

Robótica/Texto completo

< [Robótica](#)

Robótica

por es.wikibooks.org

Objetivo del libro

Este libro trata de dar a conocer los diferentes ámbitos, métodos, medios, lenguajes, los cuales son necesarios para entrar en este mundo, también se hablará acerca de los autómatas programables que existen en la actualidad en el mercado, como el [Aibo](#) de Sony o los [MindStorms](#) de Lego.

[Versión para imprimir](#)

Contenidos

1. [Introducción](#)
2. [Historia de la robótica](#)
3. [Clasificación](#)
4. [Ventajas y desventajas de los Robots](#)
5. [Características de los Robots](#)
6. [Componentes de los Robots](#)
 1. [Características de los sistemas de actuación](#)
 2. [Actuadores neumáticos](#)
 3. [Actuadores hidráulicos](#)
 4. [Sistema sensorial](#)
7. [Dispositivos neumáticos](#)
8. [Dispositivos hidráulicos](#)
9. [Dispositivos eléctricos](#)
10. [Modulación por Ancho de Pulsos \(PWM\)](#)
11. [Puente H](#)
12. [Reductores de velocidad](#)
13. [Músculos artificiales](#)
14. [Grados de libertad de los Robots](#)
15. [Configuraciones de un Robot](#)
16. [Tipos de Robots](#)
17. [Asimo](#)
18. [Aibo](#)
19. [MindStorms](#)
20. [Herramientas matemáticas para la localización espacial](#)
21. [Métodos de programación de un Robot](#)
22. [Planificación de trayectorias](#)



Reproducir contenido multimedia
Animación de un procedimiento de exploración por tomografía computarizada (SPECT)

Autores

Roberto Alvarez Hernández, Ricardo Iván Corral Terrazas, Adolfo Eric Olvera Olvera, Víctor Hugo Rascón Guerrero, Sergio Soto Ortega, Humberto Vega Diaz, Julio A. Ortiz Félix, Ismael Próspero, Carlos Gonzalez Salitrero, Luz Kenia López Ramos, Alberto Gutiérrez Ornelas... Alumnos de Fundamentos de Robotica ITESM Chihuahua Mexico, 2008 Coordinador Profesor Javier Adrian Rubio Gutierrez

Introducción

La **Robótica** es la ciencia que trata del diseño y la implementación de máquinas capaces de emular el comportamiento de un ser vivo. Se sirve de otras áreas como la **inteligencia artificial**, la **mecánica**, **electrónica**, la **lógica**, el **álgebra**, para poder hacer la complicada tarea de resolver problemas de la mejor manera posible.

En los últimos tiempos la robótica ha jugado papeles muy importantes dentro del avance de la tecnología, como el envío de estos a misiones espaciales, o la reciente comercialización de robots en nuestro medio como el **Asimo** de Honda, **QRIO** y **Aibo** de Sony, los **MindStorms** de Lego, etc., que proporcionan a las personas con interés de desarrollar y aprender algo acerca de programación.

Historia de la robótica

Robot proviene de la palabra checa *robota* que significa “trabajo forzado”. Fue aplicada por primera vez a las máquinas en los años 1920. Sin embargo, los robots que se mueven por sí mismos son mucho más antiguos. Alcanzaron la altura de la perfección en los autómatas relojeros del siglo XVIII, los cuales realizaban acciones complejas para la diversión de sus propietarios, por ejemplo, escribir una frase completa. Estos primitivos robots eran enteramente movidos por complejos engranajes y palancas.

Antecedentes históricos existentes sobre autómatas

- Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imitan las partes del cuerpo humano. Los **antiguos egipcios** unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los **griegos** construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicos, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.
- El califa **Harún Al-Raschid** regaló a **Carlomagno** un reloj en el año 809 en el cual aparecían figuras que daban la hora. En 1354 en la **catedral de Estrasburgo**, se incorpora un gallo que aparece al dar la hora, bate las alas y canta 3 veces. En 1558, el **duque de Baviera** hizo construir en Nüremberg una casa de muñecas y en 1610 el relojero **Aquiles Langenbucher** fabricó instrumentos musicales que sonaban solos.
- **Leonardo Da Vinci**, había elaborado un león manso que, cuando Luis XII entró en Milán, presentó sus homenajes al rey, abriéndose el pecho y mostrando un escudo con 3 lirios. Hacia fines del siglo XVI el mecánico alemán **Cristóforo Schissler** fabricó una muñeca automática que se movía con gran desenvoltura. A pesar de esto la edad de oro es el siglo XVIII, siglo mecánico por excelencia.
- **Jacques Vaucanson** fue el primero que admiró al mundo con una invención prodigiosa: no contento con haber realizado un modelo de telar mecánico al que debe su sólida fama, en 1738 expuso en París una serie de autómatas entre los cuales había un ejecutante de flauta de tamaño natural, capaz de ejecutar doce piezas distintas con gran naturalidad; sin embargo, su mejor trabajo fue un “ánade”, el cual según testigos, aleteaba, nadaba en el agua, se alisaba las plumas con el pico, bebía tragando el agua, picoteaba y comía el alimento que se le daba y además, luego de un tiempo, evacuaba el alimento ingerido bajo la apariencia de materia amorfa. Vaucanson murió en 1782. En 1805 Goethe pudo admirar el ánade ya estropeada, pero aún capaz de comer.
- Otros célebres fabricantes de autómatas fueron los suizos **Pierre y Henry Louis Droz**. La obra maestra de los Droz fue un “escribano” que introducía la pluma en el tintero y escribía un número limitado de palabras (“Sed bienvenidos a Neuchâtel”); en 1773 fabricaron un “diseñador” pero, la perfección de la criatura significó un proceso por brujería para el viejo Droz, absuelto gracias al fervor iluminista de los nuevos tiempos.
- **Wolfrang von Kempeler** un apasionado inventor, construyó una de las primeras máquinas parlantes y fue también creador de uno de los más famosos autómatas de la historia, que a su vez fue uno de los mayores fraudes de su tiempo pero que, a pesar de ello, impulsó la creación de autómatas jugadores de ajedrez hasta casi nuestros días. Hablamos de *El Turco*. Construido en 1769, estaba formado por una mesa donde estaba colocado un maniquí con forma humana vestido con ropajes árabes. Una puerta en la parte frontal se abría y dejaba ver el supuesto mecanismo de funcionamiento del autómata. Este jugador fue una de las mayores atracciones de la época ya que, según contaban, era invencible. Viajó a lo largo de Europa y Estados Unidos aún después de la muerte de su creador.

Sin embargo, todos estos no son más que juguetes, no realizan un trabajo útil. El primer paso hacia la verdadera automatización fue dado en el siglo XVII por **Blas Pascal** y su “máquina calculadora”.

- Los **robots electrónicamente controlados** son un logro del siglo XX. A pesar de que actualmente es posible encontrar robots en fábricas modernas, están lejos de los robots clásicos de la **ciencia ficción** que pueden ver, oír, hablar y pensar. Algún día serán una realidad sólo como una consecuencia de mayores progresos en electrónica, computación y mecánica.

Inicio de la robótica actual

El inicio de la robótica actual puede fijarse en la **industria textil** del siglo XVIII, cuando **Joseph Jacquard** inventa en 1801 una máquina textil programable mediante tarjetas perforadas.

- La **revolución industrial** impulsó el desarrollo de estos agentes mecánicos, entre los cuales se destacaron el **torno mecánico motorizado** de **Babbitt** (1892) y el mecanismo programable para pintar con spray de Pollard y Roselund (1939). Además de esto durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron contruidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots. Jacques de Vauncansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión. En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como 'el programa' para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Éstas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época.
- La palabra robot se empleó por primera vez en 1920 en una obra de teatro llamada "R.U.R." o "Los Robots Universales de Rossum" escrita por el dramaturgo checo Karel Capek. La trama era sencilla: el hombre fabrica un robot luego el robot mata al hombre. Muchas películas han seguido mostrando a los robots como máquinas dañinas y amenazadoras. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot.

Entre los escritores de **ciencia ficción**, **Isaac Asimov** contribuyó con varias narraciones relativas a robots, comenzó en 1939, a él se atribuye el acuñamiento del término Robótica. La imagen de robot que aparece en su obra es el de una máquina bien diseñada y con una seguridad garantizada que actúa de acuerdo con tres principios.

Leyes de la Robótica de Isaac Asimov

Estos principios fueron denominados por Asimov las **Tres Leyes de la Robótica** y son:

- 1.- Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
- 2.- Un robot debe de obedecer las ordenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
- 3.- Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esta autoprotección entre en conflicto con la primera o la segunda ley.

Consecuentemente todos los robots de Asimov son fieles sirvientes del ser humano, de ésta forma su actitud contraviene a la de Capek.

Definición inicial

Inicialmente, se definía un robot como un manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para trasladar materiales, piezas, herramientas o aparatos a través de una serie de movimientos programados para llevar a cabo una variedad de tareas.

