



# *Paradigmas de Programación en Robótica:* *¿ Existe un Paradigma Unificado ?*

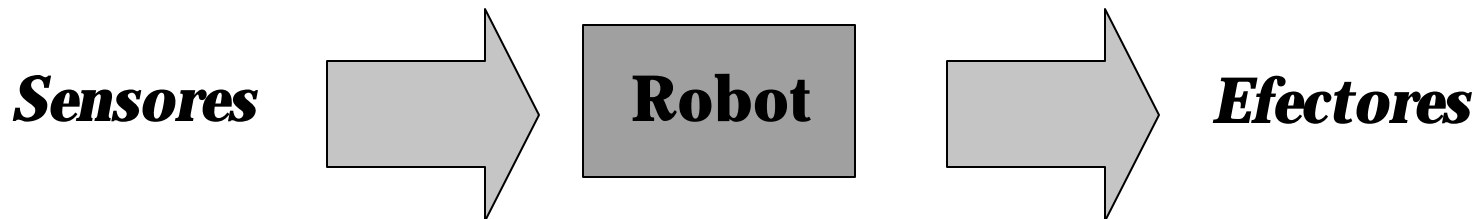
**Prof. Wílmer Pereira**



# ¿ Qué es un robot ?

Criatura mecánica que emula funciones de un humano

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

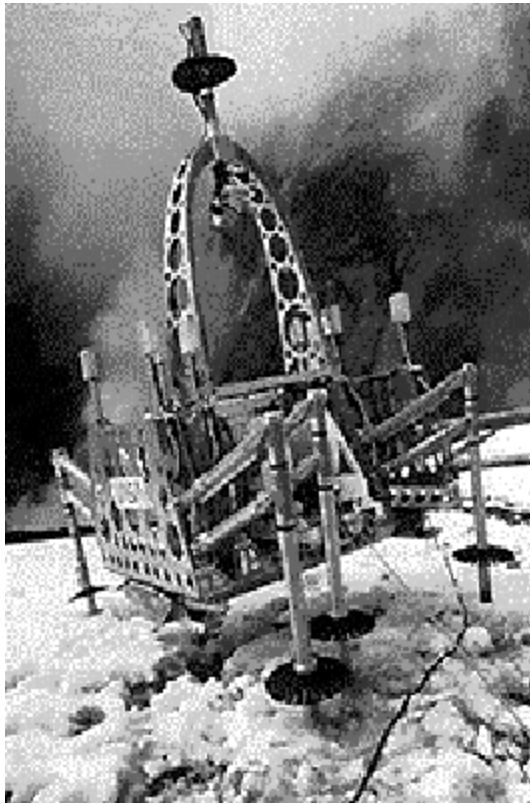


Sensor: Exploran el entorno para posicionarse y/o controlar sus movimientos. Los sensores pueden ser activos o pasivos

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



# *Usos de la Robótica*





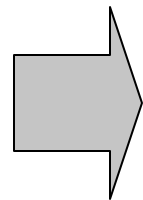
# Sensores

- 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

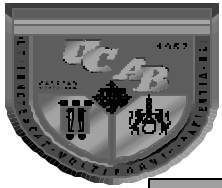
  - Rotatorio o Prismático (Mayor  $gdl$  son más precisos pero más complejos de programar)

- Motores

  - Hidraulicos: 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:

- Sonares ultrasónicos
- Temperatura
- Rotación
- Cámara ...

