Introducción a Programación de Robot

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA) Escuela de Ingenierías Industriales (EII) Universidad de Valladolid (UVa)

Curso 2023/2024



, DISA/EII (UVa)

Introducción a Programación de Robot

Curso 2023/2024

1/13

Contenidos

1 Introducción a los Lenguajes de Programación de Robots

Componentes de un Robot

- Componentes mecánicos-eléctrico: Son todos lo brazos, ejes y motores del robot.
- Componentes electrónicos (controlador):
 - Ordenador: Se dispone de un ordenador con su sistema operativo conectado a todos los actuadores y sensores del robot y otras conexiones al exterior.
 - Pantalla de operario: Pantalla táctil con ventanas para poder programar los movimientos y conexiones del robot.
 Ejemplos: ABB: Flex Pendant RAPID FANUC: Teach Pendant UR: PolyScope
- Software de simulación: La mayoría de robot disponen de un software de simulación para PC del robot y controlador para poder programar el mismo fuera de linea.

ABB: RobotStudio FANUC: RoboGuide UR: URSim_VIRTUAL

- Software generales de simulación: Existen algunos programas que pueden simular robot de distintas marcas.
 - RoboDK: Simula muchos robot industriales con un lenguaje propio que luego puede ser traducido al del robot.
 - RobCad: Tiene módulos de muchos robot industriales para poderlos programar fuera de linea.
 - Matlab-Simulink: Librerías "Robotic Toolbox" (matlab) y "Multi-Body" (Simulink).

, DISA/EII (UVa)

Introducción a Programación de Robot

Curso 2023/2024

3/13

Lenguajes de Programación de Robot

- Lenguajes de programación: Los movimientos y conexiones del robot deben ser programados desde el software de simulación y/o desde la pantalla. Todo lenguaje tiene dos tipos de sentencias,
 - Sentencias de movimiento: Para mover el robot de un punto a otro respecto de una determinada referencia.
 - Sentencias de control y comunicación: Son muy similares a las de cualquier otro lenguaje de programación.

Ejemplo ABB: RAPID FANUC: KAREL UR: Script

• Lenguajes del programación simplificados: Algunos fabricantes usan lenguajes simplificados para programar desde la pantalla de operario.

ABB: RAPID (por comandos) FANUC: lenguaje TP UR: Lenguaje PolyScope

Representación de Ejes y Puntos Objetivos (I)

- Definición: Un eje viene determinado por una posición en el espacio y una orientación con respeto a otro eje definido.
- Posición: Coordenadas x, y, z, medido en metros o milímetros respecto a una referencia.
- Orientación: Existen muchas maneras de medir la orientación del eje x,
 eje y y eje z respecto a una referencia (ver apéndice).
 - Ángulo de Euler: Rotar el eje de referencia un ángulo en z, R_z , otro en y, R_y , y nuevamente en z, R_z para conseguir el nuevo eje (3 grados de libertad, R_{zyz}). Simple pero con problemas de singularidad.
 - Ángulo de Cardano: Rotar el eje de referencia un ángulo en x, R_x , otro en y, R_y , y un ángulo en z, R_z para conseguir el nuevo eje (3 grados de libertad, R_{xyz}).
 - Matriz de rotación ortogonal (3 × 3): (9 componentes, 3 grados de libertad),
 - Obtenida por el vector del eje z (aproximación $[a_x, a_y, a_z]'$), el eje y (orientación $[o_x, o_y, o_z]'$) y eje x (normal $[n_x, n_y, n_z]'$), R = [n, o, a].
 - Obtenida por la composición de las matrices asociadas a la rotación R_z , R_y y R_z u otro posible combinación.
 - Vector-ángulo: Se define un vector de giro v (unitario) y un ángulo θ (4 componentes, 3 grados de libertad).
 - Cuaternios: A partir de v y θ se define un vector de 4 componentes $[cos(\theta/2), v*sin(\theta/2)]$. Se trabaja con cuaternios unitarios (4 componentes, 3 grados de libertad).