Desarrollo de la tecnología

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son varios los factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

- Las primeras patentes aparecieron en 1946 con los muy primitivos robots para traslado de maquinaria de Devol. También en ese año aparecen las primeras computadoras: J. Presper Eckert y John Maulchy construyeron el ENAC en la Universidad de Pensilvania y la primera máquina digital de propósito general se desarrolla en el MIT. En 1954, Devol diseña el primer robot programable y acuña el termino "autómata universal", que posteriormente recorta a Unimation. Así llamaría Engleberger a la primera compañía de robótica. La comercialización de robots comenzaría en 1959, con el primer modelo de la Planet Corporation que estaba controlado por interruptores de fin de carrera..
- En 1964 se abren laboratorios de investigación en inteligencia artificial en el MIT, el SRI (Stanford Research Institute) y en la universidad de Edimburgo. Poco después los japoneses que anteriormente importaban su tecnología robótica, se sitúan como pioneros del mercado.

Otros desarrollos Importantes en la historia de la robótica

- En 1960 se introdujo el primer robot "Unimate", basada en la transferencia de artículos. programada de Devol. Utilizan los principios de control numérico para el control de manipulador y era un robot de transmisión hidráulica.
- En 1961 Un robot Unimate se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel.
- En 1966 Trallfa, una firma noruega, construyó e instaló un robot de pintura por pulverización.
- En 1971 El "Stanford Arm", un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico, se desarrolló en la Stanford University.
- En 1973 Se desarrolló en SRI el primer lenguaje de programación de robots del tipo de computadora para la investigación con la denominación WAVE. Fue seguido por el lenguaje AL en 1974. Los dos lenguajes se desarrollaron posteriormente en el lenguaje VAL comercial para Unimation por Víctor Scheinman y Bruce Simano.
- En 1978 Se introdujo el robot **PUMA** (Programmable Universal Machine for Assembly) para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.
- En 1980 Un sistema robótico de captación de recipientes fue objeto de demostración en la Universidad de Rhode Island. Con el empleo de visión de máquina el sistema era capaz de captar piezas en orientaciones aleatorias y posiciones fuera de un recipiente.



Brazo PUMA en la NASA

Actualidad

Actualmente, el concepto de robótica ha evolucionado hacia los sistemas móviles autónomos, que son aquellos que son capaces de desenvolverse por sí mismos en entornos desconocidos y parcialmente cambiantes sin necesidad de supervisión.

- El primer robot móvil de la historia, pese a sus muy limitadas capacidades, fue **ELSIE** (*Electro-Light-Sensitive Internal-External*), construido en Inglaterra en 1953. ELSIE se limitaba a seguir una fuente de luz utilizando un sistema mecánico realimentado sin incorporar inteligencia adicional. En 1968, apareció **SHACKY** del SRI (*Stanford Research Institute*), que estaba provisto de una diversidad de sensores así como una cámara de visión y sensores táctiles y podía desplazarse por el suelo. El proceso se llevaba en dos computadores conectados por radio, uno a bordo encargado de controlar los motores y otro remoto para el procesamiento de imágenes.
- En los setenta, la **NASA** inicio un programa de cooperación con el *Jet Propulsion Laboratory* para desarrollar plataformas capaces de explorar terrenos hostiles. El primer fruto de esta alianza sería el **MARS-ROVER**, que estaba equipado con un brazo mecánico tipo STANFORD, un dispositivo telemétrico láser, cámaras estéreo y sensores de proximidad.
- En los ochenta aparece el **CART** del SRI que trabaja con procesado de imagen estéreo, más una cámara adicional acoplada en su parte superior. También en la década de los ochenta, el **CMU-ROVER** de la *Universidad Carnegie Mellon* incorporaba por primera vez una rueda timón, lo que permite cualquier posición y orientación del plano.
- En la actualidad, la robótica se debate entre modelos sumamente ambiciosos, como es el caso del IT, diseñado para expresar emociones, el **COG**, también conocido como el robot de cuatro sentidos, el famoso **SOUJOURNER** o el **LUNAR ROVER**, vehículo de turismo con control remotos, y otros mucho más específicos como el **CYPHER**, un helicóptero robot de uso militar, el guardia de tráfico japonés **ANZEN TARO** o los **robots mascotas** de Sony.

En el campo de los robots antropomorfos (androides) se debe mencionar el **P3** de Honda que mide 1.60m, pesa 130 Kg y es capaz de subir y bajar escaleras, abrir puertas, pulsar interruptores y empujar vehículos.

En general la historia de la robótica la podemos clasificar en cinco generaciones (división hecha por **Michael Cangel**, director del *Centro de Aplicaciones Robóticas de Science Application Inc.* En 1984). Las dos primeras, ya alcanzadas en los ochenta, incluían la gestión de tareas repetitivas con autonomía muy limitada. La tercera generación incluiría visión artificial, en lo cual se ha avanzado mucho en los ochenta y noventa. La cuarta incluye movilidad avanzada en exteriores e interiores y la quinta entraría en el dominio de la inteligencia artificial en lo cual se está trabajando actualmente.



Honda P3

Clasificación

Como una ciencia en crecimiento, la robótica no tiene una definición clara de ella misma. El mismo Joseph Engelberger, conocido como el padre de la robótica, expresó claramente esta idea con su frase: "No puedo definir un robot, pero reconozco uno cuando lo veo".

La mayoría de sus definiciones vienen a encajar a los robots de manufactura que son los más utilizados, esto se debe principalmente a que el concepto de robot y manipulador tiende a ser confundido. Por ejemplo, en Japón no se exige mucha complejidad al nombrar un robot, basta con que sea un dispositivo mecánico destinado a la manipulación.

La RIA (Asociación de Industrias Robóticas fundada en 1974 y dedicada únicamente al servicio la robótica industrial) define los robots como: "*un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas*".

- **Como definición adicional**

En términos generales un robot es una máquina con similitud humana o que al menos puede realizar tareas que pueden sustituir tareas realizadas por el hombre. Dicho dispositivo puede ser reprogramado para realizar tareas diversas. Un robot utiliza ciencias como la electrónica, mecánica, matemática e informática para su funcionamiento.

Los robots pueden ser clasificados de muchas maneras, desde las funciones que realizan, su inteligencia, el control que se puede ejercer sobre ellos y hasta el lenguaje de programación con el que se programa. Casi todas las definiciones y clasificaciones existentes responden a los robots industriales, que son los mas ampliamente utilizados. Los robots de servicio se encuentran todavía en una etapa muy temprana y aun falta mucho para que alcancen el desarrollo de los robots industriales.

Se pueden encontrar muchas clasificaciones de los robots dependiendo de su grado de control, inteligencia, arquitectura, grados de libertad, forma, fin para el que son desarrollados, etc. Algunas clasificaciones son las siguientes:

Clasificación General

- Manipuladores.
- Robots de repetición.
- Robots controlados por computadora.
- Robots Inteligentes.
- Robots de Servicio.
- Robots Paralelos.

La Federación Internacional de Robótica clasifica a los robots en varios tipos.

1. Tipo A => Manipulador que se controla manualmente o por control remoto.
2. Tipo B => Manipulador automático preajustado (PLCs, accionamiento neumático, eléctrico o hidráulico).
3. Tipo C => Robot programable con trayectoria punto a punto.
4. Tipo D => Robot capaz de adquirir los datos de su entorno y readaptar su función.

Clasificación por Generación

La generación de un robot se determina por el orden histórico de desarrollos en la robótica.

- Primera generación => Repite programas secuencialmente sin tomar en cuenta el entorno.
- Segunda generación => Actúa en consecuencia de la información que recolecta de su entorno.
- Tercera generación => Se programa a través de lenguaje natural.

Los robots de servicio se pueden definir como dispositivos móviles electromecánicos que realizan tareas no industriales. Aquí entran todos los robots dedicados a la educación, medicina, agricultura, etc.

- **Robots de Servicio:**
 - Robot Estacionario
 - Telemanipulador
 - Androides.
 - Médicos.
 - Móviles.

Ventajas y desventajas de los Robots

Ventajas

- Mayor precisión, sin cansancio.
- Tareas peligrosas.
- Realidad Ampliada.
- Mayor velocidad.
- Reducción de costos.
- Pueden ir a donde el humano no puede.
- Pueden hacer tareas que para el ser humano son mortales.

- son muy serviciales

Desventajas

- Pueden ser peligrosos.
- Reemplazamiento de mano de obra humana.
- Cambio de paradigma.
- Pueden ser hackeados por alguien para cambiar tareas.

Características de los Robots

Existen diversos tipos de clasificaciones de robots y cada clasificación tiene diversas características, algunas de las características que comparten los robots son:

- **Movimiento:** *Sistema de coordenadas* en las que el robot se va a desplazar.
 - **Cartesianas**
 - **Cilíndricas**
 - **Polares**
- **Energía:** Un robot debe de tener una fuente de energía para poder convertirla en trabajo cada vez que efectúa algún movimiento.
- **Grados de libertad:** Se utilizan para conocer la posición de cada actuador y articulación del robot para que el efector final este en la posición para realizar la tarea programada.
- **Captación de la información:** Se refiere a los sensores que van a darle al robot la información necesaria para que desempeñe la actividad para la que está diseñado.
- **Autonomía:** La forma en que un robot desempeña una actividad tiene complejidad. Si esta tiene algún dinamismo es mayor, es por esto que una de las ramas de la robótica muy importante es la de la **inteligencia artificial (IA)**.

