

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A ROBOTS

TEMA 2: PARADIGMAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ROBOTS AUTÓNOMOS INTELIGENTES

Segundo Cuatrimestre: Sesión 2

Huelva, Febrero de 2023 V1.0



1



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Objetivos:

- Conocer cómo surgieron los paradigmas para realizar robots **autónomos** (no tele-operados) **inteligentes** y su evolución
- Saber escoger el paradigma a utilizar en función del objetivo pretendido
- Comprender la relevancia de los comportamientos en la Implementación de Robots Autónomos Inteligentes

2



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Índice:

2.1 Introducción

2.2 Paradigma Jerárquico

2.3 Paradigma Reactivo

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo / Reactivo

2.5 Bibliografía



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Índice:

2.1 Introducción

2.2 Paradigma Jerárquico

2.3 Paradigma Reactivo

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo / Reactivo

2.5 Bibliografía



Paradigmas de la Implementación de RI

2.1 Introducción

- ¿Qué es un **paradigma**?

Un paradigma es una filosofía o conjunto de asunciones y/o técnicas las cuales caracterizan una aproximación a una clase de problemas

(R.R. Murphy)

- En definitiva, la utilidad de los paradigmas es poder resolver problemas de forma más fácil, gracias a que en cada paradigma se tienen ya las herramientas para abordar cada clase de “problema tipo”.

5



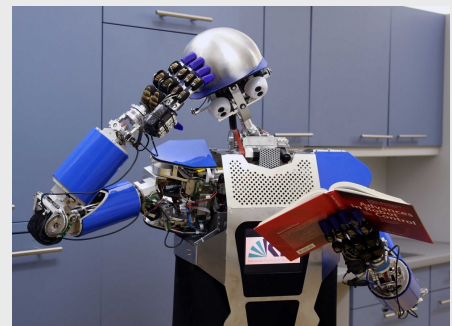
Paradigmas de la Implementación de RI

2.1 Introducción

- Los paradigmas clásicos de la IAAR son tres:

- Jerárquico
- Reactivo
- Híbrido ó Deliberativo / Reactivo
- Control basado en Comportamiento

(a veces también se incluye como el cuarto paradigma)



6



Paradigmas de la Implementación de RI

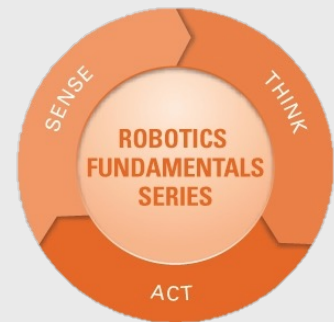
2.1 Introducción

- Se diferencian entre ellos en **cómo se caracterizan estas dos propiedades**:

a) La relación entre las tres **primitivas**:

- Sentidos** (datos captados),
- Planes (*think*)** (secuencia de acciones ante datos de captados por los sentidos) y
- Actuaciones** (movimiento de motores).

b) La forma en la que los datos sensoriales son procesados y distribuidos a través del sistema.



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Índice:

2.1 Introducción

2.2 Paradigma Jerárquico

2.3 Paradigma Reactivo

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo / Reactivo

2.5 Bibliografía

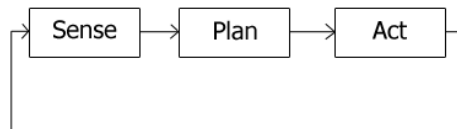


Paradigmas de la Implementación de RI

2.2 Paradigma Jerárquico

- **Características:**

- También llamado *deliberativo* o *basado en planificador*
- Es el más antiguo y predominante desde 1967 hasta los 90.
- Operación *top-down*: **percibe el mundo, planifica y actúa**, y de nuevo percibe... de modo que se completa el bucle. (**Modelo Percibir, Planificar, Actuar, en bucle iterativo**).
- Se utilizan **técnicas de Planificación** como por ejemplo *Strips*.



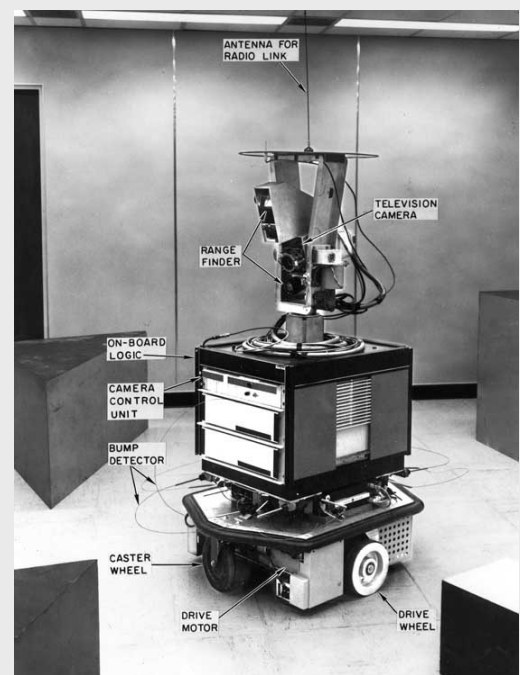
9



Paradigmas de la Implementación de RI

2.2 Paradigma Jerárquico

- Se basa en la idea introspectiva de cómo pensamos los humanos: *Veo una puerta, decido ir a ella, trazo un plan alrededor de las sillas para alcanzarla*
- Ej:
 - *Shakey*, (finales de los 60 – principios de los 70), considerado el primer robot móvil (construido en el *Stanford Research Institute*).



