



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TORREÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
SEMESTRE ENERO-JUNIO 2025
INGENIERÍA EN INFORMÁTICA
ROBOTICA
MOVIMIENTOS DE LOS ROBOTS
LOPEZ SALDAÑA LUIS ROMAN
ALCARAZ GARCIA KARLO FABIAN 17210885

Introduccion

La ingeniería robótica abarca una diversa gama de sistemas mecánicos, cada uno diseñado para tareas específicas y entornos operativos. Un aspecto fundamental que diferencia a estos dispositivos complejos es su modo de movimiento: cómo navegan e interactúan con su entorno. Este informe profundiza en dos categorías significativas de movimiento robótico: el movimiento lineal preciso y el movimiento cartesiano más integral. Comprender estas capacidades de movimiento es crucial, ya que los tipos de articulaciones seleccionadas y su disposición impactan directamente el sistema de coordenadas de un robot, su espacio de trabajo alcanzable y, en última instancia, su rendimiento en diversas aplicaciones.

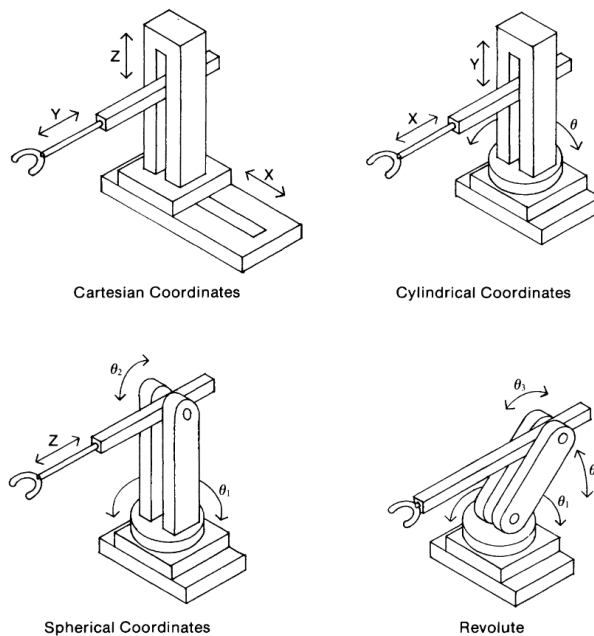
La función de las articulaciones primarias de un robot es permitir que su *efector* final alcance un punto designado en el espacio. Los robots pueden diseñarse para lograr esto mediante movimientos puramente lineales, típicamente asociados con sistemas de coordenadas cartesianas; mediante movimientos puramente angulares, característicos de los sistemas de coordenadas de revolución; o mediante una combinación de ambos, como se ve en los sistemas de coordenadas cilíndricas o esféricas.

Esta investigación examinará primero las características y aplicaciones del movimiento lineal, a menudo logrado mediante articulaciones deslizantes o prismáticas que se mueven a lo largo de un solo eje cartesiano. A continuación, el informe explorará lo que denominamos "movimiento en coordenadas completo". Esto se refiere a la capacidad de un robot no solo de posicionar su efector final en cualquier lugar dentro de un espacio cartesiano tridimensional (lo que requiere tres grados de libertad), sino también de orientar ese efector final en cualquier dirección (lo que requiere tres grados de libertad adicionales). Esta capacidad de seis grados de libertad permite la manipulación integral de objetos y herramientas, lo que la hace esencial para una amplia gama de tareas complejas.

La interacción entre estas capacidades traslacionales y rotacionales, regida por el sistema de coordenadas subyacente del robot y la configuración de las articulaciones, forma el núcleo de nuestro análisis.

Movimiento Robótico Lineal

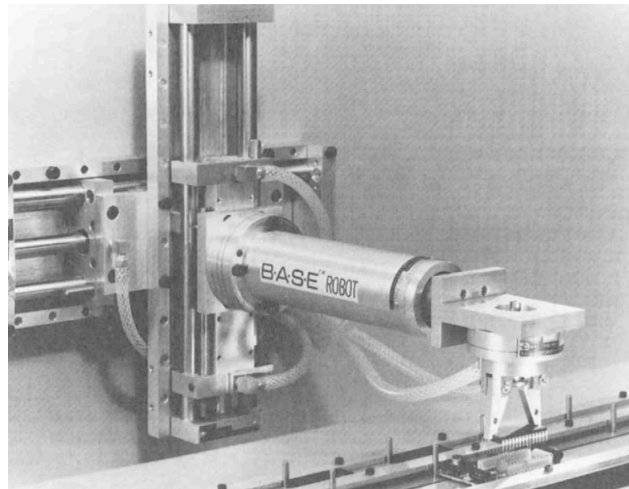
El movimiento lineal en los sistemas robóticos se logra fundamentalmente mediante el uso de articulaciones prismáticas (P), diseñadas para permitir un movimiento deslizante o traslacional a lo largo de un solo eje recto. Cuando las articulaciones principales de un robot son todas de este tipo deslizante, se clasifica como un robot de movimiento lineal. Esta designación surge porque todos sus movimientos están confinados y se describen mediante un marco de coordenadas que sigue ejes rectos, típicamente denotado como ejes X, Y y Z. En consecuencia, el movimiento del efector final del robot, la parte del robot que interactúa con objetos o realiza trabajo, se ejecuta en estas coordenadas directas que describen un espacio lineal.