Componentes de los Robots

Es importante mencionar, que aunque el propósito esencial de un robot industrial es el de reemplazar al hombre en la realización de ciertas tareas, la configuración de su estructura mecánica no debe tratar de imitar la humana. A pesar que se hable de brazo, muñeca o mano, no debemos de caer en el error de limitar al robot con características humanas (“la réplica más que estructural es funcional”).

Estructura mecánica

Un robot está formado por eslabones que van unidos entre sí por actuadores. De esta forma se puede dar el movimiento entre dos eslabones consecutivos. Comúnmente, los robots industriales se parecen a un brazo humano, motivo por el cual se usan palabras como brazo, codo, y muñeca.

Transmisiones

Son los que transmiten el movimiento del actuador hasta la articulación.

Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Sistema sensorial

Es el encargado de darle información al robot de su propio estado (sensores internos) y el de su entorno (sensores externos).

Sistema de control

Es el encargado de regular el comportamiento del robot para obtener los resultados deseados.

Efectores finales

Son los que interactúan directamente con el entorno, generalmente son diseñados específicamente para cada tipo de trabajo.

Características de los sistemas de actuación

Los sistemas de actuación se caracterizan, como su nombre lo indica, por usar actuadores, los cuales son dispositivos que pueden provocar un efecto en un sistema automatizado, estos dispositivos tienen la capacidad de concebir una fuerza a partir de líquidos, energía eléctrica o aire.

En robótica los actuadores son utilizados para proveer movimiento al robot, esto dependiendo de los comandos que reciba de la unidad de control.

Dependiendo de las características del robot se debe evaluar que actuador es el más idóneo para la tarea que queremos realizar, entre otras características, se debe tomar en cuenta:

- Peso.
- Volumen.
- Velocidad.
- Mantenimiento.
- Disponibilidad.
- Precio.

Actuadores neumáticos

Es importante mencionar, que aunque el propósito esencial de un robot industrial es el de reemplazar al hombre en la realización de ciertas tareas, la configuración de su estructura mecánica no debe tratar de imitar la humana. A pesar que se hable de brazo, muñeca o mano, no debemos de caer en el error de limitar al robot con características humanas (“la réplica más que estructural es funcional”).

Estructura mecánica

Un robot está formado por eslabones que van unidos entre sí por actuadores. De esta forma se puede dar el movimiento entre dos eslabones consecutivos. Comúnmente, los robots industriales se parecen a un brazo humano, motivo por el cual se usan palabras como brazo, codo, y muñeca.

Transmisiones

Son los que transmiten el movimiento del actuador hasta la articulación.

Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Sistema sensorial

Es el encargado de darle información al robot de su propio estado (sensores internos) y el de su entorno (sensores externos).

Sistema de control

Es el encargado de regular el comportamiento del robot para obtener los resultados deseados.

Efectores finales

Son los que interactúan directamente con el entorno, generalmente son diseñados específicamente para cada tipo de trabajo.

Actuadores hidráulicos

Existen principalmente dos tipos de actuadores hidráulicos: los llamados motores hidráulicos y los cilíndricos que también son referidos como actuadores lineales. Estos actuadores son alimentados con un fluido a presión y regresa una determinada fuerza y velocidad, así como potencia.

La potencia a la entrada es igual a:

- Potencia de entrada = **presión x caudal**
- Potencia entregada en el actuador = **Variación de presión x caudal**

La potencia mecánica en los actuadores lineales está dada por:

- Potencia de salida = **fuerza x velocidad**

Mientras que para los actuadores rotacionales se define como:

- Potencia de salida = **torque x velocidad angular**

Se puede apreciar que las pérdidas entre la potencia de entrada y la de salida son debido al roce.

Cabe destacar que este tipo de actuadores es estable ante las cargas estáticas. Otro punto notable que tienen este tipo de actuadores es que tienen una alta capacidad de carga y una relación importante de potencia-peso, así como una gran robustez.

Pero así como tienen muchas ventajas también existen desventajas como lo son las fugas de aceite propiciadas por las **altas presiones** a las que trabaja. También la instalación de estos sistemas es más compleja que en el caso de actuadores neumáticos y aún mucho más que los actuadores eléctricos, debido a que se necesitan sistemas de refrigeración, filtrado de partículas y filtrado de aire entre otros.

Son utilizados con más frecuencia en robots que están encargados de trabajar con cargas bastante considerables.

Sistema sensorial

Es el encargado de darle información al robot de su propio estado (sensores internos) y el de su entorno (sensores externos).

Sensores de Velocidad

Una manera de conocer la velocidad de un motor es utilizando un tacómetro, que es un artefacto que debe generar una señal proporcional a la velocidad real del motor con la máxima precisión posible.

Si se aplica una carga mecánica al eje del motor de corriente continua y la velocidad disminuye, esta disminución se refleja en la señal del tacómetro. Como la señal es ingresada al circuito de control de velocidad del motor, con la configuración apropiada en este circuito de realimentación negativa se reajusta la corriente alimentada al motor hasta llevar la velocidad de nuevo al valor deseado.

El tacómetro puede ser un generador de CC adosado al mismo eje, y por lo general integrado en la misma carcasa con el motor, o también un disco con ranuras o franjas alternadas de color claro y oscuro, con un sistema óptico de lectura que entrega pulsos al enfrentarse las ranuras o bandas sobre un fotosensor. También existen tacómetros (de concepto similar al de bandas o ranuras) que utilizan un sensor magnético (pickup magnético) que detecta el paso de dientes metálicos por delante de él. La señal analógica del tacómetro generador de CC es introducida al circuito por medio de amplificadores operacionales, mientras que la señal del tacómetro de bandas o ranuras, que básicamente es un pulso, debe ser procesada digitalmente. Los tacómetros de pulsos (a los que también se les llama "encoders"), si bien requieren mayor procesamiento de señal para realizar la realimentación, ofrecen la ventaja adicional de que se pueden contar digitalmente los pulsos y así saber con precisión la cantidad de vueltas y fracciones de vuelta que ha completado el sistema.

Sensores de Posición

Potenciómetros

Dentro de un potenciómetro normal encontraremos un anillo circular de material resistivo (resistencia). Sobre el eje del potenciómetro hay un contacto que gira, deslizándose sobre este material resistivo. La resistencia eléctrica entre un extremo del anillo y el contacto es proporcional a la posición angular del eje. Si se aplica un voltaje entre los extremos del resistor del potenciómetro, el voltaje en el contacto varía en relación directa con la posición angular del eje. Este voltaje se puede ingresar a un convertidor analógico-digital (A/D) para obtener el valor digital de la posición angular.

Codificadores incrementales

Un codificador incremental de rotación está formado por un disco con ranuras radiales ubicadas por lo general muy juntas en toda su circunferencia, o sino con líneas alternadas en color claro y oscuro, que giran frente a un fotosensor (o un conjunto de éstos, para más precisión), generando un pulso por cada ranura o cambio de color.

Un ejemplo típico de este tipo de codificadores se puede ver dentro de los mouses (ratones) de computadora: pequeños discos con ranuras en cada eje de movimiento. Un circuito lleva la cuenta de los pulsos, con lo que se puede conocer tanto el ángulo que se ha avanzado como la velocidad de giro (midiendo el tiempo entre pulsos). Estos codificadores son baratos pero no ofrecen una posición absoluta (como el potenciómetro), ya que el disco es igual en toda su circunferencia y no hay manera de saber dónde está ubicado (en qué ángulo absoluto) el eje. Habitualmente, se debe proveer al sistema de una manera de ubicarse en una posición cero, y de ahí en adelante contar pulsos hacia adelante o hacia atrás.

Codificadores absolutos

Los codificadores absolutos ópticos funcionan con un concepto similar al de los tipos incrementales, sólo que poseen un disco con un dibujo complejo, distribuido en anillos concéntricos que representan los bits de una palabra binaria. Deben tener un detector óptico por cada uno de estos anillos. Por ejemplo un disco con 8 anillos (como el de la figura), tendrá una resolución de 8 bits, o sea que podrá dividir su circunferencia en 256 porciones (más de 1 grado, si hablamos de ángulo). Un disco con más anillos concéntricos ofrecerá más bits de resolución y dará un dato de posición angular más preciso.

Por razones de precisión óptica, la codificación se suele hacer en una codificación llamada código Gray, que luego se traduce en el código binario estándar que utiliza una computadora para sus cuentas.

Resolvers

Los resolvers parecen pequeños motores pero son, esencialmente, transformadores rotativos diseñados de tal modo que su coeficiente de acoplamiento entre el rotor y el estator varía según sea la posición angular del eje. En su diseño más simple, el resolver consta de dos bobinados en el estator, que detectan una señal senoidal de inducción, emitida por un tercer bobinado desde el rotor; una de las bobinas detectoras corresponde al seno y la otra al coseno (están ubicadas en posiciones separadas, obviamente, por un ángulo de 90°). La bobina excitadora del rotor es alimentada por una señal de corriente alterna senoidal que le llega a través de anillos de metal (contactos) ubicados sobre el eje, y escobillas. Este diseño tiene el inconveniente de que el mecanismo de escobillas sufre un desgaste continuo, lo que hace posible, pasado cierto tiempo de uso, que desde ahí se ingrese ruido en la señal. Tanto el rotor como el estator están contruidos con un núcleo de hierro laminado.

