PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

pucv.cl

Robótica e inteligencia artificial

Módulo 2
Robótica Móvil S8

ROBÓTICA MÓVIL
SESIÓN 8

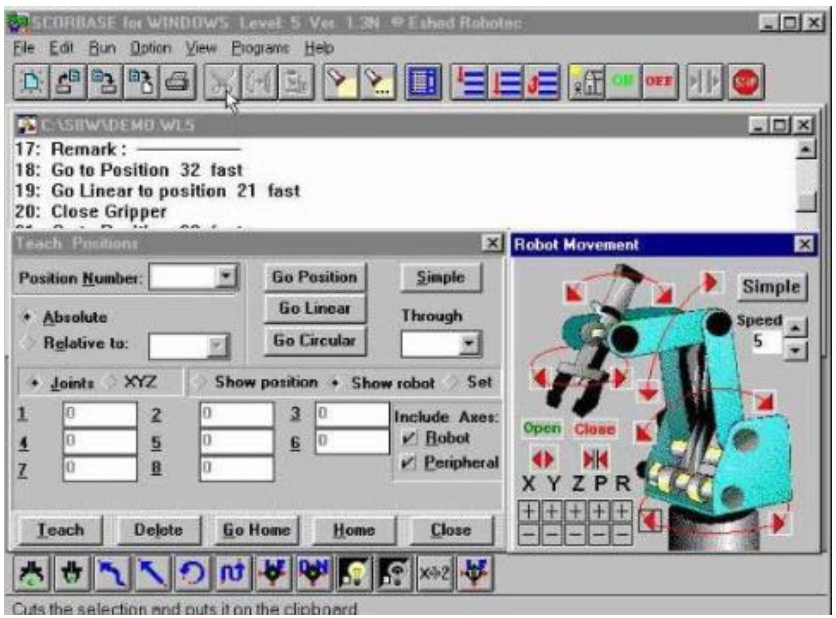
Aplicaciones de matrices de rotación matrices de transformación homogénea

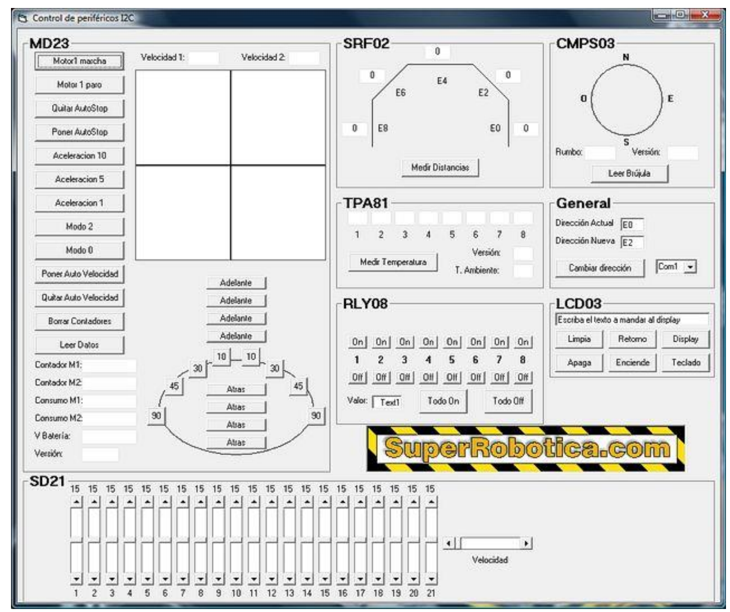
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Aplicaciones actuales de álgebra matricial en robótica industrial

Como ya se ha mencionado, la robótica industrial posee un nivel de perfeccionamiento avanzado para respaldar el correcto funcionamiento y operación de máquinas robóticas, garantizando una precisión y un trabajo eficiente bajo labores repetitivas y forzosas.

Debido a lo anterior, también se puede ver un avance elaborado en el ámbito de software, en la cual encontramos sistemas de control de robótica industrial que presentan una interfaz sencilla y eficaz para el control y programación del robot.