Sistemas de coordenadas en robots: lineal, cilíndricas, esféricas y revolución

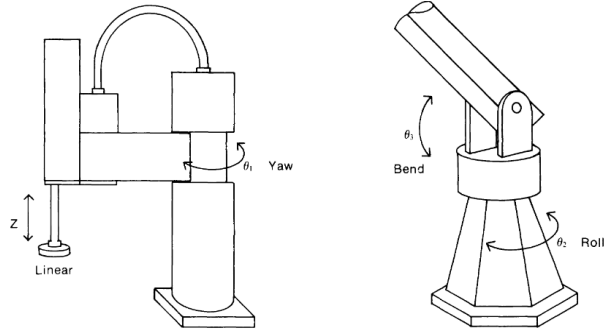
La elección de una configuración de robot de movimiento lineal conlleva varias ventajas distintivas. Una de las más significativas es la relativa facilidad del control de movimiento, especialmente al abordar cálculos de cinemática inversa. La cinemática inversa, el proceso de determinar los movimientos articulares necesarios para posicionar el efector final en un punto y orientación deseados en el espacio, puede ser computacionalmente intensiva. Sin embargo, para los robots de movimiento lineal, el cálculo de la posición final basada en los cambios en cada articulación es más directo, ya que no existe interacción compleja entre las articulaciones. Esto contrasta con los robots que poseen múltiples articulaciones rotacionales, donde la conversión de coordenadas se vuelve considerablemente más compleja. Esta simplicidad en los robots lineales se debe a que sus ejes son independientes y corresponden directamente con las dimensiones espaciales. Otro beneficio clave es su capacidad constante de carga; un robot de movimiento lineal generalmente puede manejar la misma cantidad de peso

independientemente de dónde esté posicionada su brazo dentro de su espacio de trabajo. Esto se diferencia de los robots que utilizan principalmente articulaciones rotacionales, donde el apalancamiento y las fuerzas pueden cambiar con la extensión del brazo, afectando así la capacidad de carga útil. Debido a estas características, los robots de movimiento lineal son muy adecuados para una variedad de aplicaciones. Sobresalen en tareas que requieren un extenso recorrido en línea recta, como en los sistemas de robots de pórtico donde el robot se mueve suspendido a lo largo de una pista para cubrir un área grande. También son una opción práctica para operaciones más simples como apilar piezas en contenedores u organizar artículos de manera ordenada.



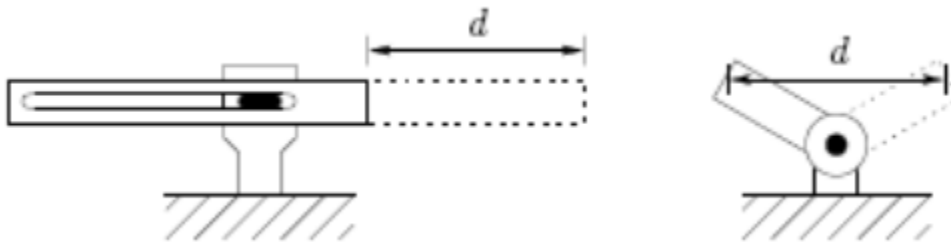
Robot Lineal

Desde una perspectiva de rendimiento, los robots de movimiento lineal son reconocidos por lograr la más alta repetibilidad entre los tipos de robots comunes y generalmente se consideran los más fáciles de programar porque sus movimientos se alinean directamente con la comprensión espacial común. Sin embargo, el diseño también tiene sus desventajas. Una notable es que los robots de movimiento lineal típicamente requieren envolventes de trabajo físicas más grandes, el volumen total de espacio que el robot puede alcanzar, en comparación con otras configuraciones de robots para lograr un rango de movimiento similar. Esto se debe a que su estructura a menudo está más extendida para acomodar las guías lineales. Si bien los ejes lineales, o articulaciones prismáticas, son elogiados por ofrecer generalmente una resolución más alta en el posicionamiento en comparación con sus contrapartes de articulaciones rotacionales (de revolución)



Articulaciones básicas: lineal, guinada, doblez y rodada

también tienden a hacer que la estructura general del robot ocupe un volumen de trabajo más sustancial para un rango de movimiento equivalente.