DISA/EII (UVa)

Introducción a Programación de Robot

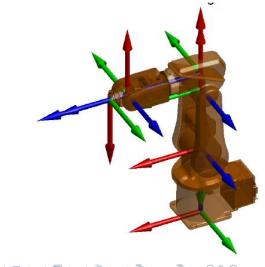
Curso 2023/2024

5/13

Representación de Ejes y Puntos Objetivos (II)

- Posición y Orientación en los lenguajes de programación:
 - Todos los métodos indicados tienen 6 grados de libertad, 3 de posición y 3 de orientación, y son equivalentes.
 - Ejemplos de unidades y métodos en diferentes marcas (Torre de Babel): ABB: RAPID (mm y cuaternios) RobotStudio (mm y R_{xyz} grados) UR: PolyScope (mm y R_{xyz} grados) Script (m y R_{xyz} radianes).
- Matriz homogénea: Incluye en una matriz (4×4) el vector desplazamiento y la matriz rotación, ${}^AT_B = \left[\begin{array}{cc} {}^AR_B & t \\ 0_{1 \times 3} & 1 \end{array} \right]$, donde t = [x,y,z]' es la traslación y AR_B la rotación entre el sistema B respecto del A.
- Composición de sistema: Si AT_B es la matriz homogénea entre B y A, y BT_C entre C y B, la matriz homogénea entre C y A será, ${}^AT_C = {}^AT_B * {}^BT_C$.
- Paso de un eje a otro: Un punto t = [x, y, z]' del espacio visto desde A y B guardan la relación, $\begin{bmatrix} A & t \\ 1 \end{bmatrix} = A T_B * \begin{bmatrix} B & t \\ 1 \end{bmatrix}$.

- Tipos de ejes de un robot:
 - Rotacionales: Un brazo gira respecto del brazo anterior en un nodo.
 - Prismáticos: Un brazo se desplaza respecto al brazo anterior.
- Robot industriales antropomórficos:
 - Simulan un brazo humano, con antebrazo, brazo y muñeca.
 - Suelen tener 6 grados de libertad, normalmente, 6 ejes rotacionales.
- Ejes del robot: Posición y rotación de cada nodo respecto al anterior.
 Ejemplo ABB irb120,
 - Eje base: Define la referencia de la base del robot.
 - Ejes de los nodos: Definen la posición de cada nodo.
 - Eje z del nodo: Debe define el giro o traslación del nodo (variable).
 - Punto de trabajo (TCP): Eje del último nodo.
 - Codos: Ejes [1,4,6], definen la posición del antebrazo, brazo y muñeca. Puede haber 8 formas de ir a un punto.



DISA/EII (UVa)

Introducción a Programación de Robot

Curso 2023/202

7/13

CINEMÁTICA DIRECTA E INVERSA (I)

- Método DenavitHartenberg (D-H) para obtener los ejes de los nodos: De un eje n-1 al siguiente eje n,
 - Rotar en z (Variable)
 - Trasladar en z (Fijo)

$$^{n-1}T_n(R_{z_n}) = T(R_{z_n}) * T(t_{z_n}) * T(t_{x_n}) * T(R_{x_n})$$

- Trasladar en x (Fijo)
- Rotar en x (Fijo)

Ejemplos:

- De n = 0 a n = 1 en el ABB irb120: R_{z_1} (variable), $t_{z_1} = 290$, $t_{x_1} = 0$, $R_{x_1} = -90$.
- De n = 1 a n = 2 en el ABB irb120: $R_{z_2} - 90$ (variable, giro x), $t_{z_2} = 0$, $t_{x_2} = 270$, $R_{x_2} = 0$.
- Punto de trabajo (TCP): Posición final del robot, 6º eje o la herramienta.
- Coordenadas cartesianas del TCP: Se obtiene por composición de ejes, ${}^{0}T_{6}(R_{z_{1}},...,R_{z_{6}}) = {}^{0}T_{1}(R_{z_{1}}) * {}^{1}T_{2}(R_{z_{2}}) * ... * {}^{5}T_{6}(R_{z_{6}})$.
- Coordenadas articulares del TCP: Ángulo (rotacional) de cada uno de los 6 ejes del robot $[R_{z_1}, \ldots, R_{z_6}]$.

Cinemática directa:

- Paso de las coordenadas articulares a las cartesianas del TCP.
- Se obtiene multiplicando las matrices homogéneas de todos los ejes.

• Cinemática inversa:

- Paso de las coordenadas cartesianas a articulares.
- Puede haber 8 posibles posiciones, dependiendo de la orientación de los codos.
- Se obtiene por métodos analíticos o de optimización computacional.
- Punto objetivo: Punto y orientación a la que se quiere llevar el TCP del robot.
 - IMPORTANTE: La orientación del eje z del punto debe ser coherente con el eje z del robot.
 - Ejemplo: El punto t = [200, 0, 0], $R_{xyz} = [0, 0, 0]$ no es alcanzable. Se debe girar para orientar el eje z hacia abajo, $R_{xyz} = [180, 0, 0]$.



