¿Qué es un robot?

Un robot se define de manera formal por la ISO como un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, a travéz de movimientos variables reprogramables, para el desempeño de tareas diversas.

Maquina automatica programable capaz de realizar determinadas operaciones de manera autónoma y sustituir a los seres humanos en algunas tareas, en especial las pesadas, repetitivas o peligrosas.

Mencione algunas Aplicaciones tipicas de un robot industrial

La federación Internacional de la Robótica (IFR) estableció en 1998 una clasificación de las aplicaciones de la Robótica en el sector manufacturero:

- Manipulación en fundición
- Manipulación en moldeado de plásticos
- Manipulación en tratamientos térmicos
- Manipulación en la forja y estampación
- Soldaduras por arco, puntos, gas, láser.
- Aplicacion de Materiales: Como pintura, adhesivos y secuantes.
- Mecanización: carga y descarga de Maquinas, corte mecanico, rectificado, desbordado y pulido.

¿Cuales son las diferencias entre un robot industrial y una maquina-herramienta CNC?

La diferencia es el grado de reprogramabilidad, un robot puede facilmente reentrenarse o reprogramarse para realizar un sinfin de tareas, mientras que una maquina CNC solo puede realizar una serie de labores limitadas

¿Como debe decidirse el tipo de robot para un determinado trabajo?

Una tarea que tiene que realizarse una sola o unas cuantas veces y que no es peligrosa es mejor que lo efectue un humano. En cambio será mejor que una tarea que tenga que ser hecha cientos o cientos de miles de veces sea ejecutada por una maquina automatizada flexible, como un robot industrial.

¿Que es R.U.R?

Es una Obra de teatro escrita por Checo Karel Capek. En la obra se narra sobre un fabricante que reemplazo a los humanos por robots

que eran eficientes pero falto de emociones, estos se revelaron y aniquilaron a la raza humana salvo por un hombre para que pudiera seguir produciendo mas robots.
Anote las diferencias entre robots seriales y paralelos.
Los robots paralelos consisten de una base fija conectada a una plataforma móvil mediante extremidades, esto otorga ventaja en termino de rigidez, velocidad, precision e inercia en movimiento con respecto a los seriales, pero su desventaja es su reducido espacio.
¿Cuales son los problemas de seguridad en el uso de robots?
Los robots industriales son extraordinariamente potentes, tienen una gran capacidad de alcance.
Se mantiene alejado al personal del area de trabajo del robot y se tienen varios metodos para prevenir accidentes.
¿Como se especifica un robot industrial?
Es una máquina multifuncional capaz de mover materiales u objetivos, manipular herramientas y piezas, son programadas para hacer diversas tareas automaticamente.
¿Cual es la poblasión de robots en el mundo?
Se calcula que su poblacion sea de 2.6 millones
¿Que industria es considerada el usuario mas grande de robots industriales de tipo serial?
La industria Automotriz
¿Cuáles son las áreas nuevas de aplicaciones de robots?
- Manipulación en fundiciones
- Manipulación en moldeados de plásticos
- Manipulación en tratamientos térmicos
- Soldadura
- Espacio
- Medicina y Salud
- Industria Nuclear
- Telepresencia
- Vigilancia y Seguridad
- Mineria.

Jesus Alberto Garcia Camacho - 07-07-2019 - 5-B-T/M

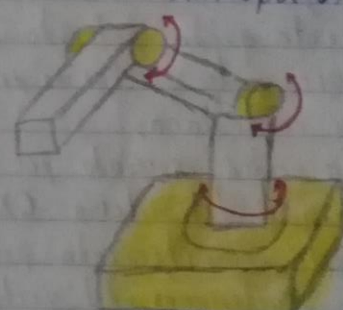
Cartesiano

Cilindrico

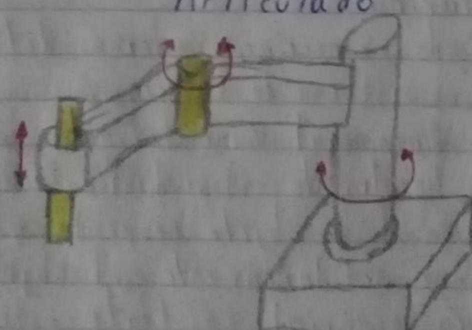
¿Cuales son los Tipos De Robots Industriales?

Esferico O Polar

Antropomórfico



Articulado



Jesus Alberto Garcia Camacho - 09-01-2019 - 8-B - T/M

Herramientas matemáticas para la localización espacial

Para que el robot pueda realizar las tareas de manipulación que le son encomendadas es necesario que conozca la posición y orientación de los elementos a manipular con respecto a la base del robot.

Representación de la posición

La localización de un cuerpo rígido en el espacio precisa de especificar tanto su posición como su orientación.

En un plano bidimensional, la posición de un cuerpo rígido precisa de dos grados de libertad y, por tanto, la posición del cuerpo quedará definida por dos componentes independientes. En el caso de espacio tridimensional será necesario emplear tres componentes.

Sistema Cartesiano de referencia

Se definen mediante ejes perpendiculares entre sí con un origen definido. En el caso de trabajar en el plano (2 dimensiones), el sistema de referencia OXY correspondiente queda definido por dos vectores coordenados OX y OY perpendiculares entre sí con un punto de intersección común O.

Coordenadas cartesianas

Un punto a vendrá expresado por las componentes (x,y) correspondientes a los ejes coordenadas del sistema OXY. Por tanto, la posición del extremo del vector p está caracterizada por las dos componentes (x,y), denominadas coordenadas cartesianas del vector y que son las proyecciones del vector p sobre los ejes OX y OY.

Representación De La Orientación

Para el caso de un sólido rígido, es necesario además definir cuál es su orientación con respecto a un sistema de referencia.

Una orientación en espacio tridimensional viene definida por tres grados de libertad o tres componentes linealmente independientes. Para poder describir de forma sencilla la orientación de un objeto respecto a un sistema de referencia, es habitual asignar solidariamente al objeto un nuevo sistema y después estudiar la relación espacial existente entre los dos sistemas.

Matrices De Rotación

Las matrices de rotación son el método más extendido para la

composiciones de rotaciones, debido fundamentalmente a la comodidad que proporciona el uso del álgebra matricial.
La llamada matriz de rotación, que define la orientación del sistema OUV con respecto al sistema OXY, y que sirve para transformar las coordenadas de un vector en un sistema a las del otro. También recibe el nombre de matriz de cosenos directores. Es fácil de comprobar que se trata de una matriz ortonormal, tal que $R^{-1} = R^{T}$
En un espacio tridimensional, el razonamiento a seguir es similar. Supónganse los sistemas OXYZ y OUVW, coincidentes en el origen, siendo el OXYZ el sistema de referencia fijo, y el OUVW el solidario al objeto cuya orientación se desea definir.

