



Arquitecturas de Software en Robótica

Prof. Wílmer Pereira



¿ *Qué es un robot ?*

Criatura mecánica que emula funciones de un humano

Según T. M. Knasel, los robots se pueden clasificar por generaciones:

- 1** (1940): Selección y colocación con manipuladores
- 2** (1950): Servocontrol con trayectoria de ejecución programada
- 3** (1960): Alta precisión en dispositivos de entrada ante incertidumbre
- 4** (1985): Móviles que usan técnicas de inteligencia y vida artificial
- 5** (1995): Espaciales y militares para ambientes de gran variabilidad

Robot industrial: manipulador automático servocontrolado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables programables para la ejecución de tareas variadas

AFNOR (Asociación Francesa de Normalización)



Entorno de trabajo robótico

Inaccesible: factores de error como deslizamientos, roce, ruido ...

No determinístico: gran cantidad de variable y/o imprevistos

No episódico: problemas de decisión secuencial

Dinámico: procesamiento en tiempo real y con movimiento

Continuo: presencia permanente de valores de entrada

Usos de la robótica

- Manufactura: manipuladores nucleares e industria automotriz, ...
- Servicio usuario final: aspiradoras, guías de museos, mesoneros, ...
- Vehículos terrestres, submarinos y espaciales
- Telepresencia y realidad virtual
- Exo-esqueletos

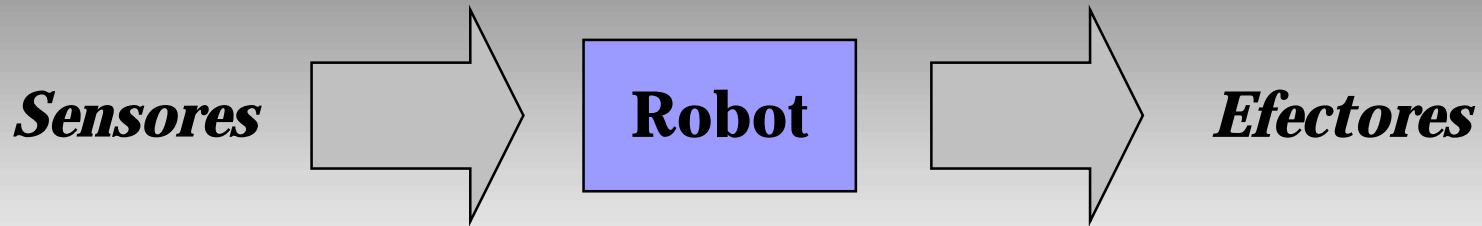


Historia de la Robótica

- Robot proviene de la palabra checa *robota*, acuñada por el escritor Karel Capek (1890-1938) en una obra de teatro.
- Manipuladores en la industria nuclear (1943, 2^{da} guerra mundial)
- George Devol patentó un manipulador programable en 1948
- En 1954, R. Goertz sustituyó la transmisión mecánica por eléctrica
- R. Mosher, ingeniero de la General Electric, desarrollo en 1958 un dispositivo a dos brazos mecánicos denominado exoesqueleto
- J. Engelberger junto con G. Devol, fundan la empresa UNIMATION en 1960 y desarrollan UNIMATE para una aplicación de fundición.
- En 1967 se usan robots de UNIMATION en General Motors, en 1968 en Japón y en 1970 en Europa (comprada con Westinghouse)
- Proyectos de control de robot por computadoras (MIT y Stanford, 1970)
- Masificación con la aplicación de microprocesadores en 1975
- Se funda JIRA en 1972 , RIA en 1974 y 1980 la Federación Internacional de Robótica
- Investigaciones utilizando IA + robótica + vida artificial usando sensores



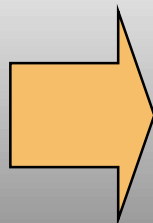
Arquitectura básica de un robot



Sensor: Exploran el entorno para posicionarse y/o controlar sus movimientos. Los sensores pueden ser activos o pasivos

Efector: Actúan sobre el entorno según sus grados de libertad (*gdl*) que son los posibles movimientos básicos independientes bien sean giratorios o de desplazamientos. El ambiente también tiene *gdl*.