Sensores de Aceleracion

Acelerometro

El principio básico del acelerómetro (como el de otros sensores) depende de un sistema de masas y resortes. La tensión y la fuerza en resortes está descrita por la ley de Hooke. Esta ley propone: ``la fuerza de resistencia o la fuerza para establecer la posición de equilibrio en un resorte, es proporcional a la cantidad de fuerza al estirarlo o comprimirlo.

Además de la ley de Hooke, los acelerómetros también están basados en la segunda ley de Newton que relaciona la fuerza con masa y aceleración. Esto implica que un sistema acelerado producirá una fuerza de acuerdo a la relación La fuerza hace que el resorte en el acelerómetro (o materia elástica), se expanda o se comprima. Nótese que la aceleración ocurre solo en un sentido y por lo tanto para que el acelerómetro mida movimientos en un plano, se necesita duplicar el sistema en una dirección perpendicular a la original.

Dispositivos neumáticos

La energía neumática se basa en la compresión de aire para producir una fuerza, usar este tipo de energía tiene muchas ventajas como lo son:

- **Ventajas**

1. Fácil de almacenar y transportar.
2. No hay peligro de combustión.
3. No contamina.
4. El costo es muy bajo.

Sin embargo tiene algunos inconvenientes producidos por la misma naturaleza del aire (ser un fluido comprimible) uno de estos es la falta de uniformidad en el movimiento de los pistones cuando se realizan avances lentos con una carga aplicada y otro problema es el proceso que se utiliza para tomar el aire del medio ambiente y comprimirlo, esto genera una gran cantidad de calor y se necesita un sistema compresor.

Por último cabe mencionar que los sistemas neumáticos pueden trabajar a velocidades muy altas, sin embargo su regulación no es constante debido a la compresión del aire.

Dispositivos hidráulicos

Estos dispositivos son similares a los neumáticos, la principal diferencia es que en lugar de utilizar aire utilizan aceites de origen mineral. Debido a que el fluido tiene características bastante diferentes, el aceite tiene mucho menor grado de compresión que el aire, se puede obtener un grado de precisión mucho más alto con estos dispositivos, también es posible desarrollar fuerzas más grandes al tener presiones de trabajo más grandes.

Dispositivos eléctricos

Estos dispositivos son los más fáciles de controlar, los más sencillos y también los que tienen más precisión, todas estas grandes ventajas los han convertido en los dispositivos más utilizados en la industria.

Dentro de estos dispositivos, se podría decir que los principales en un robot son:

- **Motores paso a paso.** Estos motores no se usaban regularmente en la industria, sin embargo se han venido desarrollando tecnologías en estos motores que permiten desarrollar pares suficientemente grandes para pasos pequeños en aplicaciones industriales.
- **Motores de corriente continua.** Son los más usados debido a la enorme facilidad que presentan en la parte de control.
- **Motores de corriente alterna.** Estos motores, al igual que el de pasos, ha ido mejorando y a diferencia de lo que pasaba en un principio, que no se usaban en la robótica, ahora con las mejoras que se han venido haciendo ya es posible usarlos e incluso ya son una competencia para los motores de corriente directa, ya que ahora se puede tener un mayor control sobre estos motores, cosa que antes resultaba muy difícil de lograr.

Modulación por Ancho de Pulsos (PWM)

Es una técnica en la que el ciclo de trabajo de una señal periódica es modificado y esto se usa para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga. El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación al periodo:

- $D = \tau / T$
- $D =$ Ciclo de trabajo
- $\tau =$ tiempo en el que la función es positiva
- $T =$ Periodo de la Función

Para construir un PWM la forma común es utilizando un comparador con dos entradas y una salida. Una entrada queda libre para la señal moduladora y la otra entrada se conecta a un oscilador de onda triangular, a la salida la frecuencia es por lo general igual a la de la señal triangular a la entrada y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

Una desventaja importante dentro de estos circuitos es que se pueden dar interferencias generadas por radiofrecuencia. Este tipo de interferencias en el circuito pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.

Un modulador de ancho de pulso puede a su vez utilizarse como un eficiente dimmer de luz, o también se puede utilizar para controlar los motores de Corriente Directa. Los motores de Corriente Directa grandes son controlados de manera más eficiente con transistores de alta potencia, mientras que por otro lado puede los motores de corriente directa pequeños y medianos de imán permanente se pueden controlar de una mejor manera utilizando transistores de conmutación por ancho de pulso.

Un circuito PWM da a la salida una señal de onda cuadrada con ciclo que varía de prendido y apagado (ON – OFF), variando en el tiempo de 0 a 100%. Así con esto una cantidad variable de potencia se transfiere a la carga.

El circuito PWM tiene una ventaja muy importante sobre un controlador que se base en la variación lineal de la potencia suministrada a una carga mediante cambio resistivo es la eficiencia. A una señal de control del 50%, el PWM usara aproximadamente el 50% de la potencia total, de la cual casi toda será transferida a la carga. En un controlador que sea del tipo resistivo, de un 50% de potencia que se quiera transferir a la carga le puede llegar aproximadamente un 71% mientras que el 21% restante se pierde en forma de calor.

Puente H

Un **puente H** es un tipo de circuito electrónico que permite a un motor eléctrico de corriente directa cambiar de sentido al girar, le permite ir en ambos sentidos, en el sentido horario y anti horario. Son usados de manera muy frecuente en robótica y también son utilizados como convertidores de potencia. Este tipo de puentes están disponibles en una presentación como circuitos integrados, pero pueden también ser contruidos a partir de componentes discretos.

Se le denomina puente H porque la representación gráfica de este circuito es en forma de **H** donde los interruptores mecánicos van ubicados a los lados y en el centro se localiza el motor. Un puente H se puede elaborar a partir de 4 interruptores mecánicos o mediante **transistores**. Los interruptores se configuran de manera que al pasar la corriente por dos de ellos se genera un giro en sentido positivo y al invertir el voltaje se cierran los interruptores contrarios logrando así invertir el giro del motor.

Algunas aplicaciones para el puente H pueden ser como ya se había mencionado para invertir el giro del motor, también puede ser utilizado para frenar de manera brusca el motor, al generar un corto, o también puede usarse para que el motor pueda ser frenado bajo su propia inercia, cuando se desconecta el motor de la fuente de alimentación.

La manera más común de elaborar un puente H es empleando interruptores de estado sólido. Además los interruptores son acompañados de **diodos** que permiten a las corrientes circular en sentido inverso al previsto cada vez que se conmute la tensión, ya que el motor está compuesto por bobinas durante breves periodos estas se opondrán a que varíe la corriente.

Reductores de velocidad

Cualquier máquina que su movimiento sea generado por un motor necesita que la velocidad del motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos.

Esta adaptación se realiza por lo general con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad, también denominado caja reductora.

Tipos de reductores de velocidad

Clasificados por tipo de engranes

Clasificados por tipo de engranes se encuentran: Sin fin-Corona, engranajes y planetarios.

- **Reductores de velocidad sin fin-corona**

Este tipo de reductor de velocidad es el más sencillo, se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero, esta corona está en contacto constante con un husillo de acero en forma de tornillo sin-fin. Una vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de la velocidad. La reducción de velocidad de una corona sin fin se calcula con el producto del número de dientes de la corona por el número de entradas del tornillo sin fin.

- **Reductores de velocidad planetarios**

Son reductores de engranajes con la particularidad de que no están compuestos de pares de engranajes si no de una disposición algo distinta: Sobre un cuerpo-corona oscilan un grupo indeterminado de engranajes iguales accionados por un engranaje central llamado solar. Esta especial configuración y según la construcción de los engranajes les da dos posibles particularidades. Una de ellas es que la relación de transmisión puede ser exacta, sin decimales, lo que los hace aptos para trabajos de precisión. La segunda es que al tener más puntos de contacto entre engranajes en cada juego de reducción pueden transmitir más potencia. En contrapartida tienen serios problemas de calentamiento.

- **Reductores de velocidad de engranajes**

Los reductores de engranajes son aquellos en que toda la transmisión mecánica se realiza para pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño.

Clasificación por disposición de los ejes lento y rápido

Los reductores se pueden clasificar por la posición relativa del eje lento del reductor con respecto al eje rápido del mismo, las clasificaciones más usuales son:

- **paralelos,**
- **ortogonales y**
- **coaxiales.**

Músculos artificiales

Existen diferentes tipos de **músculos artificiales**, un ejemplo de estos son los **músculos neumáticos**.

Un musculo neumático no tiene, en efecto, el aspecto de un cilindro normal, dotándolo de un correspondiente regulador de presión, dispone de una absoluta servo-cualidad incluyendo posibilidades de posicionamiento en cualquier punto deseado y esto con una sola conexión de aire comprimido, se trata prácticamente de un servo neumático ligero y de bajo costo.

