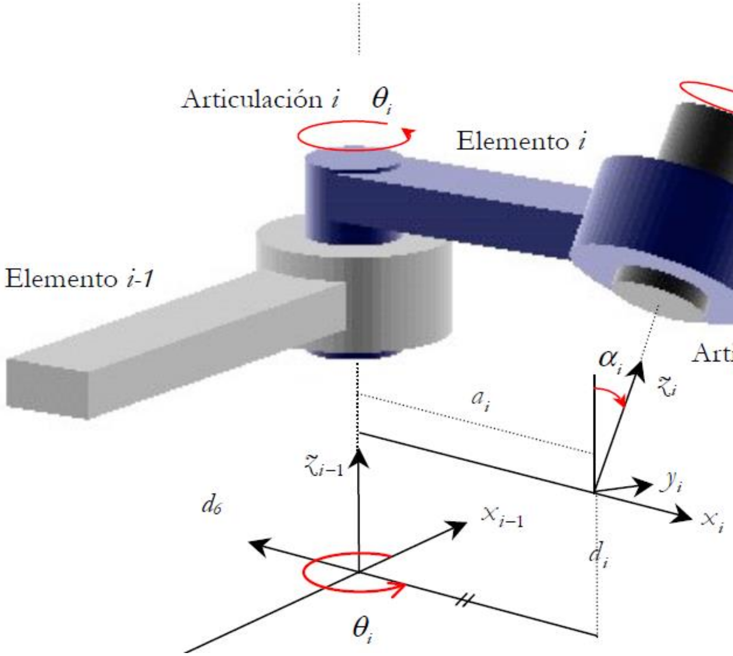
- ${}^{i-1}A_i = R_z(\theta_i\ )\ H(\ 0,0,d_i)\ H(a_i,0,0)\ R_x(\alpha_i)$
- ¿Cómo quedaría?

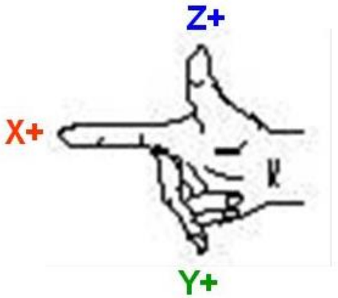
Método D-H

- La matriz resultante es la misma para cada grado de libertad
- Todo se reduce a 2 procesos:
  - Definir los sistemas de coordenadas de cada eslabon-articulación
  - Definir los parámetros θ_i,d_i,a_i, α_i

Definir los sistemas de coordenadas de cada articulación

- Las reglas para determinar cada sistema son:
  - Numerar los eslabones comenzando con 1, el primer eslabón móvil
  - Numerar las articulaciones comenzando con 1, el primer grado de libertad
  - Localizar el eje de cada articulación, si es rotatoria, el eje Z_{i-1} será el eje del giro de la articulación, si es prismática, el eje Z_{i-1} será el eje a lo largo del cual se produce el movimiento
  - El eje X_{i-1} es normal al eje Z_{i-1}
  y apunta hacia afuera de él.
  - El eje Y_{i-1} se completa usando la
  - regla de la mano derecha