Criterios:

- 
- Modularidad
 - Pertinencia en la aplicación
 - Portabilidad
 - Robustez

Mientras la arquitectura es más general, más lenta será



Sensores

- Contacto: Limitados para explorar
- Fuerza: Dificiles de manejar
- Infrarojos: Sensibles a la luz solar y fluorescentes
- Cámaras: Se debe tener gran capacidad de procesamiento
- Sonares:

Muy utilizados en navegación con pulsos $> 20\text{KHz}$

$300 \text{ mts/seg} \Rightarrow 1 \text{ mt en } 0,006 \text{ seg}$

Problemas:



El rayo es cónico \Rightarrow puede no dar la distancia más corta

A ciertos ángulos de reflexión, pueden desaparecer obstáculos

Múltiples rebotes \Rightarrow ruido \Rightarrow falsos obstáculos



Efectores

- Locomoción:

Estáticamente estable (no se cae ante pausas)

Dinámicamente estable (más rápido pero complejo al programar)

- Manipulación:

Holomónico (gdl del robot = gdl del ambiente) o no holomónico

Rotatorio o Prismático (Mayor gdl son más precisos pero más complejos de programar)

- Motores

Hidráulicos: Aceite mineral rápidos y gran capacidad de carga,
pero ... difícil de mantenimiento y costosos

Eléctricos: Motor paso a paso precisos, fiables y silenciosos,
pero ... Potencia limitada

Neumáticos: Aire a presión barato y sencillo de mantenimiento,
pero ... Difícil de control continuo y ruidosos



Legomindstorm

Kit robótico básico con hardware configurable y software para programar aplicaciones móviles

Sensores adicionales:

- Ultrasónicos
- Temperatura
- Rotación
- Cámara ...

Facilidades de software:

- Programación visual orientado a eventos
 - Procesamiento concurrente en tiempo real
 - Únicas variables internas: contador y reloj
 - Ciclos de ejecución controlados por eventos
 - Comunicación entre RCX's a través del puerto infrarojo
- Firmwares en Java, C, VisualBasic, etc.
- Extensiones para diseñar criaturas, robots deportistas y módulos espaciales



Tipos de Robots Móviles

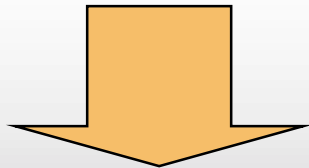




Paradigmas en Robótica

Filosofías y/o técnicas que caracterizan el enfoque para resolver problemas

Manipuladores
Telepresencia



Normalmente sin técnicas de inteligencia artificial

VS

Autónomo

Jerárquico

Reactivo

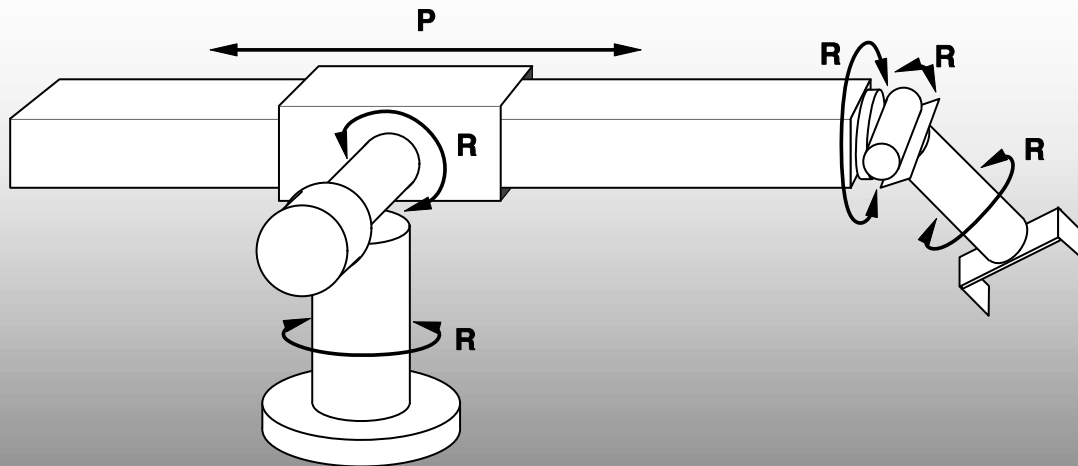
Híbrido



Robótica con manipuladores

Automatización industrial en tareas repetitivas que no requiere sensores pues los algoritmos normalmente son determinísticos

- No es solución a largo plazo
- Se usa en trabajos riesgosos y tediosos
- En casos de haber cambios, deben ser reprogramados





Robot teleoperados

Robots controlados a distancia con
intervención humana

- Visión a distancia tiene problemas de ancho de banda del enlace
- No necesariamente es periférico
- Fatiga cognitiva del operador
- Un operador por robot
- Posicionamiento real vs posicionamiento reportado