Composiciones de rotaciones

Las matrices de rotación pueden componerse para expresar la aplicación continua de varias rotaciones.
Así, si al sistema OUVW se le aplica una rotación de ángulo α sobre OX, seguida de una rotación de ángulo ϕ sobre OY y de una rotación de ángulo θ sobre OZ

Ángulos De Euler

Todo sistema OUVW solidario al cuerpo cuya orientación se quiere describir, puede definirse con respecto al sistema OXYZ mediante tres ángulos: ϕ, θ, ψ, denominados ángulos de Euler que representan los valores de los giros a realizar sobre tres ejes ortogonales entre sí, de modo que girando sucesivamente el sistema OXYZ sobre estos ejes ortonormales los valores de ϕ, θ, ψ, se obtendrá el sistema OUVW.
Es importante que estas operaciones se realicen en la secuencia especificada pues las operaciones de giros consecutivos sobre ejes no son conmutativas.

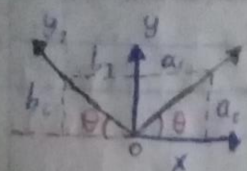
Ángulos de Euler WVW

Solo se diferencia del anterior en la elección del eje sobre el que se realiza el segundo giro. Si se parte de los sistemas OXYZ y OUVW, inicialmente coincidentes, se puede colocar al sistema OUVW en cualquier orientación.
Como sabemos, podemos considerar que el orden de los giros no es conmutativo.

Angulos Euler XYZ

Se trata de la representación utilizada generalmente en aeronáutica, es tambien la más habitual de entre las que se aplican los giros sobre los ejes del sistema fijo. Si se parte de los sistemas OXYZ y OUVW, al igual que en el caso anterior, se puede colocar al sistema OUVW en cualquier orientación.

Matrices De Rotación



X_1 con relación a x; $a_1 = |X_1| \cos\theta \rightarrow (X_1, X)$
X_1 con relación a y; $a_2 = |X_1| \operatorname{sen}\theta \rightarrow (X_1, y)$
y_1 con relación a x; $-b_1 = |y_1| \cos(\theta+90) = -|y_1| \operatorname{sen}\theta \rightarrow (y_1, X)$
y_1 con relación a y; $b_2 = |y_1| \operatorname{sen}(\theta+90) = y_1 \cos\theta \rightarrow (y_1, y)$

$$X_1^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \operatorname{sen}\theta \end{bmatrix} \qquad y_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(\theta+90) \\ \operatorname{sen}(\theta+90) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\operatorname{sen}\theta \\ \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$R_1^0 = [X_1^0, y_1^0] = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (X_1, X_0) & (y_1, X_0) \\ (X_1, y_0) & (y_1, y_0) \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} (X_1, X_0) & (y_1, X_0) & (Z_1, X_0) \\ (X_1, y_0) & (y_1, y_0) & (Z_1, y_0) \\ (X_1, Z_0) & (y_1, Z_0) & (Z_1, Z_0) \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{array}{cc} & x \\ x & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta \\ 0 & \operatorname{sen}\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \end{array} \text{ en } y \begin{array}{cc} & y \\ y & \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \operatorname{sen}\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\operatorname{sen}\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\text{en } Z = \begin{array}{cc} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\operatorname{sen}\theta & 0 \\ \operatorname{sen}\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & Z \\ Z & \end{array}$$

Jesús Alberto García Camacho 21-01-2019

$$T = \begin{bmatrix} R_{3x3} & P_{3x1} \\ f_{1x3} & W_{1x1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [\text{Rotación}] & [\text{Posición}] \\ [\text{Perspectiva}] & [\text{Escalado}] \end{bmatrix}$$

tareas

Rotar

$x \rightarrow 60°$ $y \rightarrow 10°$ $z \rightarrow 10°$

$x \rightarrow 40°$ $y \rightarrow 20°$ $x \rightarrow 60°$

$x \rightarrow 20°$ $z \rightarrow 18°$ $x \rightarrow 40°$

$x \rightarrow 30°$ $z \rightarrow 10°$ $y \rightarrow 30°$

$y \rightarrow 30°$ $z \rightarrow 10°$ $x \rightarrow 30°$

Miercoles

Leer D-H ← Explicación Cuaderno

Diseño Gráfico de su brazo

Jesús Alberto García Camacho - 19-07-2019 - 8-B-7/21

$x = 60^\circ \quad y = 70^\circ \quad z = 10^\circ$

$$x = 60^\circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & -0.866 \\ 0 & 0.866 & 0.5 \end{bmatrix} \quad y = 70^\circ \begin{bmatrix} 0.342 & 0 & 0.94 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0.94 & 0 & 0.342 \end{bmatrix} \quad z = 10^\circ \begin{bmatrix} 0.98 & -0.174 & 0 \\ 0.174 & 0.98 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$x(y) = \begin{bmatrix} 0.342 & 0 & 0.94 \\ 0.814 & 0.5 & -0.296 \\ -0.47 & 0.866 & 0.17 \end{bmatrix} \quad z(xy) \begin{bmatrix} 0.387 & -0.060 & 0.94 \\ 0.808 & 0.340 & -0.296 \\ 0.512 & 0.935 & 0.171 \end{bmatrix}$$

$x = 40^\circ \quad y = 10^\circ \quad x = 50^\circ$

$$x = 40^\circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.766 & -0.643 \\ 0 & 0.643 & 0.766 \end{bmatrix} \quad y = 10^\circ \begin{bmatrix} 0.985 & 0 & 0.174 \\ 0 & 1 & 0 \\ -0.174 & 0 & 0.985 \end{bmatrix} \quad x = 50^\circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.643 & 0.766 \\ 0 & 0.766 & 0.643 \end{bmatrix}$$

$$x(y) \begin{bmatrix} 0.985 & 0 & 0.174 \\ 0.112 & 0.766 & -0.632 \\ -0.133 & 0.641 & 0.754 \end{bmatrix} \quad x(xy) \begin{bmatrix} 0.985 & 0 & 0.124 \\ 0.112 & 0.786 & -0.635 \\ -0.133 & 0.643 & 0.754 \end{bmatrix}$$