Regla de la mano derecha

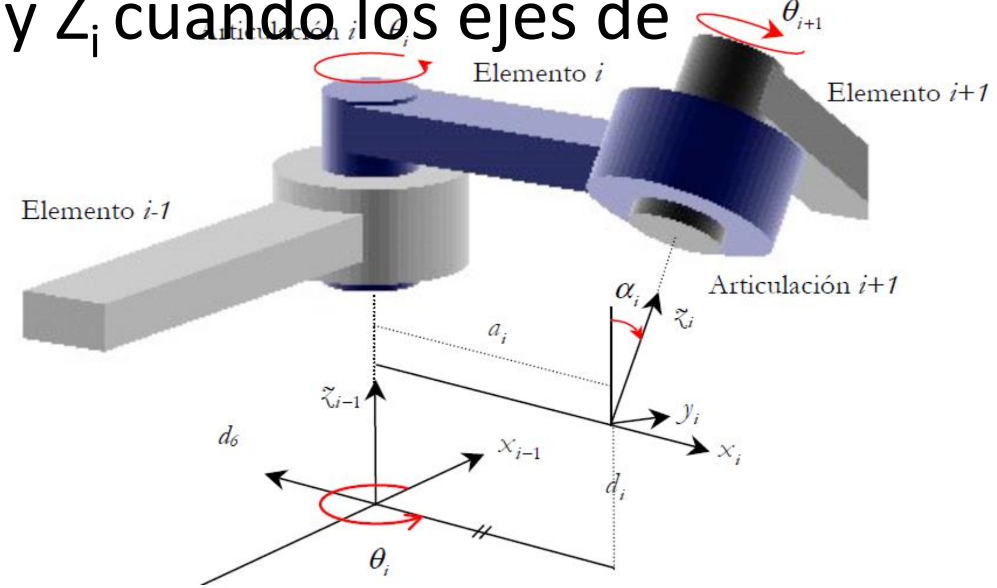
Definir los parámetros θi,di,ai, αi

- Θi: Ángulo de rotación del eje X_{i-1} para que se alinie al eje X_i, con respecto a Z_{i-1}
- di: Distancia desde el origen del sistema de coordenadas (i-1)-ésimo

hasta la intersección del eje Z_{i-1} con el eje X_i a lo largo del eje Z_{i-1}

- ai: Distancia desde el origen del sistema de coordenadas (i-1)-ésimo
- hasta la intersección del eje Z_{i-1} con el eje X_i a lo largo del eje X_i (o la distancia más corta entre los ejes Z_{i-1} y Z_i cuando los ejes de articulación son paralelos)
- αi : Angulo de separación del eje

Z_{i-1} al Z_i con respecto al eje X_i



Algoritmo D-H para la obtención del modelo cinemático de un robot

DH1. Numerar los eslabones comenzando con 1 (primer eslabón móvil dela cadena) y acabando con n (ultimo eslabón móvil). Se numerara como eslabón 0 a la base fija del robot.

DH2. Numerar cada articulación comenzando por 1 (la correspondiente al primer grado de libertad y acabando en n).

DH3. Localizar el eje de cada articulación. Si esta es rotativa, el eje será su propio eje de giro. Si es prismática, será el eje a lo largo del cual se produce el desplazamiento.

DH4. Para i de 0 a n-1, situar el eje Zi, sobre el eje de la articulación i+1.

DH5. Situar el origen del sistema de la base (S0) en cualquier punto del eje Z0. Los ejes X0 e Y0 se situaran dé modo que formen un sistema dextrógiro con Z0.

DH6. Para i de 1 a n-1, situar el sistema (Si) (solidario al eslabón i) en la intersección del eje Zi con la línea normal común a Zi-1 y Zi. Si ambos ejes se cortasen se situaría (Si) en el punto de corte. Si fuesen paralelos (Si) se situaría en la articulación i+1.

DH7. Situar Xi en la línea normal común a Zi-1 y Zi.

DH8. Situar Yi de modo que forme un sistema dextrógiro con Xi y Zi.

Algoritmo D-H para la obtención del modelo cinemático de un robot

DH9. Situar el sistema (Sn) en el extremo del robot de modo que Zn coincida con la dirección de Zn-1 y Xn sea normal a Zn-1 y Zn.

DH10. Obtener θi como el ángulo que hay que girar en torno a Zi-1 para que Xi-1 y Xi queden paralelos.

DH11. Obtener Di como la distancia, medida a lo largo de Zi-1, que habría que desplazar (Si-1) para que Xi y Xi-1 quedasen alineados.

DH12. Obtener Ai como la distancia medida a lo largo de Xi (que ahora coincidiría con Xi-1) que habría que desplazar el nuevo (Si-1) para que su origen coincidiese con (Si).