## Facilidades de software:

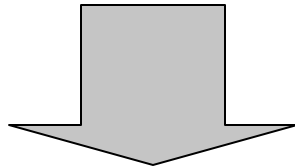
- Programación visual orientado a eventos
  - Procesamiento concurrente en tiempo real
  - Únicas variables internas: contador y reloj
  - Ciclos de ejecución controlados por eventos
  - Comunicación entre RCX's a través del puerto infrarojo
- Firmwares en Java, C, VisualBasic, etc.
- Extensiones para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



# 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

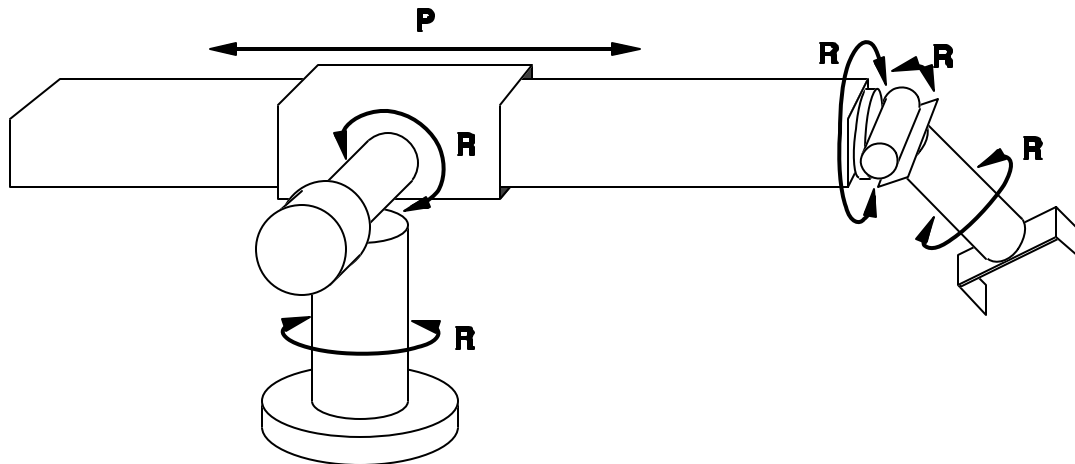
Híbrido



# *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 (sobre todo si es inalámbrico !!!)
- No necesariamente es periférico
- Fatiga cognitiva del operador
- Un operador por robot
- Posicionamiento real vs posicionamiento reportado  
Retardo de conexión (2,5 min a la Luna y 140 min hasta Marte)



# *Tesis1: Telepresencia vía Red*

***Construcción de aplicaciones que interactuen con un robot a partir de un componente Jini***

**Servicios  
(Robots)**

**Localizador de  
Servicios  
(JINI)**

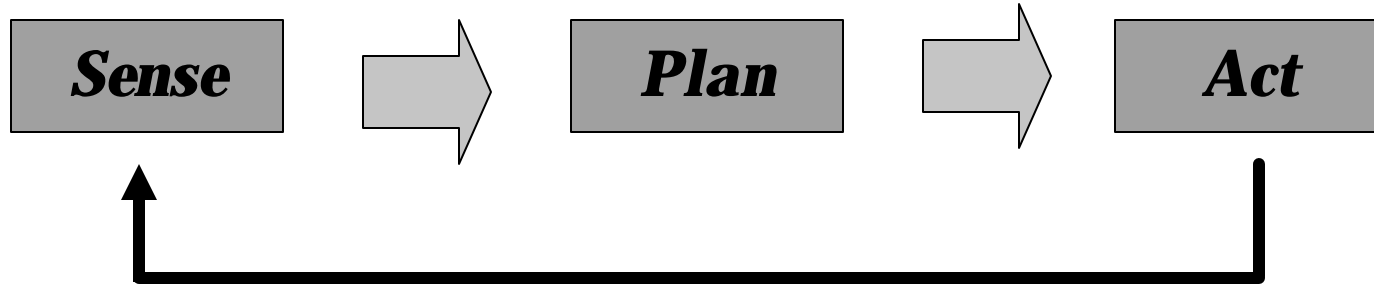
**Clientes  
(Mapas)**

- 
- Robot *Legomindstorm* navegando en un ambiente desconocido con obstáculos (montado sobre una estación SUN Ultra)
  - Mapa de navegación se visualiza en un computador remoto
  - El operador humano controla los movimientos del robot con ayuda del mapa, usando los efectores (motores y dispositivos de rotación) gracias a los sensores (sólo contacto)
  - El robot es un servicio de red compartido (controlado con un enlace infrarrojo), accedido remotamente (programa Java+Jini)