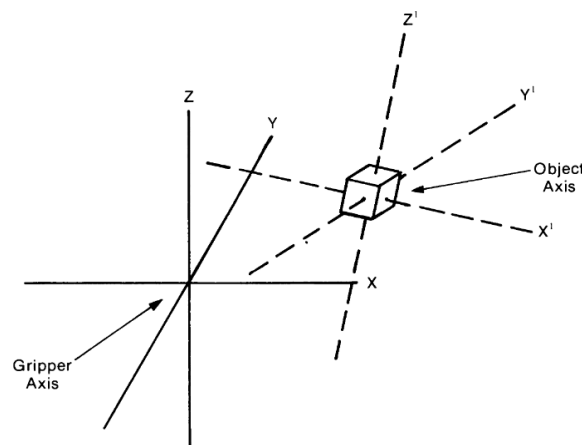
Articulación lineal vs articulación rotacional

Esto puede presentar una limitación en entornos donde el espacio es restringido. A pesar de esto, la franqueza y previsibilidad inherentes del movimiento lineal siguen siendo muy beneficiosas en muchos escenarios. Algunos diseños de robots, por ejemplo, utilizan eficazmente actuadores lineales para impulsar sus mecanismos, lo que contribuye a capacidades de alta velocidad o control preciso en grados de libertad traslacionales específicos. Destacando el rendimiento de tales sistemas, ciertos robots se describen con velocidades de movimiento lineal específicas, por ejemplo, alcanzando 300 mm/seg a lo largo de un eje Z vertical y unos significativamente más rápidos 1500 mm/seg a lo largo de los ejes X e Y horizontales.

En muchos brazos robóticos, las articulaciones iniciales suelen ser cruciales para definir el tipo geométrico fundamental del robot y sus capacidades primarias de posicionamiento, y estas pueden incluir articulaciones prismáticas específicamente para permitir el desplazamiento lineal. Para aplicaciones que exigen que el efector final del robot siga con precisión una trayectoria en línea recta, como en la soldadura por arco o la aplicación de selladores, es indispensable un nivel sofisticado de control de trayectoria continua. Esto asegura que el robot no solo alcance los puntos de inicio y fin designados, sino que también mantenga con precisión la trayectoria lineal entre ellos.

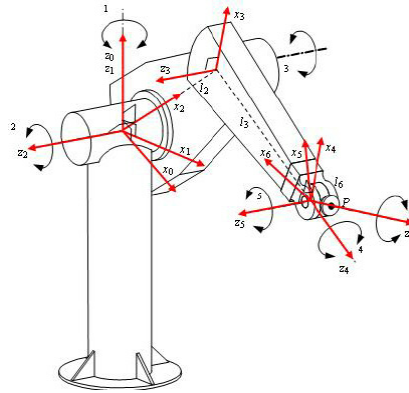
Movimiento en Coordenadas Completo

Para que un sistema robótico exhiba lo que se describe como "movimiento en coordenadas completo", la capacidad sofisticada de posicionar y orientar su efector final con total libertad dentro de un entorno tridimensional, típicamente debe poseer seis grados de libertad (GDL). Este es un concepto fundamental en la ingeniería robótica, ya que estas seis variables independientes (o coordenadas) son esenciales para que el robot controle con precisión tanto su posición cartesiana (su ubicación a lo largo de los ejes X, Y y Z) como su orientación angular, que incluye movimientos rotacionales a menudo descritos como balanceo, cabeceo y guiñada.