Compensa grandes errores de alineación, e incluso, suponiendo situaciones de montaje extraordinariamente desfavorables, puede ser utilizado como actuador inverso. Nos podemos imaginar una combinación de dos músculos de efecto opuesto como una especie de cilindro neumático sin vástago. También se podría desarrollar, debido a la increíble generación de fuerzas, un sencillo servo pilotaje neumático para grandes válvulas neumáticas o hidráulicas. Contrariamente a estas últimas, aun trabajando a muy baja velocidad, en el musculo no se producen problemas. Posiblemente podría servir también como actuador para motores oscilantes.

Descripción

El musculo neumático es un actuador de tracción que funciona como un musculo humano. En comparación con un cilindro neumático es capaz de generar una fuerza de tracción inicial más grande. Su fuerza disminuye en el transcurso del movimiento de contracción. Por lo tanto, tiene un gran poder de aceleración y, al mismo tiempo, es capaz de acercarse a la posición nominal suavemente.

Un musculo neumático no tiene partes mecánicas móviles, con lo que tampoco se produce fricción externa. El musculo neumático, también conocido como “musculo fluido”, puede utilizarse como actuador para las más diversas tareas.

- **Ventajas del musculo neumático**
 - Gran fuerza.
 - Gran dinamismo.
 - Ausencia de movimientos a tirones.
 - Regulación sencilla de las posiciones intermedias mediante ajuste de la presión.
 - Estructura robusta.
 - Buena relación entre el peso y el rendimiento.
 - Liviano.
 - Hermético.

Musculos EAPS

Son un tipo especial de elastómero recubierto, es decir un musculo capaz de estirarse cuando es sometido a una fuerza o a una corriente eléctrica, y después regresar a su tamaño original. Este tipo de material no es ni un motor ni un engrane y tampoco es un sistema de poleas.

La forma precisa y exacta de nombrar al músculo elastómero, por las propiedades mecánicas que tienen, es actuador. Este termino es muy conocido en las ciencias químicas y se refiere a todos los materiales que son capaces de cambiar su volumen y forma cuando son sometidos a una descarga eléctrica.

Los elastómeros son también capaces de funcionar como sensores. Esto es debido a que si estos plásticos son apretados, torcidos o estrujados, son capaces de generar un pequeño voltaje que va de acuerdo a la fuerza que le es aplicada a dicho plástico.

Grados de Libertad de los Robots

Para que un robot pueda posicionar y orientar un punto arbitrario en los espacios (**X, Y, Z**), es necesario que tenga como mínimo **6 grados de libertad independientes entre sí**. Debe pensarse en un extremo fijo (base) y otro extremo libre, que con un “efector final” (pinza, ventosa, etc.) realizara el trabajo. Este tipo de configuración, requiere que todas sus articulaciones sean activas.

Cuanto más grados de libertad tenga el robot también tendrá más flexibilidad para posicionarse.

Por lo general, los robots industriales solo cuentan con 6 grados de libertad, aunque frecuentemente se da un grado más para aumentar la distancia del desplazamiento del robot. Es importante señalar, que cuando los grados de libertad de un robot exceden a los necesarios, éste es considerado redundante.

Articulaciones

Los diferentes tipos de articulaciones se clasifican de acuerdo al movimiento que permiten entre los eslabones. Existen cinco básicas: rotacional, prismática, cilíndrica, planar y esférica. Las más utilizadas en la robótica industrial son las articulaciones tipo rotacional y prismática.

Cada uno de los movimientos que una articulación permite entre dos eslabones de una cadena, nos da un grado de libertad. El número total de grados de libertad de un robot se obtiene mediante la suma de los grados de libertad de cada una de sus articulaciones.

Las articulaciones de rotación y prismática poseen un grado de libertad cada una; la cilíndrica y la planar tienen dos grados de libertad; y por último, la esférica posee tres grados de libertad. El uso de la articulación esférica es complicado, por lo que se recomienda utilizar un equivalente con 3 articulaciones de rotación cuyos ejes se crucen.

Área de trabajo.

El área de trabajo de un robot está determinada por las características físicas del robot (eslabones, tamaño y forma), esta área se refiere al volumen espacial al que puede llegar el extremo final de un robot, sin tomar en cuenta al efector final. Los fabricantes de cada robot proporcionan en las especificaciones estos datos.

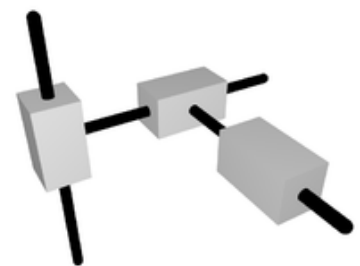
El área de trabajo es de suma importancia para la selección del robot que va a ser utilizado.

El espacio de trabajo nos dice el volumen al que va a poder acceder el robot, esto no significa que el robot va a poder acceder a cada punto desde diversas posiciones.

Configuraciones de un robot

Configuración cartesiana

La configuración tiene tres articulaciones prismáticas. Esta es bastante usual en estructuras industriales, empleadas para el transporte de cargas voluminosas. La especificación de posición de un punto se efectúa mediante las coordenadas cartesianas (**X, Y, Z**). Los valores que deben tomar las variables articulares corresponden directamente a las coordenadas que toma el efector final o extremo del brazo. Esta configuración no resulta adecuada para acceder a puntos situados en espacios relativamente cerrados y su volumen de trabajo es pequeño cuando se compara con el que puede obtenerse con otras configuraciones.



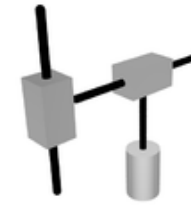
Configuración cartesiana

Configuración cilíndrica

Esta configuración tiene dos articulaciones prismáticas y una de rotación. Generalmente la primera articulación es de rotación describiendo una configuración “RPP”. La posición se especifica de forma natural en coordenadas cilíndricas. Esta configuración puede ser de interés en una célula flexible, con el robot situado en el centro de la célula sirviendo a diversas máquinas dispuestas a su alrededor. El volumen de trabajo de esta estructura RPP (o de la PRP), suponiendo un radio de giro de 360 grados y un rango de desplazamiento de L , es el de un toro de sección cuadrada de radio interior L y radio exterior $2L$. Se demuestra que el volumen resultante es: $2\pi L^3$.

Configuración polar o esférica

Esta configuración se caracteriza por dos articulaciones de rotación y una prismática (RRP). En este caso las variables articulares expresan la posición del extremo del tercer enlace en coordenadas polares. En un manipulador con tres enlaces de longitud **L**, el volumen de trabajo de esta estructura, suponiendo un radio de giro de **360 grados** y un rango de desplazamiento de **L**, es el que existe entre una esfera de radio **2L** y otra concéntrica de radio **L**. Por consiguiente el volumen es **$(28/3)\pi L^3$** .



Configuración cilíndrica

Configuración angular

Esta configuración es una estructura con tres articulaciones de rotación (RRR). La posición del extremo final se especifica de forma natural en coordenadas angulares. La estructura tiene un mejor acceso a espacios cerrados y es fácil desde el punto de vista constructivo. Es muy empleada en robots manipuladores industriales, especialmente en tareas de manipulación que tengan una cierta complejidad. La configuración angular es la más utilizada en educación y actividades de investigación y desarrollo. En esta estructura es posible conseguir un gran volumen de trabajo. Si la longitud de sus tres enlaces es de **L**, suponiendo un radio de giro de **360 grados**, el volumen de trabajo sería el de una esfera de radio **2L**, es decir **$(32/3)\pi L^3$** .

Tipos de Robots

▪ Humanoide

Los robots humanoides son los que presentan una apariencia similar a la humana: dos piernas, dos brazos, tronco y cabeza.

▪ Androide

Término mencionado por primera vez por **Alberto Magno** en 1270 y popularizado por el autor francés **Villiers** en su novela de 1886 *L'Ève future*. Es la denominación que se le da a un robot antropomorfo que, además de imitar la apariencia humana, imita algunos aspectos de su conducta de manera autónoma.

Etimológicamente "androide" se refiere a los robots humanoides de fisionomía masculina, a los robots de apariencia femenina se les llama ocasionalmente ginoides, principalmente en las obras de ciencia ficción, aunque en el lenguaje coloquial el término androide suele usarse para ambos casos.

Asimo

▪ Su pasado:

El primer gran humanoide que realmente llegó a la sociedad fue el robot diseñado y fabricado por HONDA desde 1986 hasta la actualidad.

Otros robots bípedos y humanoides también destacaron durante este tiempo, pero "el robot que recibió el nombre de "ASIMO" fue el principal referente. Por encima de proyectos desarrollados en el *Instituto Tecnológico de Massachusetts* o la *Universidad Carnegie Mellon*.

En 1986 los ingenieros de Honda empezaron a trabajar en la problemática de caminar, la pregunta era: ¿qué necesita un robot para poder caminar dinámicamente?, hasta esa fecha muchos documentos científicos habían señalado la dificultad de fabricar robots caminantes, pero muy pocos científicos se atrevían a señalar la respuesta a la pregunta.