Aplicaciones de matrices de rotación matrices de transformación homogénea

Aplicaciones actuales de álgebra matricial en robótica industrial

El álgebra matricial analizada en la sesión anterior corresponde a cálculos internos del software controlador del robot industrial, donde se identifica que a través de la interfaz no es necesario realizar operaciones matemáticas complejas para programar u operar la máquina robótica.

Anteriormente se ha mencionado que la clasificación de robots de forma generacional indica los robots de aprendizaje como segunda generación, en la cual la máquina repite una secuencia de movimientos que un operador humano indica previamente memorizando y guardando las trayectorias y parámetros de movimiento.

Una de las aplicaciones más utilizadas en la robótica industrial y de manipulación de objetos en un sistema automatizado es ”*Teach Pandant Programming*”

Aplicaciones de matrices de rotación matrices de transformación homogénea

Aplicaciones actuales de álgebra matricial en robótica industrial

Los parámetros comunes en la programación de un robot manipulador a través de esta programación corresponden a velocidades, aceleraciones, tiempos de detención, coordenadas de interés y en algunos casos retroalimentación de sensores de presión o tacto.

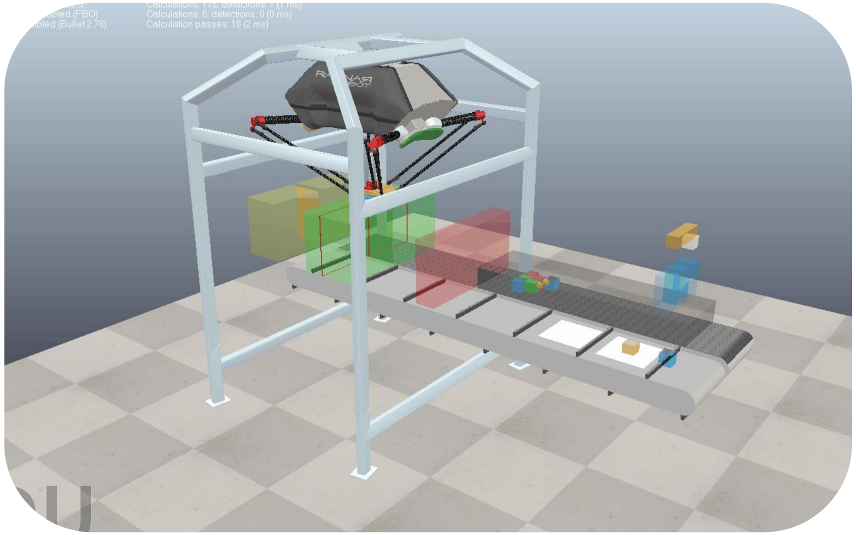
Aplicaciones de matrices de rotación matrices de transformación homogénea

Aplicaciones actuales de álgebra matricial en robótica industrial

A diferencia de aplicaciones con una programación de una rutina fija, existen manipuladores robóticos que requieren tomar decisiones en tiempo real para ejecutar operaciones de caracterización u organización de objetos. Este es el caso de robots clasificadores de objetos.

En este caso el robot debe contar con un dispositivo que permita la percepción del objeto a clasificar ya sea en forma o color, entre otros aspectos para luego reconocer su posición y orientación en una cinta transportadora, coordinar su efector para tomar el objeto de tal modo que haya una coincidencia en la posición de agarre y finalmente transportarlo al espacio de destino considerando un movimiento de organización.