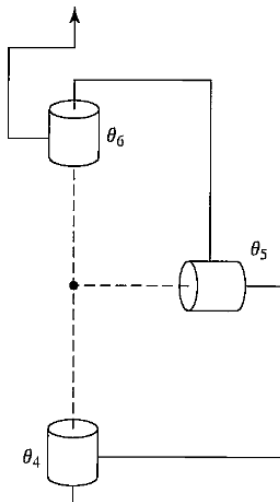
Ejes de pinza y objeto

El estudio de la cinemática de los manipuladores abarca estas propiedades geométricas y temporales del movimiento, abordando cómo cambian las ubicaciones de los marcos del robot a medida que el mecanismo se articula para lograr estos movimientos complejos. Esta capacidad de seis GDL generalmente se divide: tres grados de libertad se asignan para posicionar el efector final del robot, o más específicamente su Punto Central de Herramienta (PCH), en cualquier coordenada deseada dentro de su espacio de trabajo operativo. Estos a menudo se denominan los "GDL principales" y son impulsados por actuadores ubicados en el cuerpo principal del robot, definiendo colectivamente el volumen total que el robot puede alcanzar físicamente. Los tres grados de libertad restantes se emplean luego para controlar con precisión la orientación angular del efector final (como una pinza, una antorcha de soldadura u otra herramienta especializada) una vez que el brazo lo ha transportado a la ubicación objetivo.



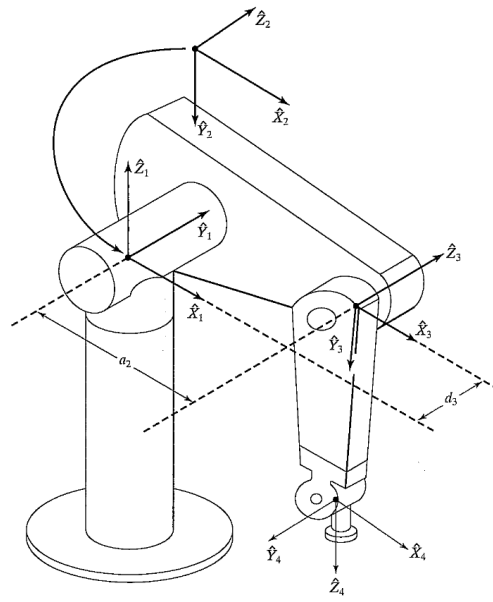
Brazo con 6 grados de libertad

Estas capacidades críticas de orientación se alojan predominantemente dentro del mecanismo de la muñeca del robot, que actúa como una interfaz diestra entre el brazo y la herramienta. Para lograr una verdadera orientación de tres ejes, donde el efector final puede apuntar en cualquier dirección arbitraria, la estructura de la muñeca generalmente requiere al menos una articulación de revolución (rotacional), y a menudo una combinación de ellas. Muchos robots industriales cuentan con diseños de muñeca donde los ejes de las articulaciones 4, 5 y 6 se intersectan en un punto común y son mutuamente ortogonales, lo que simplifica el control y mejora la destreza.



Esquema de una muñeca 3R (3 articulaciones de revolución)

Los robots caracterizados por tener todas las articulaciones rotacionales, comúnmente conocidos como robots de revolución o articulados, son ejemplos clásicos de sistemas diseñados para este movimiento completo de 6 GDL. Su diseño proporciona inherentemente un alto grado de flexibilidad y un espacio de trabajo grande, a menudo complejo. El manipulador Adept Six, con sus seis articulaciones rotacionales, y el Unimation PUMA 560, también un mecanismo 6R (seis articulaciones de revolución), son ejemplos industriales bien conocidos contruidos para ofrecer tales capacidades de movimiento integral.



Puma 560

La disposición específica y los tipos de articulaciones (ya sean prismáticas para movimiento lineal o de revolución para movimiento rotacional) definen fundamentalmente la estructura cinemática del robot y su sistema de coordenadas resultante. Mientras que los robots cartesianos dependen de tres articulaciones lineales para el posicionamiento X, Y, Z, el logro del movimiento en coordenadas completo necesita la integración de articulaciones rotacionales, típicamente concentradas en la muñeca, para proporcionar el indispensable control de orientación. Este movimiento holístico de 6 GDL no es simplemente una mejora, sino un requisito para una multitud de aplicaciones industriales, incluidas tareas intrincadas como la soldadura por arco, operaciones complejas de ensamblaje, aplicación de selladores o inspección detallada, donde el control preciso y adaptable tanto de la posición como del ángulo de la herramienta es primordial para el éxito. Sin esta gama completa de movimiento articulado, un robot podría alcanzar con éxito un punto objetivo en el espacio, pero carecería de la capacidad de alinear correctamente su herramienta o pinza con la pieza de trabajo, lo que lo volvería ineficaz para muchos procesos de fabricación complejos.

Bibliografia

Z. Pandilov, V. Dukovski, (2014). Comparison of the characteristics between serial and parallel robots, Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering, Volume 7

Poole, H. H. (2012). *Fundamentals of Robotics Engineering*. Springer Science & Business Media.

Craig, J. J. (2005). *Introduction to robotics: Mechanics and Control*. Addison-Wesley Longman.