El primer ingenio robótico de HONDA era el E0, diseñado en 1986, para la época era un auténtico prodigio que podía moverse sobre dos piernas no sin caerse en numerosas ocasiones.

▪ Las versiones E:

Entre 1987 y 1991 HONDA trabajó en las siguientes versiones del robot: E1, E2, E3. Entre 1991 y 1993 con las nuevas versiones E4, E5 y E6 se empezaron a emplear conceptos como el ZMP (Zero Moment Point), que hoy en día componen el ABC de la robótica bípeda.

Durante esta época el proyecto se mantuvo bajo un relativo secretismo, diversas instituciones sabían que HONDA estaba trabajando en robótica humanoide pero pocos se podían imaginar los avances que los científicos nipones estaban alcanzando.

▪ Las versiones P:

Entre 1993 y 1997 surgieron P1, P2 y P3, auténticas máquinas humanoides con tanto nivel de detalle que el público empezó a asombrarse con los resultados obtenidos. El modelo más voluminoso llegó a ser el P2 que pesaba 210 Kg y medía 1,82 mts.

- **La visión comercial:**

Cuando HONDA llegó a estos extremos, en los que veía claramente que controlaba la robótica humanoide básica (la capacidad de caminar) analizó sus posibilidades comerciales, llegando a la conclusión de que un robot que pudiera aplastar a su propietario no era muy comercial. Entonces surgió ASIMO, un pequeño robot de 1,20 cm de altura y 43 kg de peso que podría maravillar al mundo saliendo en la televisión sin riesgo para sus coetáneos.

En realidad ASIMO ha cambiado mucho desde su primera aparición a principios de milenio. En un principio pesaba 54 Kg. pero a base de "dieta tecnológica" ha pasado a pesar 43 Kg. (en Enero de 2004).

La "dieta tecnológica" más popular es sin lugar a dudas la japonesa, la cultura de la **nanotecnología** y **miniaturización** arrasa en el mercado tecnológico japonés y eso se traduce en pérdidas de peso para ASIMO.

- **Dimensiones:**

Las medidas de ASIMO están pensadas para adaptarse al entorno humano: 1,20 cm de altura, 450 mm de ancho de hombros, 440 mm de profundo y 43 Kg de peso.

El pack de baterías que incorpora en su mochila le proporciona 38 voltios y 10AH a plena carga. Puede levantar un peso de 0,5 Kg en cada mano.

- **Potencial y mejoras:**

Cuando usted esté leyendo esto seguramente una versión retocada de ASIMO estará ya lista para ser fabricada o incluso puede que este rondando por el mundo, una nueva versión más ligera, más inteligente, más rápida, más eficiente, más barata y sobre todo más preparada para interactuar con el ser humano.

Esta imagen pueden resultar poco ilustrativas para muchos de nuestros lectores, pero de un análisis pormenorizado de las mismas podemos discernir importantes etapas en la evolución de ASIMO: El empleo de rodillas articuladas con eje doble, la reducción del ancho del cuerpo al lograr un mayor equilibrio y el aumento en la complejidad de la estructura son solo algunos ejemplos.

- **Conclusión:**

ASIMO y su evolución es para muchos investigadores la Biblia de la robótica humanoide, otros consideran que la robótica humanoide no es rentable, el tiempo y la propaganda que HONDA recibe gracias a su humanoide lo dirán, mientras tanto el que en otro tiempo fuera fabricante de electrodomésticos y coches es ahora un componente vital de la historia de la robótica.

Aibo

- **Historia**
- **Lenguajes de programación**

MindStorms

- **Historia**
- **Lenguajes de programación**

Herramientas matemáticas para la localización espacial Necesariamente el manipular cualquier objeto con un robot implica el movimiento de su extremo. Asimismo, para manipular una pieza es necesario conocer la ubicación y orientación con respecto a la base del robot de ésta, por lo que se necesitan varias herramientas matemáticas para establecer relaciones espaciales entre distintos objetos que nos permitan saber la ubicación de uno respecto a otro.

A continuación se presentan varios métodos y herramientas para la representación de la posición y orientación de un cuerpo rígido que nos servirán para establecer la ubicación del efector final de un robot, o cualquiera de sus articulaciones, respecto a un punto (generalmente la base del robot).

Representación de la posición

Para localizar un cuerpo rígido en el espacio se necesitan herramientas que nos permitan conocer la ubicación espacial de sus puntos. En el plano la localización se describe por dos componentes independientes, mientras que en el espacio tridimensional son necesarios tres componentes. Existen diferentes formas de representar la posición en el espacio, la más común es por medio de coordenadas cartesianas, pero existen además otros métodos como las coordenadas polares para planos y coordenadas cilíndricas y esféricas para el espacio tridimensional.

Coordenadas Cartesianas

Un punto definido en el plano estará definido por las componentes x e y , por ejemplo el punto (a,b) se ubica a una distancia a medida desde el origen en el eje de las x (horizontal) y a una altura b medida desde el origen en el eje y (vertical). En el caso de las coordenadas en tres dimensiones el punto se definirá con las componentes (x,y,z) , es decir, solamente se agrega un dato más (z) para indicar la posición a lo largo del eje z (perpendicular al eje x y y).

Coordenadas Polares y Cilíndricas

El sistema de coordenadas polares es un sistema de coordenadas bidimensional en el cual cada punto (posición) en el plano viene determinado por un ángulo y una distancia. El sistema de coordenadas polares resulta especialmente útil en situaciones donde la relación entre dos puntos es más fácil de expresar en términos de ángulos y distancias, mientras que en el sistema de coordenadas cartesianas o rectangulares estas mismas relaciones deben ser expresadas mediante fórmulas trigonométricas.

Al ser un sistema de coordenadas bidimensional, cada punto dentro del plano se encuentra determinado por dos coordenadas: la coordenada radial y la coordenada angular. La coordenada radial (comúnmente simbolizada por r o ρ) expresa la distancia del punto al punto central del sistema conocido como polo (equivalente al origen del sistema Cartesiano). La coordenada angular (también conocida como ángulo polar o ángulo acimutal, y usualmente simbolizada por θ ó t) expresa el ángulo positivo (en sentido antihorario) medido desde el eje polar (equivalente al eje de abscisas del sistema cartesiano).

Las coordenadas cilíndricas son un sistema de coordenadas para definir la posición de un punto del espacio mediante un ángulo, una distancia con respecto a un eje y una altura en la dirección del eje.

El sistema de coordenadas cilíndricas es muy conveniente en aquellos casos en que se tratan problemas que tienen simetría de tipo cilíndrico o acimutal. Se trata de una versión en tres dimensiones de las coordenadas polares de la geometría analítica plana.

Un punto P en coordenadas cilíndricas se representa por (ρ, φ, z) , donde:

- ρ : Coordenada radial, definida como la distancia del punto P al eje z , o bien la longitud de la proyección del radiovector sobre el plano XY .
- φ : Coordenada acimutal, definida como el ángulo que forma con el eje X la proyección del radiovector sobre el plano XY
- z : Coordenada vertical o altura, definida como la distancia, con signo, desde el punto P al plano XY .

Coordenadas esféricas

El sistema de coordenadas esféricas se basa en la misma idea que las coordenadas polares y se utiliza para determinar la posición espacial de un punto mediante una distancia y dos ángulos.

En consecuencia, un punto P queda representado por un conjunto de tres magnitudes: el radio r , el ángulo polar o colatitud θ y el azimuth φ .

Representación de la orientación

Para la representación de un punto es necesario solamente indicar sus tres coordenadas, para un cuerpo es necesario además indicar su orientación en el espacio. Por ejemplo para un robot que se encarga de pintar un vehículo no basta con conocer su ubicación en el espacio, sino que es necesario también conocer la orientación de su extremo para que realice adecuadamente la operación.

Matrices de Rotación

Este es el método más extendido para la representación de orientaciones debido principalmente a la facilidad que representa el álgebra matricial. Suponiendo dos ejes coordenados OXY (fijo) con vectores unitarios para un punto iX y jY y OUV (móvil) con vectores unitarios iu y jv , como se muestra en la figura:

En ambos sistemas un vector se puede representar como:

$$\mathbf{p}_{xy} = [p_x, p_y]^T = p_x \mathbf{i}_x + p_y \mathbf{j}_y$$

$$\mathbf{p}_{uv} = [p_u, p_v]^T = p_u \mathbf{i}_u + p_v \mathbf{j}_v$$

Lo que, realizando una serie de transformaciones se convierte en:

$$\begin{pmatrix} p_x \\ p_y \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} p_u \\ p_v \end{pmatrix}$$

Donde:

$$R = \begin{pmatrix} i_x i_u & i_x j_v \\ j_y i_u & j_y j_v \end{pmatrix}$$

Es la llamada matriz de rotación que define la orientación del sistema OUV con respecto al sistema OXY, y que transforma las coordenadas de un vector en un sistema a las del otro. La matriz de rotación es una matriz ortonormal: $R^{-1} = R^T$. Si se considera que el sistema OUV se gira un ángulo α respecto a OXY la matriz de rotación quedará de la siguiente forma:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

En un espacio tridimensional en donde el sistema OXYZ es el sistema fijo y OUVW es el móvil se sigue un razonamiento similar para tener que

$$\mathbf{p}_{xyz} = [p_x, p_y, p_z]^T = p_x \mathbf{i}_x + p_y \mathbf{j}_y + p_z \mathbf{k}_z$$

$$\mathbf{p}_{uvw} = [p_u, p_v, p_w]^T = p_u \mathbf{i}_u + p_v \mathbf{j}_v + p_w \mathbf{k}_w$$

Con lo que se obtiene la siguiente equivalencia:

$$\begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} p_u \\ p_v \\ p_w \end{pmatrix} \text{ Donde:}$$

$$R = \begin{pmatrix} i_x i_u & i_x j_v & i_x k_w \\ j_y i_u & j_y j_v & j_y k_w \\ k_z i_u & k_z j_v & k_z k_w \end{pmatrix}$$

Es la matriz de rotación que define la orientación del sistema OUVW con respecto al sistema OXYZ.