Se puede identificar que este trabajo requiere de un sistema más completo para cumplir el objetivo del robot manipulador

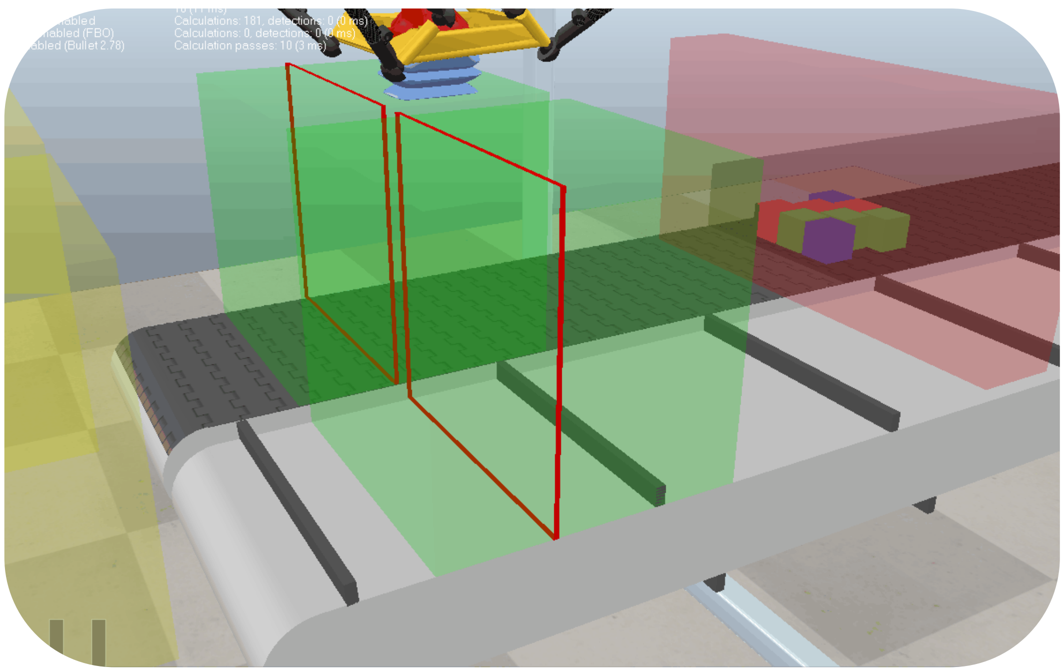


Aplicaciones de matrices de rotación matrices de transformación homogénea

Aplicaciones actuales de álgebra matricial en robótica industrial

La aplicación del álgebra matricial se encuentra dentro del cálculo interno del software de control del robot, por lo que el operador no debe generar cálculos de los movimientos de la máquina. El robot clasificador puede identificar formas o colores dependiendo del sensor que posea integrado, luego de la detección del objeto, el robot se alinea con este, lo toma, y lo transporta a la sección correspondiente.

Esta aplicación se considera más compleja que las aplicaciones de trayectoria fija, ya que el sistema del robot debe generar nuevas trayectorias para tomar cada uno de los objetos.

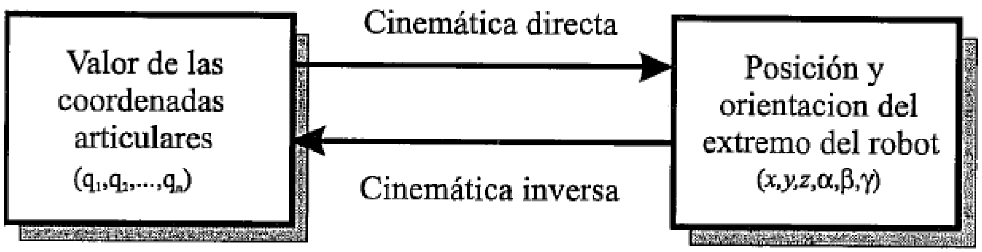


Cinemática del robot

La cinemática del robot estudia el movimiento del mismo con respecto a un sistema de referencia. Así, la cinemática se interesa por la descripción analítica del movimiento espacial del robot como una función del tiempo, y en particular por las relaciones entre la posición y la orientación del extremo final del robot.

Los dos problemas fundamentales a resolver en la cinemática del robot son el problema cinemático directo y el problema cinemático inverso.