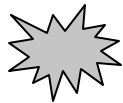
**6<sup>th</sup> World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics  
(SCI 2002), Orlando, USA, 14-18 Julio 2002.**



# *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



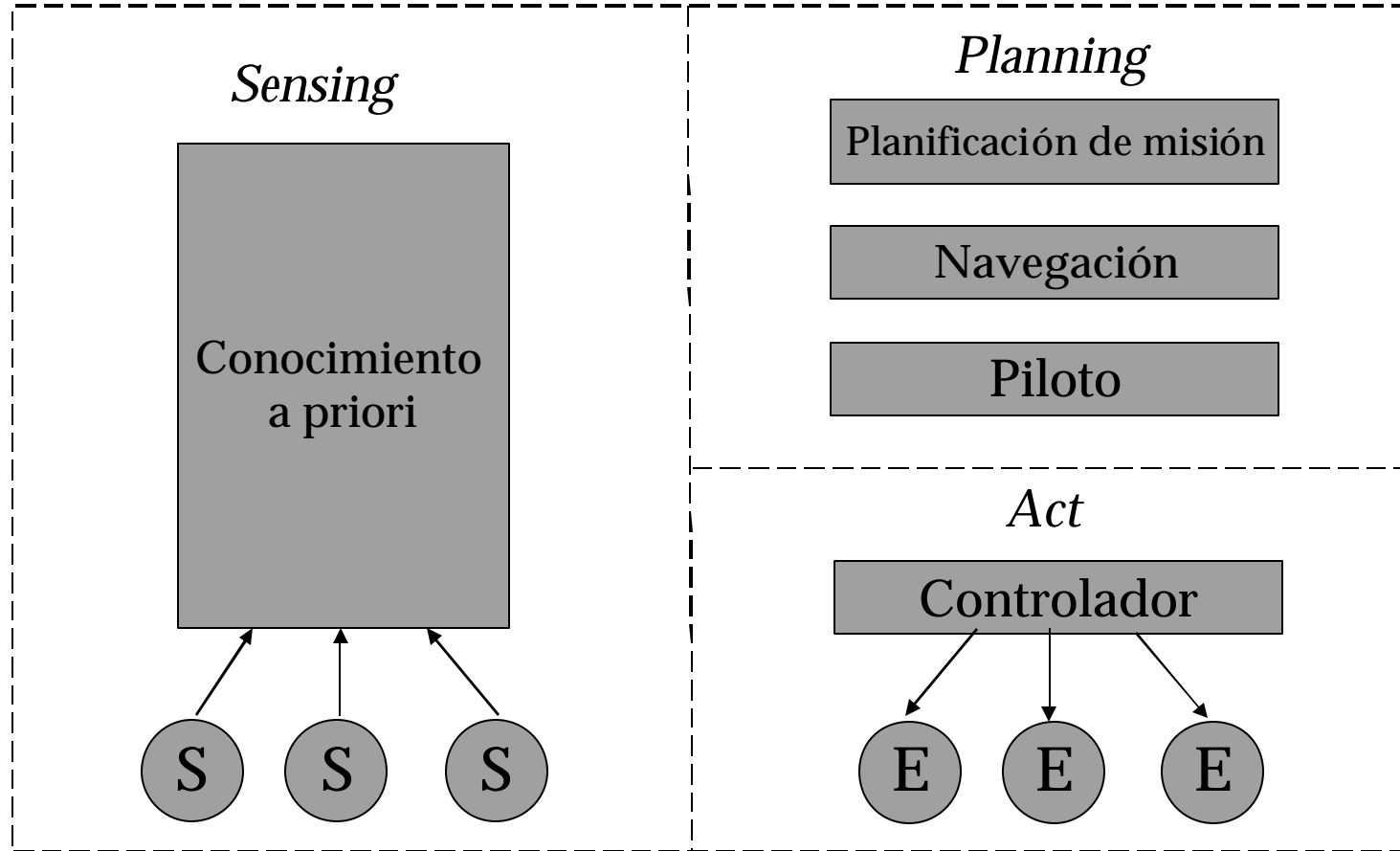
Es necesaria la suposición de mundo cerrado CWA (*Closed World Assumption*). El mundo es sólo lo explícito