Al igual que en dos dimensiones la matriz también puede representarse en función de sus cosenos directores.

A continuación se muestran las matrices de rotación en función de sus cosenos directores para los giros respecto a los tres ejes.

Una rotación del sistema OUVW (con el eje OU que coincide con el eje OX) de α grados respecto a OX se representaría de la siguiente forma.

$$R(x, \alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

Una rotación del sistema OUVW (con el eje OV que coincide con el eje OY) de Φ grados respecto a OY se representaría de la siguiente forma.

$$R(y, \phi) = \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix}$$

Una rotación del sistema OUVW (con el eje OW que coincide con el eje OZ) de θ grados respecto a OZ se representaría de la siguiente forma.

$$R(z, \theta) = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Las anteriores tres matrices se denominan matrices básicas de transformación para un sistema de tres dimensiones.

Composición de rotaciones

Las matrices de rotación pueden componerse para representar la aplicación continua de varias rotaciones. Por ejemplo si se aplica al sistema OUVW una rotación de ángulo α sobre OX, seguida de una rotación de ángulo Φ sobre OY y una rotación de ángulo θ sobre OZ, la rotación total podrá expresarse como:

$$R(z, \theta)(y, \phi)(x, \alpha) = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\phi & 0 & \cos\phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix}$$

Es importante recordar que el producto de matrices no es conmutativo por lo que el orden en el que se realizan las operaciones debe tomarse en cuenta.

Ángulos de Euler

Los ángulos de Euler constituyen un conjunto de tres coordenadas angulares que sirven para especificar la orientación de un sistema de referencia de ejes ortogonales, normalmente móvil, respecto a otro sistema de referencia de ejes ortogonales normalmente fijos.

Fueron introducidos por **Leonhard Euler** en mecánica del sólido rígido para describir la orientación de un sistema de referencia solidario con un sólido rígido en movimiento.

Dados dos sistemas de coordenadas xyz y XYZ con origen común, es posible especificar la posición de un sistema en términos del otro usando tres ángulos (α, β, γ) de tres maneras equivalentes, como sigue:

La definición es Estática, de acuerdo con el esquema adjunto:

- α es el ángulo entre el eje x y la línea de nodos.
- β es el ángulo entre el eje z y el eje Z.
- γ es el ángulo entre la línea de nodos y el eje X.
- La intersección de los planos coordenados xy y XY se llama línea de nodos.

Cuaternios

Los Cuaternios son una extensión de los números reales, similar a la de los números complejos. Mientras que los números complejos son una extensión de los reales por la adición de la unidad imaginaria i, tal que $i^2 = -1$, los cuaternios son una extensión generada de manera análoga añadiendo las unidades imaginarias: i, j y k a los números reales y tal que $i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$. Esto se puede resumir en esta tabla de multiplicación:

la Tabla de Cayley.

1 i j k

1 1 i j k

i i -1 k -j

j j -k -1 i

k k j -i -1

1, i, j, k, son entonces las "bases" de las componentes de un cuaternión.

Álgebra de cuaternios

Definimos la suma y producto entre cuaternios mediante la aritmética usual de las matrices y de los números complejos. Puede comprobarse que el conjunto H, junto con estas operaciones, satisface todas las propiedades de un campo con excepción de que el producto no es conmutativo.

$$a = a_1 + a_2i + a_3j + a_4k$$

$$b = b_1 + b_2i + b_3j + b_4k$$

Adición

La adición se realiza análogamente a como se hace con los complejos, es decir: término a término:

$$a + b = (a_1 + b_1) + (a_2 + b_2)i + (a_3 + b_3)j + (a_4 + b_4)k$$

Producto

El producto se realiza componente a componente, y está dado en su forma completa por:

$$ab = (a_1b_1 - a_2b_2 - a_3b_3 - a_4b_4) + (a_1b_2 + a_2b_1 + a_3b_4 + a_4b_3)i + (a_1b_3 - a_2b_4 + a_3b_1 + a_4b_2)j + (a_1b_4 + a_2b_3 - a_3b_2 + a_4b_1)k$$

El producto entre cuaternios es asociativo, no conmutativo.

Conjugación

El conjugado de un cuaternio $x = x_1 + x_2i + x_3j + x_4k$ está dado por $\bar{x} = x_1 - x_2i - x_3j - x_4k$. En otras palabras, el conjugado invierte el signo de los componentes "agregados" del cuaternio. Matricialmente esto corresponderá a la operación de transposición de cualquiera de sus representaciones matriciales.

Cociente

Usando la forma del inverso, es posible escribir el cociente de dos cuaternios como:

$$\frac{a}{b} = \frac{ab}{b^2}$$

El inverso multiplicativo de un cuaternión x , distinto de cero, está dado por:

$$x^{-1} = \frac{\bar{x}}{x\bar{x}} = \frac{\bar{x}}{x^2}$$

El cual es mismo patrón que cumplen los números complejos.

Exponenciación

La exponenciación cuaternios, al igual que sucede con los complejos, está relacionada con funciones trigonométricas. Dado un cuaternio escrito en forma canónica $q = a + bi + cj + dk$ su exponenciación resulta ser:

$$e^q = e^{a+bi+cj+dk} = e^a \left(\cos \sqrt{b^2 + c^2 + d^2} + \frac{\text{sen} \sqrt{b^2 + c^2 + d^2}}{\sqrt{b^2 + c^2 + d^2}} (bi + cj + dk) \right)$$

Comparación con matrices

La multiplicación de matrices no es, en general, conmutativa al igual que en el caso de los cuaternios. Sin embargo, tampoco todas las matrices poseen un inverso multiplicativo mientras que todos los cuaternios diferentes del cero si son invertibles.

Utilización de los cuaternios

Los cuaternios, gracias a las propiedades algebraicas antes descritas, son útiles para representar rotaciones de un objeto respecto a otro. Primeramente definimos un cuaternio que representa un giro de valor θ sobre un eje k como:

$$Q = Rot(k, \theta) = \left(\cos \frac{\theta}{2}, k \text{sen} \frac{\theta}{2} \right)$$

Ejemplo:

Obtener el cuaternio que representaría una rotación de 60° sobre el eje k(3,-2,1) Aplicando la ecuación anterior obtenemos que:

$$Q = Rot(k, 90) = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}, 3\frac{1}{2}, -2\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right)$$

La aplicación de la rotación expresada por el cuaternio Q a un vector r, vendrá dada por:

$$Q * (0, r) * Q^*$$

Ejemplo:

Obtener el vector r' resultante de aplicar la misma rotación del ejemplo anterior. Rot(k,60°) donde k(3,2,1) sobre r(4,3,-5).

$$r' = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}, 3\frac{1}{2}, -2\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right) * (0, 4, 3, -5) * \left(\frac{\sqrt{3}}{2}, -3\frac{1}{2}, 2\frac{1}{2}, -\frac{1}{2} \right)$$

La rotación con cuaternios equivale a multiplicar cuaternios entre sí. Por lo que el resultado de rotar según el cuaternio Q1, y luego rotar según el cuaternio Q2 es el mismo que rotar según Q3 obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$Q_3 = (Q_2 * Q_1)$$

Para una traslación de un vector r seguida de una rotación Q en un sistema OXYZ, obtenemos el nuevo sistema OUVW, tal que las coordenadas de un vector p en el sistema OXYZ, conocidas en OUVW, serán:

$$(0, p_{x,y,z}) = Q * (0, p_{u,v,w}) * Q^* + (0, r)$$

Ejemplo de una matriz homogenea

■ Introducción

Uno de los problemas fundamentales de la cinemática del robot es la cinemática directa, que consiste en conocer la posición y orientación del robot si son conocidos los valores de sus articulaciones.

Un método propuesto para describir y representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática fue propuesto por Denavit y Hartenberg. El método utiliza una matriz de transformación homogénea para describir la relación espacial entre dos elementos rígidos adyacentes, reduciéndose el problema cinemático directo a encontrar una matriz de transformación homogénea 4 x 4 que relacione la localización del robot con respecto al sistema de coordenadas de su base.