DISA/EII (UVa)

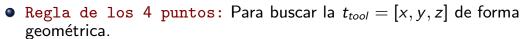
ntroducción a Programación de Robot

Curso 2023/202

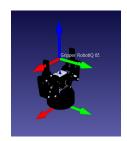
9/13

HERRAMIENTA DE TRABAJO

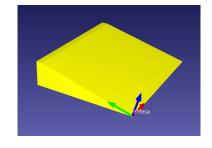
- Elementos: Normalmente está anclada en el robot.
 - Se compone de dos ejes:
 - Base: normalmente asociada al 6º
 - Extremo: Punto de trabajo de la herramienta (TCP)
 - T_{tool} : Relación entre ejes En este caso, t = [0, 0, 180], $R_{xyz} = [0, 0, 0]$ Solo varia z.
 - TCP herramienta: Las coordenadas del robot más la herramienta, $T_{TCP} = {}^{0} T_{6} * T_{tool}$



- Se coloca el TCP herramienta en un mismo punto con 4 orientaciones diferentes.
- El punto final t_{TCP} es el mismo, pero el punto del 6^o eje (t_6) es diferente.
- La distancia entre los 4 puntos t_6 y el t_{TCP} es la misma y generan 4 ecuaciones con 3 incognitas. La cuarta se usa como test.



- Definición: Un elemento externo al robot donde el robot va a manipular otros objetos. Normalmente no está acoplado al robot.
 - Eje de referencia del objeto:
 Coordenadas cartesianas del objeto respecto a la base del robot.
 - Punto objeto relativo: Un punto objeto de la superficie de la mesa debe estar rotado respecto del eje para ser alcanzable. El eje z del punto debe apuntar hacia dentro de la mesa.



- Regla de los 3 puntos: Para buscar la T_{wobj} a partir de 3 puntos de sus aristas,
 - Se conoce el TCP del robot T_{TCP} .
 - Se lleva dicha TCP a un punto en el eje x_1 , un segundo punto en el eje x_2 y uno en el eje y.
 - Explicación geométrica:
 - Los puntos x_1 y x_2 definen la dirección del eje x y una recta.
 - La perpendicular a dicha recta que pasa por el punto y define la dirección y y el punto origen.
 - El eje z es normal a x e y.



DISA/EII (UVa)

Introducción a Programación de Robot

Curso 2023/2024

11/13

Funciones y Argumentos de los Movimientos del Robot

- Movimiento Articular: Mover el TCP del robot de la posición actual a una dada con una ruta elegida por el robot. Normalmente, todas las articulaciones empiezan su movimiento y lo finalizan a la vez.
 - Posición: La posición se puede dar con una coordenada articular o una cartesiana. La función trabaja en coordenadas articulares.
 - Velocidad: Velocidad de el TCP. Se suele poder dar como velocidad (mm/s, rad/s) o como tiempo.
 - Precisión: Si el robot va por un camino (varias sentencias del movimiento seguidas), la precisión determina la distancia y posición de giro a la que se debe pasar de los puntos marcados.
- Movimiento Lineal: Mover el TCP del robot de la posición actual a la dada con una ruta lineal.
 - Posición: La posición se debe dar en coordenadas cartesiana. Algunos robot permiten posiciones relativas a una referencia, en cuyo caso hay que indicar la referencia.
 - Velocidad y Precisión: Igual al movimiento articular.
- Movimiento Circular: Mover el TCP del robot de la posición actual pasando por un primer punto hasta un segundo punto describiendo un arco.
 - Posiciones: La posición del punto intermedio y del final en coordenadas cartesianas
 - Velocidad y Precisión: Igual al movimiento articular.

Otros elementos de la Programación del Robots

- Programación básica: Los lenguajes de programación tienen,
 - Variables, funciones, módulos: Tienen la estructura de un lenguaje modular normal.
 - Sentencias de control: Bucles y condicionales.
 - Interrupciones: Algunos lenguajes tienen interrupciones para procesar módulos en paralelo.
- Comunicaciones: Los lenguajes de programación tiene funciones específicas para comunicarse por otros dispositivos,
 - Tarjeta entrada-salida: Posibles variables analógicas y digitales.
 - Puerto Internet: Para comunicaciones con PCs basadas en TCP/IP, OPC, ROS.
 - Puerto Profibus-Profinet: Para comunicaciones industriales con autómatas.



, DISA/EII (UVa) Introducción a Programación de Robot Curso 2023/2024 13/1