*Inconvenientes ... más arte que ciencia*

*... planificación permanente hace el enfoque lento*



# Control jerárquico anidado



*Al recibir información de sensores se reestructura navegación y piloto más no la misión*



# Tesis2: Autonomía en Navegación

*Sistema Autónomo de Desplazamiento en Robots con Reconocimiento de Patrones Geométricos Regulares*

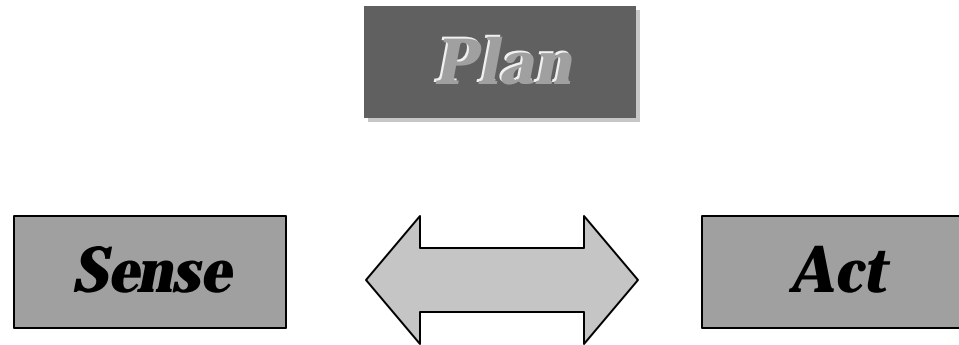


- Robot *Legomindstorm* navegando en un ambiente desconocido de calles e intersecciones
- Algoritmo de aprendizaje por reforzamiento
- Pruebas de comparación entre *Q-Learning* y *Value Iteration* para medir desempeño en diferentes circunstancias de navegación
- El robot es autónomo y recibe *feedback* del entorno (distancia hasta el objetivo desarrollado en JAVA)

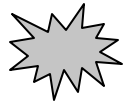
**International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics,  
Setúbal, Portugal, August 25-28, 2004.**



# Paradigma Reactivo



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 ?*

*... los animales evolucionan no así los robots !!!*



# Adquisición del comportamiento

- Innato: *al alimentarse, el pico rojo de las aves: pichón y madre*
  - Secuencia innata: *avispas aparean, macho construye nido, hembra deja huevos*
  - Innato con memoria: *abeja ubica colmena haciendo inicialmente viajes cortos desde distintos ángulos*
  - Aprendido: *la caza en los leones*
- 
- El estímulo puede ser interno (hambre) o externo (dolor que causa objeto) o abstracto (altruismo)
  - Los estímulos son disparadores de comportamientos
  - Ante la concurrencia de estímulos debe haber
    - ➔ Equilibrio
    - ➔ Dominancia
    - ➔ Cancelación
  - Los mecanismos de percepción son la manera de captar los estímulos del medio ambiente (*abejas que identifican flores por coloración UV*)



# *Tesis3: Navegación con imágenes*

## ***Programación de un Robot Autónomo modelo con Procesamiento Digital de Imágenes***

- Movimientos en un espacio con señalización que indica directivas de desplazamiento (derecha, izquierda, adelante o atrás)
- Robot *Legomindstorm* y una cámara *vision command* para la entrada de información y dos motores para salida o efectores del sistema
- Programación en VisualBasic con un ActiveX (`spirit.ocx`) y librerías de la empresa (Logitech) para reconocimiento de patrones (letras).