<https://www.youtube.com/watch?v=7bsEN8mwUB8> (6min)
<https://www.youtube.com/watch?v=qXd6ynwpil>

10



Paradigmas de la Implementación de RI

2.2 Paradigma Jerárquico

Shakey



11



Paradigmas de la Implementación de RI

2.2 Paradigma Jerárquico

ROBOT PRIMITIVES	INPUT	OUTPUT
SENSE	Sensor data	Sensed information
PLAN	Information (sensed and/or cognitive)	Directives
ACT	directives	Actuator commands

Figure I.4 Another view of the Hierarchical Paradigm.

12



Paradigmas de la Implementación de RI

2.2 Paradigma Jerárquico

- A cada instante o avance de la ejecución del plan, se percibe y se *replanifica* la nueva acción ... lo cual supone ciertos:
- **Inconvenientes:**
 - El elevado coste de modelado del mundo y evaluación pesada en cada paso.
 - La necesidad de reducir las diferencias entre el modelo y el mundo real, para que la precisión sea lo mayor posible.
 - La asunción de *mundo cerrado* (toda variable no especificada estaría a falso por defecto), hace que en entornos dinámicos ofrezca resultados pobres.

13



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Índice:

2.1 Introducción

2.2 Paradigma Jerárquico

2.3 Paradigma Reactivo

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo / Reactivo

2.5 Bibliografía

14



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- Características

- Data de 1988 hasta el 1992, (y todavía se utiliza, generalmente hibridado).
- Es consecuencia de dos tendencias:
 1. La tendencia de los estudios de IA, que tienden a estudiar:
 - la etología (comportamiento de los animales) porque los animales,
 - » ante determinados estímulos producen respuestas simples e involuntarias, y
 - » exhiben comportamiento inteligente y variado;
 - la psicología cognitiva, que dice que:
 - » la experiencia física directa es la llave del conocimiento,
 - » el entorno da forma al procedimiento cognitivo.
 2. El abaratamiento del hardware y su crecimiento en potencia, que permite tener robots por menos de 500 dólares (Ej: 340 € UHU, J-IAbot Murphy), frente a los 100.000 dólares de Shakey, (el primer robot móvil).

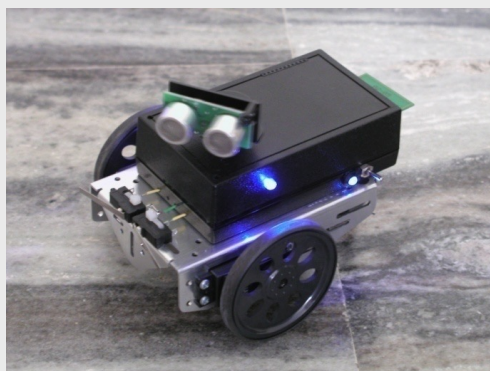
15



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- Ej: Robot *Murphy*, tipo J-IAbot, Universidad de Huelva
 - Asignatura: Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento,
 - Año 2006
 - Sonar SRF04, palpadores frontales, telemetría-radioenlace



16



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- La conexión entre sensores y actuadores es de tipo *hardwired*, sin memoria y sin complejidad computacional

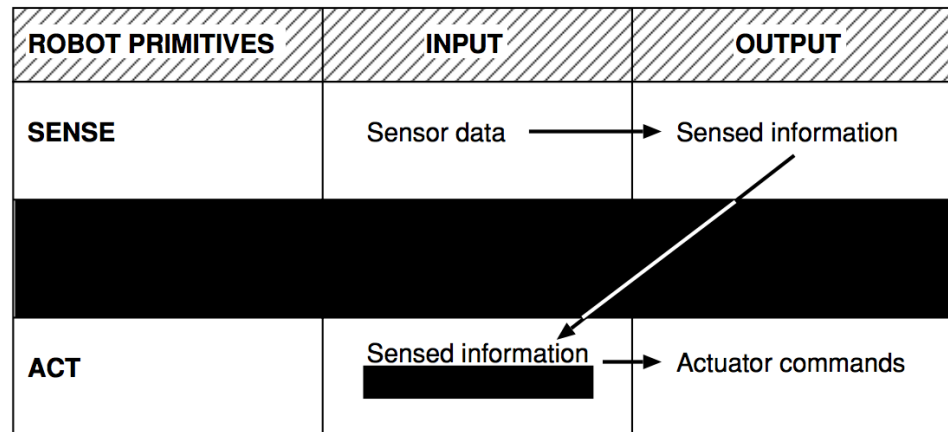


Figure I.5 The reactive paradigm.