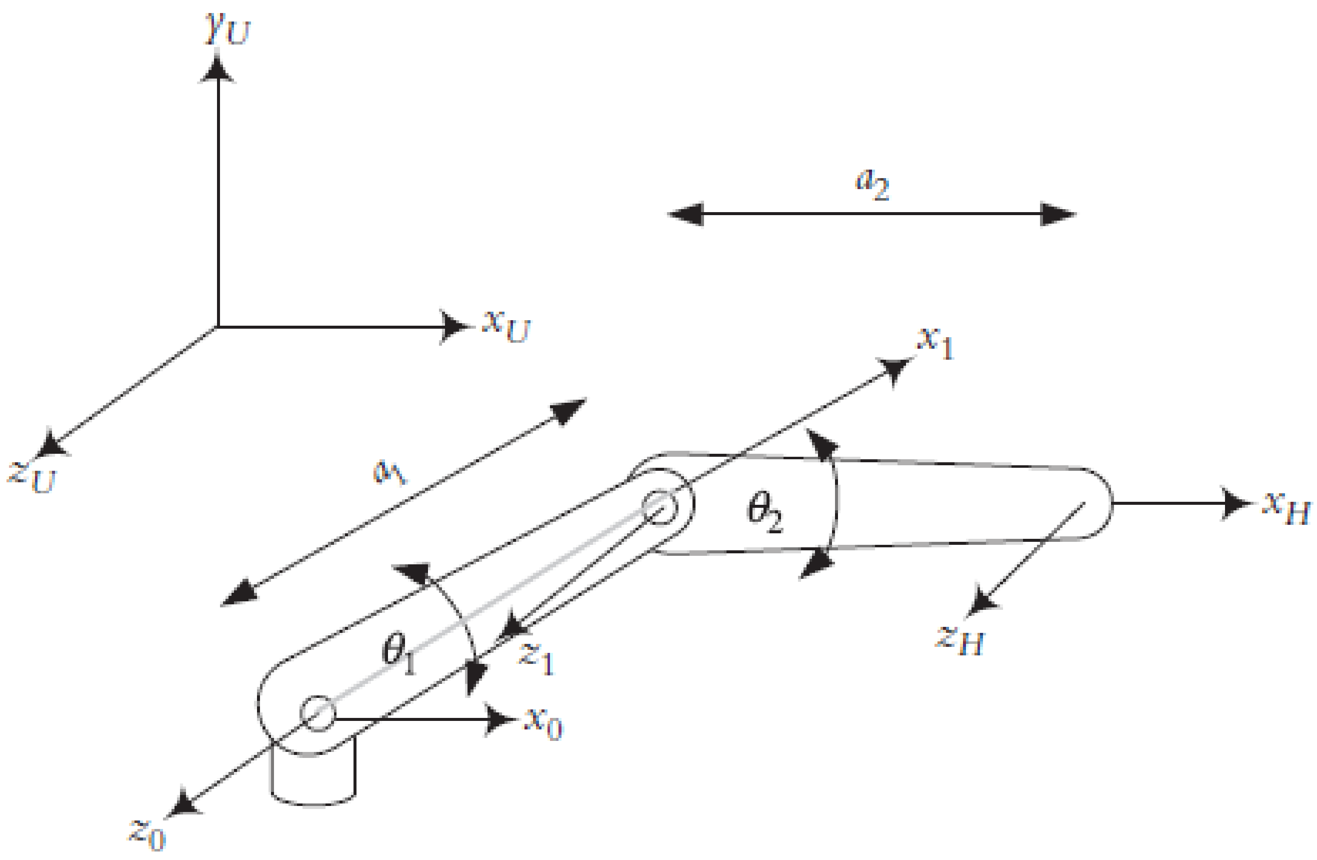
DH13. Obtener αi como el ángulo que habría que girar entorno a Xi (que ahora coincidiría con Xi-1), para que el nuevo (Si-1) coincidiese totalmente con (Si).

DH14. Obtener las matrices de transformación i-1Ai.

DH15. Obtener la matriz de transformación que relaciona el sistema de la base con el del extremo del robot T = 0Ai, 1A2... n-1An.

DH16. La matriz T define la orientación (submatriz de rotación) y posición (submatriz de traslación) del extremo referido ala base en función de las n coordenadas articulares.

Ejemplo: Robot de 2 grados de libertad



#	θ	d	a	α
0–1	θ_1	0	a_1	0
1–H	θ_2	0	a_2	0