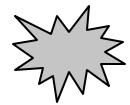
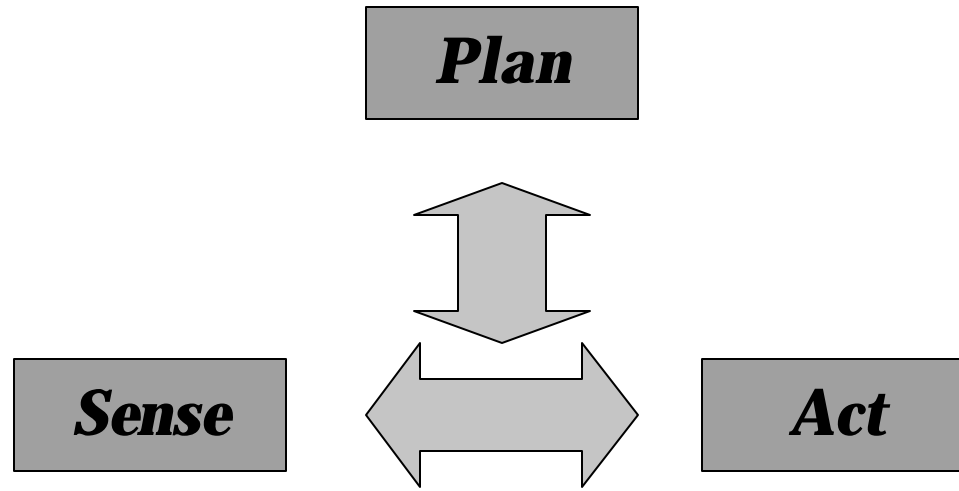
## ***Limitaciones***

- Procesamiento de imágenes en el computador (bajadas por el puerto USB cableado) lo cual impide plena autonomía
- El robot no es capaz de encontrar los letreros pues no maneja profundidad en las imágenes





# *Paradigma Híbrido*



Primero planifica y luego es reactivo



El planificador está presente en toda la captura de sensaciones pero sólo actúa en ciertas condiciones

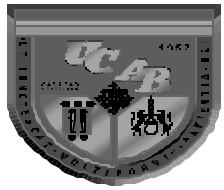
*Inconvenientes ... muy dependiente de la aplicación*



# *Tesis4: Aprendizaje en esquema depredador/presa*

*Sistema Autónomo de Inteligencia Artificial para Orientar Intersección de Objetivo Móvil de Comportamiento Evasivo Aplicado a Robótica*

- ✱ Interacción de dos robots donde uno es depredador y el otro presa.
- ✱ La presa tiene una técnica evasiva desconocida del depredador
- ✱ El depredador utiliza técnicas de Inteligencia Artificial para aprender y capturar la presa
- ✱ La entrada de datos la recibe el depredador desde una cámara situada sobre el espacio.



# *Integración de Paradigmas: Robótica Espacial*

- ★ La robótica espacial integra todos los paradigmas pues debe ser autónomo y también es posible la telepresencia
- ★ *Rovers* recientes *Spirit* y *Opportunity* (Enero 2004) activos más del tiempo previsto
- ★ IDEA = Agentes Inteligentes de Ejecución Instalable, futuros robots en el Centro Ames (NASA), en Silicon Valley.
- ★ Capsula *Huygens* de la misión *Cassini*, que se posará en Titán (una de las lunas de Jupiter)
- ★ Multiagentes

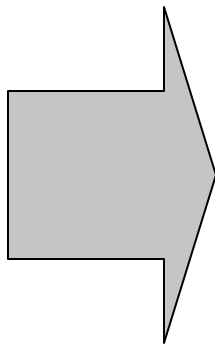


# *Multiagentes (Sociedad)*

Aplica en casos de redundancia (fallas) o bien cuando varios robots resultan más económicos que un solo robot muy potente

## Problemas:

- ¿Cómo evitar la interferencia entre los distintos robots?
- ¿Cómo saber si el conjunto avanza?
- ¿Qué comunicar?
- ¿Cómo evitar que la autonomía interfiera con la cooperación?



Heterogeneidad (homogeneo o heterogeneo)

Control (centralizado o distribuido)

Cooperación (software o hardware)

Objetivos (fijo o variable)