$x = 20^\circ \quad z = 18^\circ \quad x = 30^\circ$

$$x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.940 & -0.343 \\ 0 & 0.343 & 0.940 \end{bmatrix} \quad z = \begin{bmatrix} 0.951 & 0.309 & 0 \\ 0.309 & 0.951 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.866 & 0.3 \\ 0 & 0.3 & 0.866 \end{bmatrix}$$

$$x(z) \begin{bmatrix} 0.951 & -0.309 & 0 \\ 0.290 & 0.894 & -343 \\ 0.105 & 0.326 & 0.940 \end{bmatrix} \quad x(xz) \begin{bmatrix} 0.951 & -0.267 & 0.154 \\ 0.290 & 0.602 & -0.744 \\ 0.105 & 0.752 & 0.651 \end{bmatrix}$$

Jesús Alberto García Camacho - 21-01-2019 - 5/B-T4

$x=30^\circ \quad z=10^\circ \quad y=30^\circ$

$$x=30^\circ\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0.866 & -0.5\\ 0 & 0.5 & 0.866\end{bmatrix} \quad z\begin{bmatrix}0.985 & -0.174 & 0\\ 0.174 & 0.985 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \quad y\begin{bmatrix}0.866 & 0 & 0.5\\ 0 & 1 & 0\\ -0.5 & 0 & 0.866\end{bmatrix}$$

$$x(z)\begin{bmatrix}0.985 & -0.174 & 0\\ 0.150 & 0.853 & -0.5\\ 0.087 & 0.492 & 0.866\end{bmatrix} \quad y(xz)\begin{bmatrix}0.853 & -0.174 & 0.492\\ 0.379 & 0.853 & -0.358\\ -0.06 & 0.492 & 0.793\end{bmatrix}$$

$y=30^\circ \quad z=10^\circ \quad x=30^\circ$

$$y=30^\circ\begin{bmatrix}0.866 & 0 & 0.5\\ 0 & 1 & 0\\ -0.5 & 0 & 0.866\end{bmatrix} \quad z=10^\circ\begin{bmatrix}0.985 & -0.174 & 0\\ 0.174 & 0.985 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \quad x=30^\circ\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0.866 & -0.5\\ 0 & 0.5 & 0.866\end{bmatrix}$$

$$y(z)\begin{bmatrix}0.853 & -0.150 & 0.5\\ 0.174 & 0.985 & 0\\ -0.492 & 0.087 & 0.866\end{bmatrix} \quad x(yz)\begin{bmatrix}0.853 & 0.121 & 0.508\\ 0.174 & 0.853 & -0.182\\ -0.492 & 0.508 & 0.706\end{bmatrix}$$

Jesus Alberto Garcia Camacho - 22-01-2019 - 8-B - TSM

DH1.- Se numera como eslabón 0 a la base fija del robot y se numera por cada eslabón móvil hasta el último.

DH2.- Se numeran las articulaciones comenzando por 1, correspondiente al primer grado de libertad.

DH3.- Se localiza cada eje de cada articulación. Si es rotativa su propio eje es de giro. Es prismatico es de desplazamiento

DH4.- Para i de 0 a n-1 situar al eje z_i sobre el eje de articulación i+1

DH5.- Si se situa el origen del sistema en cualquier punto eje z_0. Los ejes x_0, y_0 se situan en sistema dextrógiro con z_0 que es?

DH6.- Si los ejes se cortasen se situan en punto de corte. Al ser paralelos se situán en articulación i+1

DH7- Se situa x_i en la línea normal común a z_{i-1} y z_i

DH8.- Si se situa y_i de forma en que este en sistema dextrógiro x_i y z_i

DH9.- Se situa es sistema S_n de modo que z_n coincide con z_{n-1} y x_n sea normal con z_{n-1} y z_n

DH10.- Se tiene que obtener θ_i como el angulo para que den paralelas quedando los z_{i-1} y x_{i-1}, x_i.

DH11.- Para que x_i y x_{i-1} quede alineados se necesita obtener d_i como la distancia en z_{i-1}.

DH12.- Se obtiene a_i como la distancia en x_i que desplaza en S_{i-1} para que el origen coincida

DH13.- Para que S_{i-1} coincida con S_i se necesita obtener α_i en x_i

DH14.- Se obtienen matrices de transformación ya definidas ${}^{i-1}A_i$

DH15.- Se relaciona el sistema base con el extremo del robot $T = {}^0A_1 \cdot {}^1A_2 \cdots {}^{n-1}A_n$ en la matriz de transformación

DH16.- La matriz T define la orientación de los extremos referidos a la base, en función a las coordenadas articulares

Las 4 transformaciones consisten en rotaciones y traslaciones que relacionan el sistema de referencia.

todas son,

Rotación en traslación en eje z, x, con distintas variables.

Dextrógiro es cuando se hace su movimiento a la izquierda

Robot #1

3R

$a_i - 1 \rightarrow$ distancia de Z_{i-1} a $Z_i \rightarrow$ a lo largo del eje x_{i-1}
$\alpha_{i-1} \rightarrow$ angulo entre Z_{i-1} y $Z_i \rightarrow$ con respecto al eje X_{i-1}
$d_i \rightarrow$ distancia de X_{i-1} a $X_i \rightarrow$ a lo largo del eje Z_i
$\theta_i \rightarrow$ angulo entre X_{i-1} y $X_i \rightarrow$ con respecto al Z_i

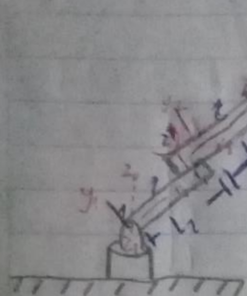
i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	0	0	θ_1
3	L_2	0	0	θ_3

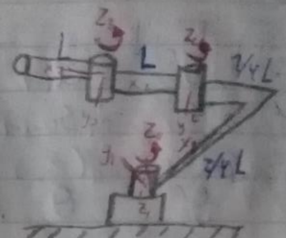
Robot #2

3R

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

Jesus Alberto Garcia Camacho - 11-02-2019 - 9-B-T/4

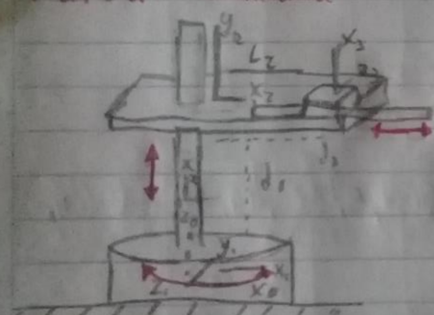


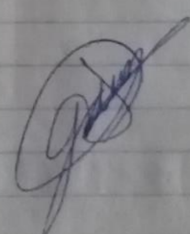


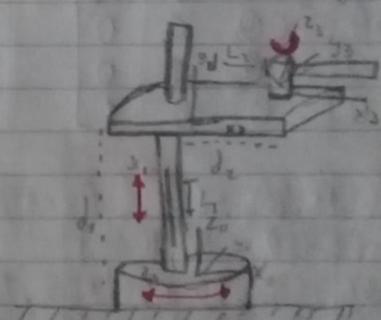
i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	90	d_2	θ_2
3	L_2	-90	0	θ_3