Paradigma Jerárquico



Las sensaciones se reúnen en un modelo global de planificación: misión (objetivo), navegación (búsqueda de caminos) y piloto (decisión sobre acción) y actúa usando la introspección



Es necesaria la suposición de mundo cerrado CWA (*Closed World Assumption*). El mundo es sólo lo explícito

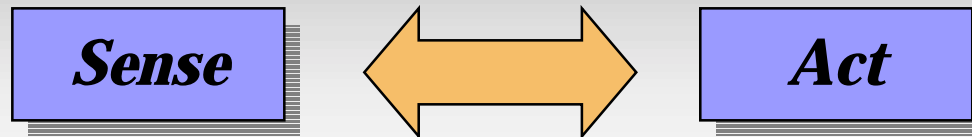
Inconvenientes ... más arte que ciencia

... planificación permanente hace el enfoque lento



Paradigma Reactivo

Plan



Fuerte tendencia biológica que acopla *sense-act* con comportamientos de estímulo/respuesta (Plan omnipresente)



El paradigma estímulo/respuesta de los psicólogos de Harvard inspirados en B. F. Skinner

Inconvenientes ... obviar el plan es una situación en ocasiones extrema

... ¿debemos imitar el comportamiento animal ?

... ¿cómo aprender ?

... ¿ qué hacer en los conflictos por concurrencia ?



Arquitecturas Reactivas

Subsumpción

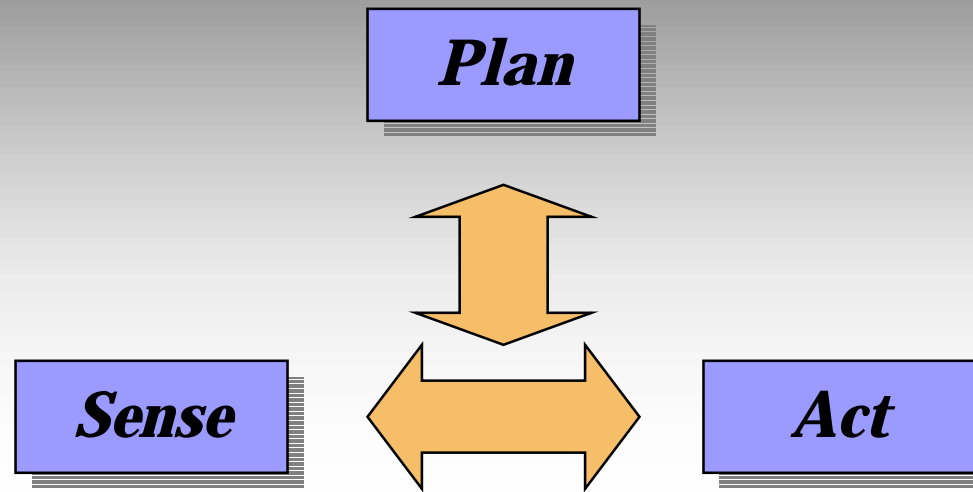
- No hay control central
- Los comportamientos se estructuran por capas (respirar y pensar) donde las altas subsumen las capas bajas
- Minimiza sus estados internos por lo que no requieren memoria persistente y funcionan a tiempo real

Campos Potenciales

- Representa los comportamientos como campos potenciales y los combina como suma de vectores (magnitud y dirección)
- Robot se vé como una partícula en un campo de fuerzas
 - Uniforme
 - Perpendicular
 - Tangencial
 - Atractivo o repulsivo
- Ningún comportamiento subsume a otro, en realidad compiten



Paradigma Híbrido



- ✦ Primero planifica y luego es reactivo
- ✦ El planificador está presente en toda la captura de sensaciones pero sólo actúa en ciertas condiciones

Inconvenientes ... muy dependiente de la aplicación



Navegación Robótica

- ¿Cuál es su posición actual ?*
 - ¿Dónde ha estado ?*
 - ¿Hacia donde se dirige ?*
- ¿Cómo llegar más eficientemente al objetivo ?*

Navegación Topológica

Desplazamiento bajo enfoque cualitativo usando marcas.
Utiliza teoría de grafos para desplazamientos y
es compatible con enfoque reactivo

Navegación Métrica

Desplazamiento bajo enfoque cuantitativo intentando optimizar.
Compatible con enfoques jerárquicos



Localización en mapas

- ✦ Capturar información de sensores y de ser necesario fusionarlos
- ✦ Procesar los errores de sensibilidad de los sensores
- ✦ Sonares
 - Teoría Bayesiana
 - Teoría de Dempster-Shafer