Denavit y Hartenberg Propusieron un método sistemático para describir y representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática, y en particular de un robot, con respecto a un sistema fijo de referencia.



Algoritmo de Denavit – Hartenberg para la obtención del modelo cinemático directo

- **DH1** Numerar los eslabones comenzando con 1 y acabando con n. se enumera como eslabón 0 a la base fija del robot.
- **DH2** Numerar cada articulación comenzando por 1 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 situarán de modo que formen un sistema dextrógico con Z0.
- **DH6** Para i de 1 a n-1, Situar el sistema {Si} (solidario el eslabón i) en la intersección del eje Zi con la línea normal común a Zi-1 y Zi.
- **DH7** situar Xi en la línea normal común a Zi-1 y Zi.

Cinemática del robot

Algoritmo de Denavit – Hartenberg para la obtención del modelo cinemático directo

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

DH9 situar el sistema {Si} 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 Ɵi 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, qie 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} Coincidiese totalmente con {Si}.

DH13 obtener αi Como el ángulo que habría que girar en torno a Xi (Que ahora coincidiría con Xi-1), para que el nuevo {Si-1} coincidiese totalmente con {Si}.

DH14 obtener las matrices de transformación Ai.

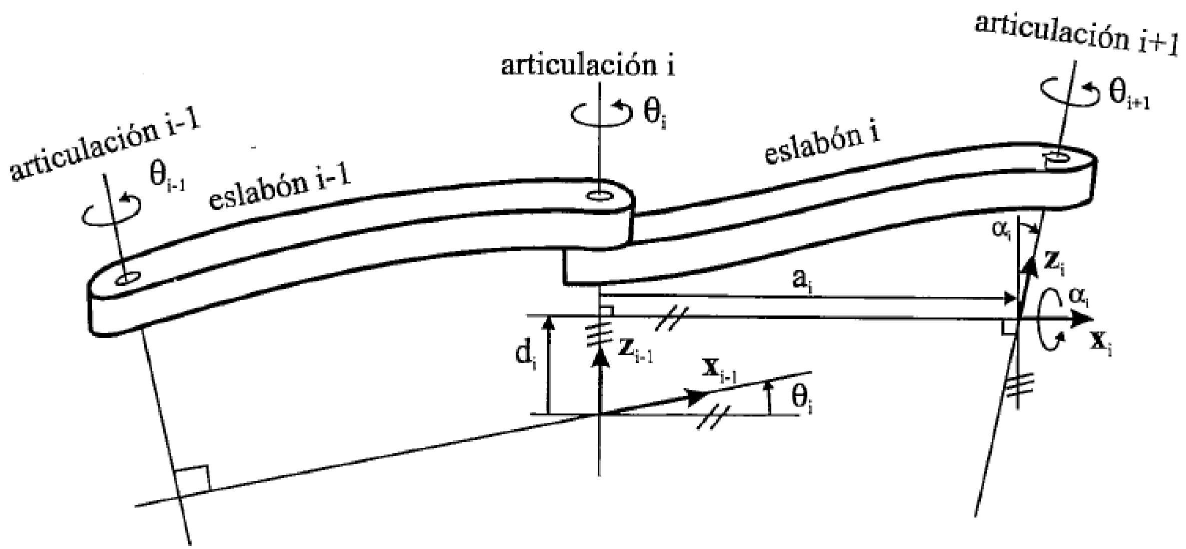
DH15 obtener la matriz de transformación que relaciona el sistema de la base con el extremo del robot.

DH16 la matriz T define la orientación y posición del extremo referido a la base en función de las n coordenadas articulares.

Cinemática del robot

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Algoritmo de Denavit – Hartenberg para la obtención del modelo cinemático directo



Parámetros D-H para un eslabón giratorio.