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	0	90	1/4L	θ_2
3	0	0	d_3	θ_3

Tarea P/mañana







i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	θ_1
2	0	90	d_2	θ_2
3	L_1	0	0	θ_3

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	d_1	
2	0	90	d_2	
3	L_1	-90	0	

Jesus Alberto García Camacho [illegible]

Calculo De Matrices Homogeneas

$$T_i^{i-1}=\begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i & \theta & a_{i-1} \\ S\theta_i C\alpha_{i-1} & C\theta_i C\alpha_{i-1} & -S\alpha_{i-1} & -d_i S\alpha_{i-1} \\ S\theta_i S\alpha_{i-1} & C\theta_i S\alpha_{i-1} & C\alpha_{i-1} & d_i C\alpha_{i-1} \\ \theta & \theta & \theta & \theta \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_1 & -C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	-90	0	θ_1
2	L_1	0	0	θ_2
3	L_2	0	0	θ_3

$$T_2^1=\begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_1 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2=\begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & L_2 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$T_{1,2,3}$ = [$C\theta_3 \times (C\theta_2 \times C\theta_1 - S\theta_2 \times S\theta_1) - 2 \times C\theta_1 \times S\theta_3 \times S\theta_2$, $S\theta_3 \times (C\theta_2 \times C\theta_1 - S\theta_2 \times S\theta_1 - 2 \times C\theta_3 \times C\theta_1 \times S\theta_2$, 0, $l2 \times (C\theta_2 \times C\theta_1 - S\theta_2 \times S\theta_1) + l1 \times C\theta_1$]
[$C\theta_1 \times S\theta_3$, $S\theta_3 + C\theta_2 \times C\theta_3$, 1, 0]
[$-S\theta_3 \times (C\theta_1^2 - S\theta_1^2) - C\theta_3 \times (C\theta_2 \times S\theta_1 + C\theta_1 \times S\theta_2)$, $S\theta_3 \times (C\theta_2 \times S\theta_1 + C\theta_1 \times S\theta_2) - C\theta_3 \times (C\theta_2 \times S\theta_1 + C\theta_1 \times S\theta_2) - C\theta_3 \times (C\theta_1^2 - S\theta_1^2)$, 0, $-l2 \times (C\theta_2 \times S\theta_1 + C\theta_1 \times S\theta_2) - l1 \times S\theta_1$]
[0, 0, 0, 1]

$$T_1^0=\begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^1=\begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & l1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -S\theta & -C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3^2=\begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & l_2 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$T_{1,2,3}^0$ = [$C\theta_2 \times C\theta_3 \times C\theta_1 - C\theta_1 \times S\theta_2 \times S\theta_3$, $-C\theta_3 \times S\theta_1$, $-C\theta_2 \times C\theta_1 \times S\theta_3 - C\theta_3 \times C\theta_1 \times S\theta_2$, $-S\theta_1$, $l1 \times C\theta_1 + l_2 \times C\theta_2 \times C\theta_1$]
[0, 0, 0, 0]

Jesus Alberto Garcia Camacho - 12-02-2019 - 8.-B-T/A

$[S\theta_2 \times S\theta_3 \times S\theta_1 - C\theta_2 \times C\theta_3 \times S\theta_1,\ C\theta_2 \times S\theta_3 \times S\theta_1 - C\theta_1 \times C\theta_1 + C\theta_3 \times S\theta_2 \times S\theta_1,\ -C\theta_1,$
$-l1 \times S\theta_1 - l2 \times C\theta_2 \times S\theta_1]$
$[0, 0, 0, 1]$

$$T_1^3 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_1 & -C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^3 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & -1 & -d_2 \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3^3 = \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & l_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_3 & -C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$T_{res}^3 =$
$[S\theta_3 \times S\theta_1 + C\theta_2 \times C\theta_3 \times C\theta_1,\ C\theta_3 \times S\theta_1 - C\theta_2 \times C\theta_1 \times S\theta_2,\ -C\theta_1 \times S\theta_2,\ l1 \times C\theta_1]$
$[-C\theta_3 \times S\theta_2,\ S\theta_2 \times S\theta_3,\ 0,\ 0]$
$[C\theta_1 \times S\theta_3 - C\theta_2 \times C\theta_3 \times S\theta_1,\ C\theta_3 \times C\theta_1 + C\theta_2 \times S\theta_3 \times S\theta_1,\ S\theta_2 \times S\theta_1,\ -l1 \times S\theta_1]$
$[0, 0, 0, 1]$

$$T_1^4 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^4 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & 3/4\,L \\ S\theta_2 & C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3^4 = \begin{bmatrix} C\theta_3 & -S\theta_3 & 0 & L_2 \\ S\theta_3 & C\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$T_{res}^4 =$
$[C\theta_2 \times C\theta_3 \times C\theta_1 - C\theta_1 \times S\theta_2 \times S\theta_3,\ C\theta_3 \times S\theta_1 - C\theta_2 \times C\theta_1 \times S\theta_3 - C\theta_3 \times C\theta_1 \times S\theta_2,\ 0,\ 0]$
$[S\theta_2 \times S\theta_3 \times S\theta_1 - C\theta_2 \times C\theta_3 \times S\theta_1,\ C\theta_3 \times C\theta_1 + C\theta_2 \times S\theta_3 \times S\theta_1 + C\theta_3 \times S\theta_2 \times S\theta_1,\ 0,\ l1\, C\theta_1]$
$[C\theta_2 \times S\theta_3 + C\theta_3 \times S\theta_2,\ C\theta_2 \times C\theta_3 - C\theta_1 \times C\theta_1 - S\theta_2 \times S\theta_3,\ 0,\ -l1\, C\theta_1]$
$[0, 0, 0, 1]$

Elías Alberto García Camacho 18 02 2019

Cinemática Inversa

Consiste en encontrar los valores que deben adoptar las coordenadas articulares del robot $q=[q_1, q_2, \ldots, q_n]^T$ para que su extremo se posicione y oriente según una determinada localización espacial $(p, [n, o, a])$.

