**CINEMÁTICA INVERSA**

El objetivo del problema cinemático inverso consiste en encontrar los valores que deben adoptar las coordenadas articulares del robot q = (q1, q2...qn) para que su extremo se posicione y oriente según una determinada localización espacial. 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 (con sus parámetros de Denavit -Hartenberg) obtener la n-upla de valores articulares que posicionan y orientan su extremo. El inconveniente de estos procedimientos es que se trata de métodos numéricos iterativos, cuya velocidad de convergencia e incluso su convergencia en si no está siempre garantizado.

Es posible establecer ciertas pautas generales que permitan plantear y resolver el problema cinemático inverso de una manera sistemática, los métodos geométricos permiten obtener normalmente los valores de las primeras variables articulares, que son las que consiguen posicionar el robot (precediendo de la orientación de su extremo). Para ello utilizar relaciones trigonométricas y geométricas sobre los elementos del robot, se suele recurrir a la resolución de triángulos formadas por los elementos y articulaciones del robot.

**Resolución del problema cinemático inverso por métodos geométricos**

El procedimiento en si 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.

Como se ha indicado este procedimiento es adecuado para robots de pocos grados de libertad o para el caso de que se consideren solo los primeros grados de libertad dedicados a proporcionar el extremo.

**Resolución del problema cinemático inverso a partir de la matriz de transformación**

En principio es posible tratar de obtener el modelo cinemático inverso de un robot a partir del conocimiento de su modelo directo. Es decir, suponiendo conocidas las relaciones que expresan el valor de la posición y orientación del extremo del robot en función de sus coordenadas articulares, obtener por manipulaciones de aquellas las relaciones inversas.

**Desacoplo cinemático**

Ahora bien, en general no basta con posicionar el extremo del robot en un punto del espacio. Para ello los robots cuentan con otros tres grados de libertad adicionales, situados al final de la cadena cinemática y cuyos ejes generalmente se cortan en un punto, que informalmente se denomina muñeca de robot. Si bien la variación de estos tres últimos grados de libertad origina un cambio en la posición final del extremo real del robot, su verdadero objetivo es poder orientar la herramienta del robot libremente en el espacio. El método de desacoplo cinemático saca partido de este hecho, separando ambos problemas: posición y orientación; para ello dada una posición y orientación final deseados, establece las coordenadas del punto del corte de los 3 últimos ejes calculándose los valores de las tres primeras variables articulares que consiguen posicionar este punto.

**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 (actuadores, cargas, fricciones, etc..) y que pueden originar el movimiento de este. Sin embargo, sí que debe permitir respectivas derivadas. Así el sistema de control del robot debe establecer que velocidades debe imprimir a cada articulación para conseguir que el extremo desarrolle una trayectoria temporal concreta. Para este 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 matriz jacobiana directa permite conocer las velocidades del extremo del robot a partir de los valores de las velocidades de cada articulación; por su parte la matriz jacobiana inversa permitirá conocer las velocidades articulares necesarias para obtener unas velocidades determinadas en el extremo del robot.

**Relaciones Diferenciales**

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.

Velocidad de las articulaciones

Velocidades del extremo robot

La matriz J se denomina matriz jacobiana, puesto que el valor numérico de cada uno de los elementos (jpq) de la jacobiana será diferente en cada uno de los puntos del espacio articulado.

**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 velocidades. En primer lugar, supuesta conocida la relación directa dada por la matriz jacobiana, se puede obtener la relación inversa invirtiendo simbólicamente la matriz. Como segunda alternativa puede planearse la evolución numérica de la matriz J para una configuración concreta del robot, e invirtiendo numéricamente esta matriz encontrar la relación inversa válida para esa configuración. El valor numérico de la jacobiana inversa ha de ser recalculada constantemente.