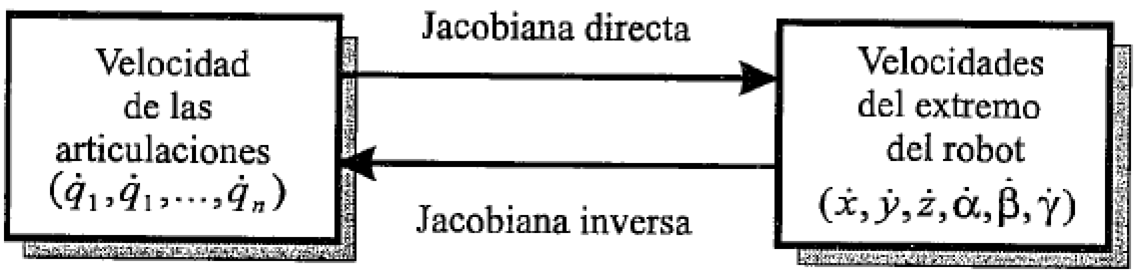
Los cuatro parámetros de D-H (θ,d,a,α) dependen únicamente de las características geométricas de cada eslabón y las articulaciones que le unen con el anterior y el siguiente.

Cinemática del robot

Matriz Jacobiana

El modelado cinemático de un robot busca las relaciones entre las variables articulares y la posición (expresada normalmente en forma de coordenadas cartesianas) y orientación del extremo del robot. En esta relación no se tienen en cuenta las fuerzas o pares que actúan sobre el robot y que pueden originar el movimiento del mismo.

Para esto y otros fines, es de gran utilidad disponer de la relación entre las velocidades de las coordenadas articulares y las de la posición y orientación del extremo del robot. la relación entre ambos vectores de velocidad se obtiene a través de la denominada **matriz jacobiana**.



Cinemática del robot

Matriz Jacobiana

El método más directo para obtener la relación entre velocidades articulares y del extremo del robot consiste en diferenciar las ecuaciones correspondientes al modelo cinemático directo.

Así, supóngase conocidas las ecuaciones que resuelven el problema cinemático directo de un robot de n grados de libertad.

$$x = f_x(q_1,\ldots,q_n) \qquad y = f_y(q_1,\ldots,q_n) \qquad z = f_z(q_1,\ldots,q_n)$$
$$\alpha = f_\alpha(q_1,\ldots,q_n) \qquad \beta = f_\beta(q_1,\ldots,q_n) \qquad \gamma = f_\gamma(q_1,\ldots,q_n)$$

Si se derivan con respecto al tiempo ambos miembros del conjunto de ecuaciones anteriores se tendrá:

$$\dot{x} = \sum_1^n \frac{\partial f_x}{\partial q_i}\dot{q}_i \qquad \dot{y} = \sum_1^n \frac{\partial f_y}{\partial q_i}\dot{q}_i \qquad \dot{z} = \sum_1^n \frac{\partial f_z}{\partial q_i}\dot{q}_i$$
$$\dot{\alpha} = \sum_1^n \frac{\partial f_\alpha}{\partial q_i}\dot{q}_i \qquad \dot{\beta} = \sum_1^n \frac{\partial f_\beta}{\partial q_i}\dot{q}_i \qquad \dot{\gamma} = \sum_1^n \frac{\partial f_\gamma}{\partial q_i}\dot{q}_i$$

Cinemática del robot

Matriz Jacobiana

Lo anterior se puede expresar en forma matricial cómo:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\alpha} \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \end{bmatrix} = \mathbf{J} \cdot \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} \qquad \text{con} \quad \mathbf{J} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_x}{\partial q_1} & \cdots & \frac{\partial f_x}{\partial q_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_\gamma}{\partial q_1} & \cdots & \frac{\partial f_\gamma}{\partial q_n} \end{bmatrix}$$

La matriz J se denomina matriz jacobiana.

Puesto que el valor numérico de cada 1 de los elementos de la matriz dependerá de los valores instantáneos de las coordenadas articulares θi, el valor de las jacobianas será diferente en cada 1 de los puntos del espacio articular.