Se han desarrollado algunos procedimientos genéricos susceptibles de ser programados, de modo que un computador pueda, a partir del conocimiento de la cinemática del robot obtener la n-upla de valores articulares que posicionan y orientan su extremo.

$$q_k = f_k(x, y, z, \phi, \theta, \psi) \quad K = 1 \ldots n \ (GDL)$$

Ventajas

- Una solución de tipo iterativo no garantiza tener la solución en el momento adecuado.
- En estos casos una solución cerrada permite incluir determinadas reglas o restricciones que aseguren que la solución obtenida sea la más adecuada de entre todas las posibles.

Los métodos geométricos permiten, normalmente, obtener los valores de las primeras variables articulares, que son las que consiguen posicionar el robot.

Para ello utilizan relaciones trigonométricas y geométricas sobre los elementos del robot. Se suele recurrir a la resolución de triángulos formados por los elementos y articulaciones del robot.

Resolución del problema cinemático inverso por métodos geométricos.

Este procedimiento es adecuado para robots de pocos grados de libertad o para el caso de que se consideren sólo los primeros grados de libertad, dedicados a posicionar el extremo.

El procedimiento en sí se basa en encontrar suficiente número de relaciones geométricas en las que intervendrán las coordenadas del

extremo del robot sus coordenadas articulares y las dimensiones físicas de sus elementos.
Los datos de partidas son las coordenadas (p_x, p_y, p_z) referidas a $\{S_0\}$ en las que se quiere posicionar su extremo.

$$q_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{p_y}{p_x}\right)$$

Resolución Del Problema Cinemático inverso a partir de la matriz de transformación homogénea.

En posible tratar de obtener el modelo cinemático inverso de un robot a partir del conocimiento de su modelo directo. Es decir, suponiendo conocidas las relacionadas que expresan el valor de la posición y orientación del extremo del robot en función de sus coordenadas articulares, obtener por manipulación de aquellas las relaciones inversas.
Se va a aplicar este procedimiento al robot de 3 GDL de configuración esférica (2 giros y un desplazamiento). El robot queda siempre contenido en un plano determinado por el ángulo q_1. El primer Paso a dar para resolver el problema cinemático inverso es obtener la expresión correspondiente a este robot.

Matriz Jacobiana

El modelado cinemático de un robot busca las relaciones entre las variables articulares y la posición y orientación del extremo del robot (expresada como matrices de rotación, ángulos de Euler o alguno otro de los métodos). En esta relación no se tienen en cuenta las fuerzas o pares que actúan sobre el robot.
El modelo diferencial queda concretado en la denominada matriz Jacobiana. En general la matriz Jacobiana de un robot, relaciona el ve de velocidades articulares $(\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dot{q}_n)$ con otro vector de velocidades expresado en un espacio distinto.

Jesús Alberto García Camacho

Una segunda elección es relacionar las velocidades articulares con los vectores de velocidad lineal y angular ($V_x, V_y, V_z, W_x, W_y, W_z$) con que se mueve el extremo del robot, expresados en un sistema de referencia determinado, por ejemplo el del origen.

Por su parte, la matriz Jacobiana inversa permitirá conocer las velocidades articulares necesarias para obtener un vector concreto de velocidades del extremo.

Jacobiana Inversa

Del mismo modo que se ha obtenido la relación directa, que permite obtener las velocidades del extremo a partir de las velocidades articulares, puede obtenerse la relación inversa que permite calcular las velocidades articulares partiendo de las del extremo. En la obtención de la relación inversa pueden emplearse diferentes procedimientos.

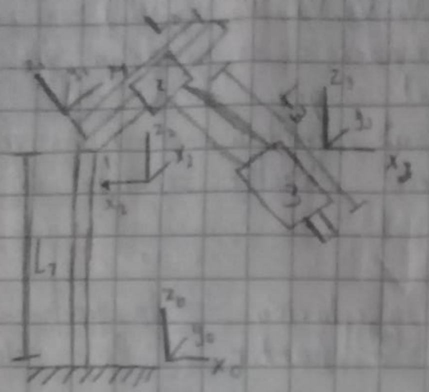
$$\begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} = J_a^{-1} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \dot{q}_n \end{bmatrix} = J^{-1} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \\ W_x \\ W_y \\ W_z \end{bmatrix}$$

Como segunda alternativa puede plantearse la evaluación numérica de la matriz Jacobiana para una configuración (q_i) concreta del robot, e invirtiendo numéricamente esta matriz encontrar la relación inversa válida para esa configuración.

Una tercera dificultad que puede surgir con éste y otros procedimientos de cómputo de la matriz Jacobiana, se deriva de la circunstancia de que la matriz Jacobiana no sea cuadrada.

La tercera alternativa de obtención de la Jacobiana inversa, válida para el caso de Jacobiana analítica inversa es repetir el procedimiento seguido para la obtención de la Jacobiana analítica directa, pero ahora partiendo del modelo cinemático inverso.

Jesus Alberto Garcia Camacho 20/02/2019



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	L_1	-90	0	θ_2
3	L_2	-90	0	0
4	L_3	0	0	0

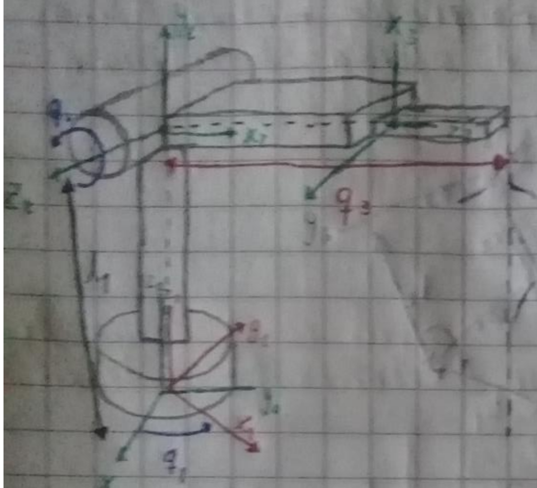
$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C\theta_1 & -S\theta_1 & 0 & 0 \\ S\theta_1 & C\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_2^1 = \begin{bmatrix} C\theta_2 & -S\theta_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_2 & -C\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_4^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_4^0 = \begin{bmatrix} (\cos(\theta_1))(\cos(\theta_2)) - (\sin(\theta_1))(\sin(\theta_2)) & -((\cos(\theta_1))(\sin(\theta_2)) - ((\cos(\theta_2))(\sin(\theta_1)) & 0 & L_1 + L_2 + L_3 \\ (\cos(\theta_1))(\sin(\theta_2)) - (\cos(\theta_2))(\sin(\theta_1)) & (\sin(\theta_1))(\sin(\theta_2)) - ((\cos(\theta_1))(\cos(\theta_2)) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Jesus Alberto García Camacho