Resolución de un problema de cinemática directa con matrices de transformación homogénea. La resolución del problema consiste en encontrar las relaciones que permiten conocer la localización espacial del extremo del robot a partir de los valores de sus coordenadas articulares. Escogiendo coordenadas cartesianas y ángulos de Euler para la representación de la posición y orientación del extremo de un robot de dos grados de libertad, la solución del problema cinemático directo vendrá dado por las siguientes relaciones:

- $X = f_x(q_1, q_2)$
- $y = f_y(q_1, q_2)$
- $z = f_z(q_1, q_2)$
- $\alpha = f_\alpha(q_1, q_2)$
- $\beta = f_\beta(q_1, q_2)$
- $\gamma = f_\gamma(q_1, q_2)$

Con las relaciones anteriores se puede localizar la posición del efector final del robot.

- $X = l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2)$
- $y = l_1 \sin(q_1) + l_2 \sin(q_1 + q_2)$

Para robots de más de un grado de libertad se pueden utilizar matrices de transformación homogénea. Se puede describir un robot de n grados de libertad como una cadena de n eslabones unidos por n articulaciones con un sistema de referencia solidario. Normalmente, la matriz de transformación homogénea que representa la posición y orientación relativa entre los sistemas asociados a dos eslabones consecutivos del robot se suele denominar matriz $i-1A_i$ con i desde 1 hasta k se puede representar en forma total o parcial la cadena cinemática que forma el robot. El robot presentado en la figura se puede representar como $0A_2$ donde $0A_1$ y $1A_2$ representan los grados de libertad que presenta el robot, de la misma manera podemos representar un robot de seis grados de libertad como $0A_6$ o dividirlo en sus articulaciones correspondientes.

- Ejemplo de resolución de un robot con 4 grados de libertad.

$T=0A6 = 0A1\ 1A2\ 2A3\ 3A4$

Métodos de programación de un robot

Un robot puede ser programado mediante dos formas, la primera de ellas se denomina guiado o por procedimiento textual, aunque en la actualidad hay robots que son programados por una conjugación de los dos métodos mencionados.

Programación por guiado.

El primer método, la programación por guiado consiste en hacer realizar al robot la tarea moviendo sus articulaciones manualmente al mismo tiempo que se registran los movimientos captados por los sensores, para su posterior repetición de manera automática, cabe destacar que esta programación por guiado puede realizarse haciendo una maqueta a escala del robot para facilitar el movimiento de las articulaciones, esta programación por guiado descrita anteriormente se denomina guiado pasivo ya que el individuo que manipula el robot tiene que proveer la fuerza necesaria para mover las articulaciones por los puntos deseados. Haciendo frente a los sistemas de guiado pasivo ya que resulta muy difícil mover el robot debido a su gran peso y volumen, se pueden implementar botones o un mando de control (joystick) para mover al robot con sus propios actuadores.

Programación textual.

Para lograr una comunicación entre el programador u operador de un robot de manera textual existen 3 niveles. Lenguajes de programación, enseñanza y repetición por medio de comandos verbales. Este último es el menos utilizado. Para que un robot sea más eficiente debe de tener en su programación retroalimentación por medio de sensores es por esto que es necesario que los robots sean programados por medio de lenguajes de alto nivel que nos permiten ponerles condiciones. Debido a la gran diversificación de robots y a que los lenguajes utilizados en las ciencias informáticas no cumplen con las necesidades de la robótica se desarrollaron lenguajes dedicados a esta ciencia. El diseñador de cada robot diseña un lenguaje para controlar su robot. Los lenguajes de programación textual se clasifican en 3 ramas. Por objetos, por robot y por tarea.

La programación actual de un robot utiliza los lenguajes a nivel robot.

Debido a la gran dificultad que se ha encontrado al tratar de diseñar un lenguaje a nivel objeto en la robótica, estos no han tenido mucho éxito en su implementación.

Algunas de las características que debe tener un lenguaje de programación para que sea universal según Pratt son:

1. Claridad y sencillez.
2. Claridad de la estructura del programa.
3. Sencillez de aplicación.
4. Facilidad de ampliación.
5. Facilidad de corrección y mantenimiento.
6. Eficacia.

Planificación de trayectorias

Es claro que una de las finalidades del robot y otras que se basan en esta, es alcanzar tal objeto para su manipulación o incluso movimientos del robot para alcanzar alguna posición definida.

La importancia de la planificación de trayectorias radica en la búsqueda y obtención de estrategias de control para obtener del robot trayectorias adecuadas, seguras y que posean la mayor calidad en su desplazamiento.

Para poder llevar a cabo la planificación de trayectorias resulta fundamental conocer o ser capaz de obtener el modelo cinemática y también dinámico del robot que se pretenda controlar. La trayectoria posible, depende de las características físicas del robot así como de sus articulaciones, porque solo será posible realizar aquellos movimientos alcanzables por el robot y que no requieran de desplazamientos al límite de lo imposible. Además dependiendo de las características de operación definidas por el usuario (destino, trayectoria cartesiana de efectores y el tiempo en que se desee que se ejecute el movimiento) y la aplicación, será proyectado el trabajo, lo anterior es básicamente precisión, restricciones de tipo de movimiento (suave, rudo), etc.

La planificación de trayectorias presenta dos puntos fundamentalmente, estos son: planificación del movimiento y control del movimiento. El primero de estos puntos parte de llevar al brazo o al robot a las posiciones idóneas para la manipulación y el segundo punto se fundamenta en controlar cada uno de esos desplazamientos para que el efector final llegue con éxito y precisión al punto requerido.

Descripciones en el espacio cartesiano versus espacio de las articulaciones

Principalmente la diferencia radica en que el estudio de las trayectorias en el espacio Cartesiano toma en cuenta el movimiento del efector final sin importar lo que tengan que hacer las articulaciones para lograrlo. En el caso del estudio de trayectorias en el espacio de las articulaciones, se trabaja independiente cada como trabajara cada articulación, sin importar el comportamiento de las demás. Es claro que se cuida la posición final.

Bases de planificación de trayectorias

Para planificación de trayectorias el control cinemática debe ser capaz de :

1. Conversión de la especificación de movimiento a un plano cartesiano.
2. Obtener una cantidad de puntos finitos que correspondan a la trayectoria.
3. Utilizando la Cinemática inversa, obtener la posición de las articulaciones dependiendo de la posición final de efector.
4. Interpolación de los puntos de la articulación obtenidos del análisis anterior, para generar puntos o expresiones realizables.
Aquí se genera una trayectoria cartesiana lo más próxima a lo surgido del análisis anterior.
5. Se muestrea la trayectoria para generar referencias de control dinámico.

Planificación de trayectorias en el espacio de las articulaciones

Los robots al realizar alguna tarea deben ejecutar determinada trayectoria, principalmente podemos suponer un punto de inicio y un punto de llegada. El planteamiento anterior conlleva una enorme cantidad de posibles movimientos para alcanzar determinado punto. Es claro que algunas de ellas son las mejores, sea por simplicidad, limitantes geométricas o espaciales, o por el tipo de operación. Para determinar las trayectorias existen tres posibilidades:

Trayectorias punto a punto

La esencia es llevar cada articulación de un punto inicial a un punto final, aquí el control de las articulaciones es independiente pues cada actuador lleva a su articulación al punto donde debe estar a la máxima velocidad posible o en el menor tiempo posible. Se puede realizar el movimiento de un eje a la vez o de manera simultánea.

Trayectorias coordinadas o isócronas

Tiene la finalidad de llevar a todas las articulaciones al final de su carrera de manera simultánea. Para ello se realizan cálculos para que todos los actuadores trabajen al mejor desempeño posible y adecuándose a las velocidades y movimientos del actuador que tenga que ir más lento. Se busca también que no forzar los actuadores y evitar tiempos largos provenientes de la espera que se tiene que hacer hasta que cada uno de los actuadores mueva su articulación para que el siguiente trabaje.

Trayectorias continuas

Cuando la trayectoria del extremo del robot es conocida por el usuario. Esta se tiene que obtener mediante cálculos continuos para cada articulación. Al observar después de esta análisis las articulaciones se puede denotar un movimiento posiblemente ilógico, descontrolado , sin sentido de estas y posiblemente al límite; pero si se realiza una observación al efector final, podremos notar como el extremo realiza la trayectoria que se le pidió siguiendo todos los puntos, de ser posible.

Trayectorias en el espacio cartesiano

Cuando se realiza una trayectoria es fundamental indicar de donde parte y a donde debe llegar, pero también es importante agregar información como: velocidades, instantes de paso y tipos de trayectorias, todo esto en el intervalo de los puntos principales. Por lo anterior se deben agregar puntos intermedios siguiendo coordenadas cartesianas para que se realice la trayectoria deseada y con precisión.

Para la localización de puntos intermedios se utiliza la interpolación, teniendo en cuenta que cada coordenada evoluciona a velocidad constante (más común).

Obtenido de «https://es.wikibooks.org/w/index.php?title=Robótica/Texto_completo&oldid=241060»

Esta página se editó por última vez el 21 ene 2015 a las 12:16.

El texto está disponible bajo la [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 3.0](#); pueden aplicarse términos adicionales. Véase [Términos de uso](#) para más detalles.