20 / 02 / 2017



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	0	90	l_1	θ_2
3	0	90	q_3	90

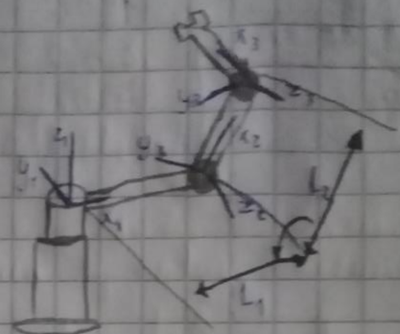
$$T_1^0 = \begin{bmatrix} Cq_1 & -Sq_1 & 0 & 0 \\ Sq_1 & Cq_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad T_2^1 = \begin{bmatrix} Cq_2 & -Sq_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -l_1 \\ -Sq_2 & -Cq_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -q_3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

03/03/2017

Jesús Alberto García Camacho

Aplicar el método de propagación de velocidades para determinar la velocidad angular y lineal del manipulador mostrado. Además expresar los mismos resultados en el sistema de referencia



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	90°	L_1	0	θ_2
3	0	L_2	0	θ_3

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^1 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ S_2 & C_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} C_3 & -S_3 & 0 & L_2 \\ S_3 & C_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^0 = \begin{bmatrix} C_1C_2 & -C_1S_2 & S_1 & L_1C_1 \\ S_1C_2 & -S_1S_2 & -C_1 & L_1S_1 \\ S_2 & C_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_3^0 = \begin{bmatrix} C_1C_{23} & -C_1S_{23} & S_1 & [illegible] \\ S_1C_{23} & -S_1S_{23} & -C_1 & [illegible] \\ S_{23} & C_{23} & 0 & L_2S_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Ahora se cuenta con toda la información para aplicar el método de propagación de velocidades

$$\omega_1^1 = R_0^1 \omega_0^0 + \dot{\theta}_1 z_1^1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 \end{bmatrix} \quad v_1^1 = R_0^1 v_0^0 + R_0^1 [\omega_0^0 \times r_1^0] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

se prosigue con $i=1$

$$\omega_2^2 = R_1^2 \omega_1^1 + \dot{\theta}_2 z_2^2 = \begin{bmatrix} C_2 & 0 & S_2 \\ -S_2 & 0 & C_2 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\theta}_1 \end{bmatrix} + \dot{\theta}_2 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_2\dot{\theta}_1 \\ C_2\dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix}$$

Scribe

Jesús Alberto García Camacho (03 / 03 / 2019)

$$v_2^2 = R_1^2 v_1^1 + R_1^2 [\omega_1^1 \times r_2^1]$$

$$= \begin{bmatrix} C_2 & 0 & S_2 \\ -S_2 & 0 & C_2 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \left[\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot\theta_1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} L_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right] = \begin{bmatrix} C_2 & 0 & S_2 \\ -S_2 & 0 & C_2 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -\dot\theta_1 & 0 \\ \dot\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} C_2 & 0 & S_2 \\ -S_2 & 0 & C_2 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ L_1\dot\theta_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -L_1\dot\theta_1 \end{bmatrix}$$

Nótese que en el cálculo anterior se hizo uso de la matriz antisimétrica para obtener el producto cruz, es decir se empleo $S(\omega_1^1) r_2^1 = \omega_1^1 \times r_2^1$.

$$\omega_3^3 = R_2^3 \omega_2^2 + \dot\theta_3 z_3^3 = \begin{bmatrix} C_3 & S_3 & 0 \\ -S_3 & C_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_2\dot\theta_1 \\ C_2\dot\theta_1 \\ \dot\theta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot\theta_3 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \dot\theta_1 [S_2 C_3 + C_2 S_3] \\ \dot\theta_1 [C_2 C_3 + S_2 S_3] \\ \dot\theta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot\theta_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot\theta_1 S_{23} \\ \dot\theta_1 C_{23} \\ \dot\theta_2 + \dot\theta_3 \end{bmatrix}$$

$$v_3^3 = R_2^3 v_2^2 + R_2^3 [\omega_2^2 \times r_3^2]$$

$$= \begin{bmatrix} C_3 & S_3 & 0 \\ S_3 & C_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -L_1\dot\theta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_3 & S_3 & 0 \\ -S_3 & C_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left[\begin{bmatrix} S_2\dot\theta_1 \\ C_2\dot\theta_1 \\ \dot\theta_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} L_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right]$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -L_1\dot\theta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_3 & S_3 & 0 \\ -S_3 & C_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -\dot\theta_2 & C_2\dot\theta_1 \\ \dot\theta_2 & 0 & -S_2\dot\theta_1 \\ -C_2\dot\theta_1 & S_2\dot\theta_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -L_1\dot{\theta}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_3 & S_3 & 0 \\ -S_3 & C_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ L_2\dot{\theta}_2 \\ -L_2\dot{\theta}_1 C_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -L_1\dot{\theta}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_2\dot{\theta}_2 S_3 \\ L_2\dot{\theta}_2 C_3 \\ -L_2\dot{\theta}_1 C_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_2\dot{\theta}_2 S_3 \\ L_2\dot{\theta}_2 C_3 \\ -\dot{\theta}_1[L_1+L_2C_2] \end{bmatrix}$$

Para expresar las velocidades anteriores en el sistema de referencia $\{0\}$ se utiliza la matriz de rotación R_3^0 con lo que se obtiene:

$$V_3^0 = R_3^0 V_3^3 = \begin{bmatrix} C_1C_{23} & -C_1S_{23} & S_1 \\ S_1C_{23} & -S_1S_{23} & -C_1 \\ S_{23} & C_{23} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_2\dot{\theta}_2 S_3 \\ L_2\dot{\theta}_2 C_3 \\ -\dot{\theta}_1(L_1+L_2C_2) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} L_2\dot{\theta}_2 C_1[S_3C_{23}-C_3S_{23}] - \dot{\theta}_1[L_1S_1+L_2S_1C_2] \\ L_2\dot{\theta}_2 S_1[S_3C_{23}-C_3S_{23}] + \dot{\theta}_1[L_1C_1+L_2C_1C_2] \\ L_2\dot{\theta}_2 S_3S_{23} + L_2\dot{\theta}_2 C_3C_{23} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -L_2\dot{\theta}_2 C_1S_2 - \dot{\theta}_1[L_1S_1+L_2S_1C_2] \\ -L_2\dot{\theta}_2 S_1S_2 + \dot{\theta}_1[L_1C_1+L_2C_1C_2] \\ L_2\dot{\theta}_2 S_3S_{23} + L_2\dot{\theta}_2 C_3C_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -L_2\dot{\theta}_2 C_1 S_2 - \dot{\theta}_1[L_1S_1+L_2S_1C_2] \\ -L_2\dot{\theta}_2 S_1 S_2 + \dot{\theta}_1[L_1C_1+L_2C_1C_2] \\ L_2\dot{\theta}_2 C_2 \end{bmatrix}$$

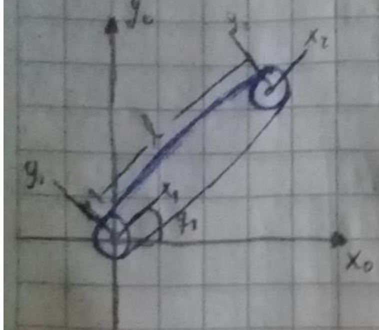
$$\omega_3^0 = R_3^0 \omega_3^3$$

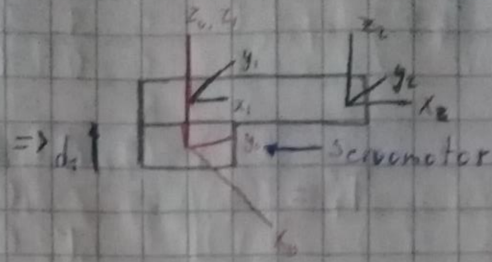
$$= \begin{bmatrix} C_1C_{23} & -C_1S_{23} & S_1 \\ S_1C_{23} & -S_1S_{23} & -C_1 \\ S_{23} & C_{23} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 S_{23} \\ \dot{\theta}_1 C_{23} \\ \dot{\theta}_2+\dot{\theta}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{\theta}_2 S_1 + \dot{\theta}_3 S_1 \\ -\dot{\theta}_2 C_1 - \dot{\theta}_3 C_1 \\ \dot{\theta}_1 \end{bmatrix}$$

Jesús Alberto García Camacho

04/03/2019

Pendulo

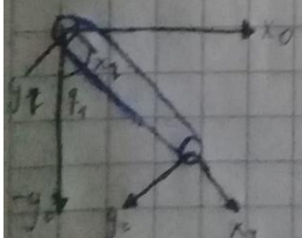




i	a_{i-1}	α_{i-1}	θ_i	d_i
1	0	0	q_1	d_1
2	l_1	0	0	0

$$T_0^1 = \begin{bmatrix} Cq_1 & -Sq_1 & 0 & 0 \\ Sq_1 & Cq_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

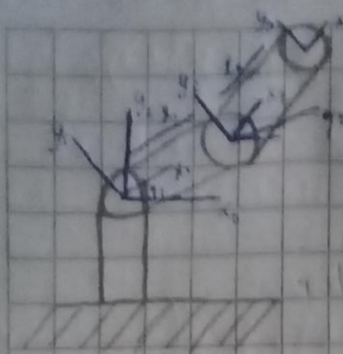
$$T_0^2 = \begin{bmatrix} Cq_1 & -Sq_1 & 0 & lCq_1 \\ Sq_1 & Cq_1 & 0 & lSq_1 \\ 0 & 0 & 1 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$T_0\left(\tfrac{3\pi}{2}\right) = \begin{bmatrix} C\left(\frac{3\pi}{2}\right) & -S\left(\frac{3\pi}{2}\right) & 0 & 0 \\ S\left(\frac{3\pi}{2}\right) & C\left(\frac{3\pi}{2}\right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C(q_1) & -S(q_1) & 0 & 0 \\ S(q_1) & C(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_1^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -l \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Jesus Alberto García Camacho (061 09 1 48)



$$T_0^1 = \begin{bmatrix} C(q_1) & -S(q_1) & 0 & 0 \\ S(q_1) & C(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

R

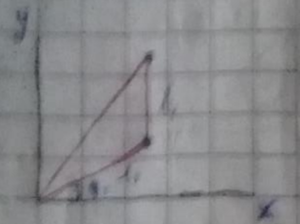
$$T_1^2 = \begin{bmatrix} C(q_2) & -S(q_2) & 0 & l_1 \\ S(q_2) & C(q_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	0	q_1
2	l_i	0	0	q_2
3	l_2	0	0	0

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_0^3 = \begin{bmatrix} C(q_1+q_2) & -S(q_1+q_2) & 0 & l_1 C(q_1) + l_2 C(q_1+q_2) \\ S(q_1+q_2) & C(q_1+q_2) & 0 & l_1 S(q_1) + l_2 S(q_1+q_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Alberto García Camacho 19 / 08 / 2019



$$\begin{bmatrix} y \\ x \end{bmatrix} = f_R(q) = \begin{bmatrix} l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) \\ l_1 \operatorname{sen}(q_1) + l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) \end{bmatrix}$$

$$q_2 = \operatorname{atan}\left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_2}\right)$$

$$q_1 = \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{l_2 \operatorname{sen}(q_2)}{l_1 + l_2 \cos(q_2)}\right)$$

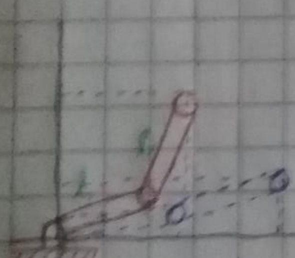
Ecuación Diferencial

$$\frac{d}{dx}\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \frac{\partial f_R(q)}{\partial (q)}(\dot{q}); \quad J(q) = \frac{\partial f_R(q)}{\partial (q)} = \begin{bmatrix} -l_1 \operatorname{sen}(q_1) - l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) & -l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) \\ l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) & l_2 \cos(q_1 + q_2) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_1 \operatorname{sen}(q_1) - l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) & -l_2 \operatorname{sen}(q_1 + q_2) \\ l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) & l_2 \cos(q_1 + q_2) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

y la determinante es:

$\det[J(q)] = l_1 l_2 \operatorname{sen}(q_2)$ donde $\det[J(q)] = 0$ para $q_2 = 0, \pm n\pi$



Encontrar los angulos de posición de posición original (0, 0) $l_1 = 30$, $l_2 = 20$

1.- (3, 9)(4, -1)(-3, 3)(-9, -9)
2.- (-5, -9)(7, 1)(7, 3)
3.- (7, 9)(5, 2)(-4, 5)
4.- (-7, 7)(2, -9)(-8, -3)
5.- (8, 2)(1, -5)(-1, 1)
6.- (1, -4)(-4, 3)(-2, -8)
7.- (2, 1)(4, -4)(8, -9)
8.- (3, -1)(-8, 6)(-4, -7)
9.- (-4, 9)(9, -6)(-5, -2)
10.- (5, -3)(4, 7)(-6, -3)

Jesús Alberto García Camacho 26/03/2019

Práctica 2

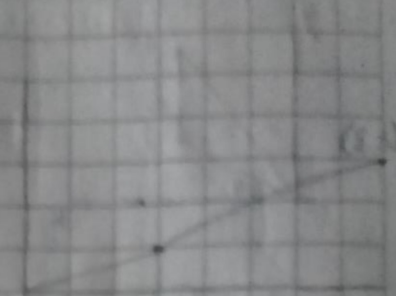
5.- (8,3)(1,-5)(-1,1)

(8,3)

$$q_2 = \left(\frac{(8)^2 + (3)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2((30)(20))}\right) = -1.02$$

atan = -45.63

$$q_1 = \operatorname{atan}\left(\frac{8}{3}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{(30)\sin(-45.63)}{(20)+(30)\cos(-45.63)}\right) = 97.08$$



(1,-5)

$$q_2 = \left(\frac{(1)^2 + (-5)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2((30)(20))}\right) = -1.06$$

atan = -46.66

$$q_1 = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{-5}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{(30)\sin(-46.66)}{(20)+(30)\cos(-46.66)}\right) = 16.75$$

(-1,1)

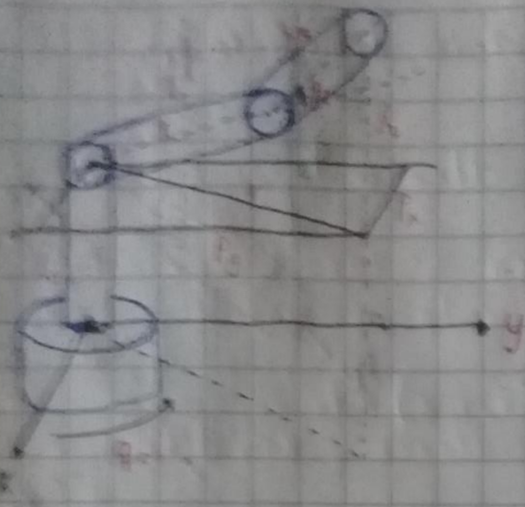
$$q_2 = \left(\frac{(1)^2 + (1)^2 - (30)^2 - (20)^2}{2((30)(20))}\right) = -1.08$$

atan = -47.24

$$q_1 = \operatorname{atan}\left(\frac{-1}{1}\right) - \operatorname{atan}\left(\frac{(30)\sin(-47.24)}{(20)+(30)\cos(-47.24)}\right) = -46.39$$

Scribe

26 / 03 / 2019



Datos: P_x, P_y, P_z donde se quiere situar el extremo del robot.

Metodo Geometrico

$q_1 = \arctan\left(\frac{P_y}{P_x}\right)$

$\cos q_3 = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2 - l_2^2 + l_3$

$\operatorname{sen} q_3 = \pm\sqrt{1-\cos^3 q_1}$

$q_3 = \arctan\left(\frac{\pm\sqrt{1-\cos^2 q_1}}{\cos q_1}\right)$

Calc. q_2

$q_2 = \beta - \alpha$

$\beta = \arctan\left(\frac{P_z}{Y}\right) = \frac{P_z}{\pm\sqrt{P_x^2+P_y^2}}$

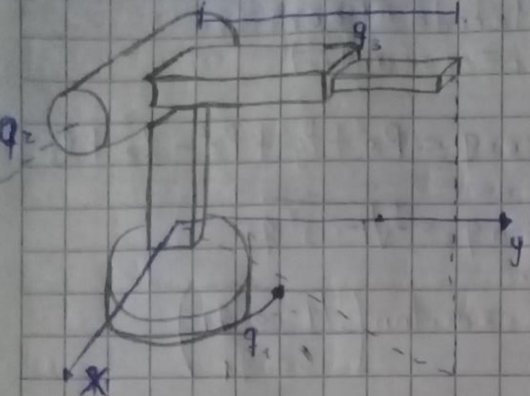
$\alpha = \arctan\left(\frac{l_3 \operatorname{Sen} q_3}{l_2 + l_3 \cos q_3}\right)$ $q_2 = \arctan\left(\frac{P_z}{\pm\sqrt{P_x^2+P_y^2}}\right) = \arctan\left(\frac{l_3 \operatorname{Sen} q_1}{l_2 + l_3 \cos q_1}\right)$

Jesús Alberto García Camacho

27 / 03 / 2019

Cinemática Inversa Por Matrices Homogéneas

Robot Esférico de 8 GDL.



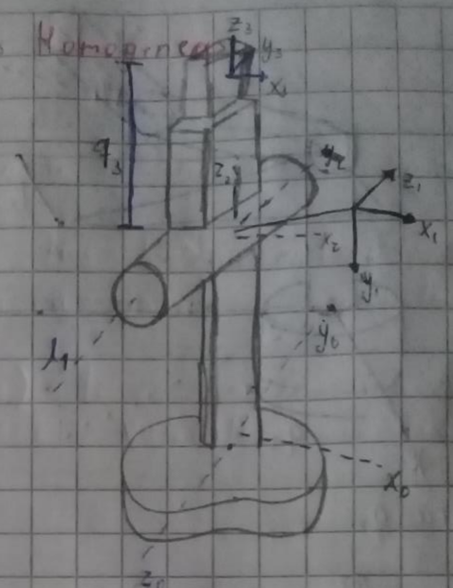


Tabla DH

i	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	q_1	L_1	0	-90°
2	q_2	0	0	90°
3	0	q_3	0	0

Obtener $T_3^0, A_1^0, A_2^0, A_3^0$

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} C_{q_1} & 0 & S_{q_1} & 0 \\ S_{q_1} & 0 & -C_{q_1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & L_2 \end{bmatrix} \quad A_2^1 = \begin{bmatrix} C_{q_2} & 0 & -S_{q_2} & 0 \\ S_{q_2} & 0 & C_{q_2} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^0 = A_1^0 \, A_2^1 \, A_3^2$$

$$(A_1^0)^{-1} T_3^0 = A_2^1 \, A_3^2 \rightarrow \text{despejamos } q_1$$