Introduction to AI Robotics, R.R. Murphy. The MIT Press

17



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- Los **sensores** están directamente relacionados con las acciones (reacción) (**Modelo Percepción – Acción**, iterativamente), y **el robot** tiene diversas formas de **conectar** lo que percibe con sus respuestas, en lo que se llaman **comportamientos** (*behaviours*).



18



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- Los comportamientos :
 - Realizan un **mapeo directo** de lo que captan los sensores en un patrón de acciones motrices para realizar una tarea.
 - Sirven como bloques elementales para las acciones del robot, de modo que el comportamiento global del robot al agregarse es **emergente**.
 - Facilitan prácticas buenas de desarrollo de software: **modularidad**.
 - Ejemplo:
<https://www.youtube.com/watch?v=VIsXo0nFzDc>



19



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo



Gengis: MIT 1980,

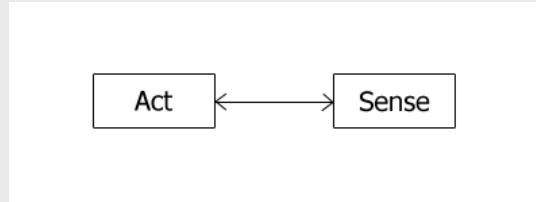
- ¿Por qué se estudia todavía?
 - Porque para tareas muy sencillas se sigue usando
 - Porque es la base del paradigma híbrido, que es el enfoque posterior más frecuente como base

20

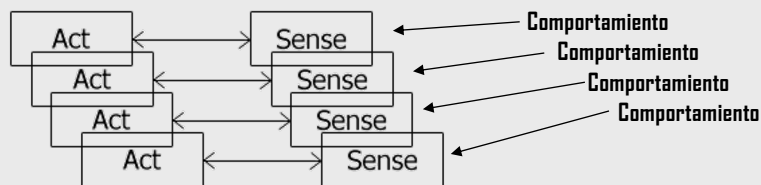


Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo



Descomposición Vertical de las tareas de captación (S) y actuación (A) en el Paradigma Reactivo



Múltiples Comportamientos **Concurrentes**

21



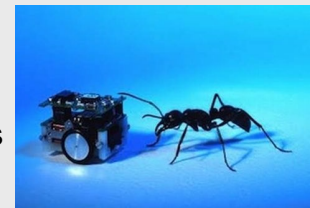
Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- Reflexiones sobre el paradigma reactivo:

- Los robots son agentes que operan en un ecosistema determinado:

- Los robots forman parte del mundo
- Tienen sus propios objetivos e intenciones
- Pueden modificar el mundo
- Captan el mundo y la información que captan afecta a sus metas y acciones



22



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

2. El comportamiento global del robot es una **cualidad emergente**, es decir:
 - Cada comportamiento es independiente y opera concurrentemente con el resto
 - No existe un controlador que determine todos los comportamientos para una tarea determinada
 - El **comportamiento global del robot es el resultado de la interacción entre los comportamientos independientes individuales: *es emergente***

23



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

3. La captación es local, y el comportamiento es específico:
 - **No existe representación abstracta alguna del conocimiento** obtenido por el proceso de percepción
 - **No se realizan modelos del mundo:** el robot capta y lo que capta es el centro de la información

24



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- **Ejemplo:** Un comportamiento puede decidir *avanzar 5 metros* para alcanzar el objetivo, mientras que otro comportamiento le dice *gira 90°* para evitar una colisión; **el robot ejecutará una combinación**, que podría resultar en girar 45° y avanzar.
 - Obsérvese que nada le dijo *girar 45°* sino que **esa decisión ha emergido como resultado de la combinación** de dos comportamientos (el de alcanzar el objetivo y el de evitar impactos).
- Este paradigma produce **resultados impactantes** y **comportamientos inteligentes similares a los que exhiben los insectos**, con elementos de cómputo elementales o casi nulos.

25



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- **Ventajas de la Programación por Comportamientos:**
 - Se programan módulos independientes y aislados: Buenos principios de Ingeniería del Software: desarrollo, modularidad, prueba, etc.
 - Se pueden ampliar fácilmente las capacidades del robot sustituyendo módulos (mejorándolos) o añadiendo otros nuevos.
 - Los robots se muestran más inteligentes cuantos más comportamientos concurrentes incorporan.
 - Computacionalmente económico.
 - Procesamiento paralelo.
 - Respuestas relativamente rápidas.

26



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- **Desventajas de la Programación por Comportamientos:**
 - Costes ocultos: Implementación de los mecanismos de fusión
 - Efecto *quedar encerrado* debido al enfoque local del problema (*mosca en ventana*); si bien hay muchos métodos de escapar de este problema.
 - Malas elecciones de funciones de coordinación o de fusión (pueden llevar a efectos como fusionar “ir a la derecha” e “ir a la izquierda” como “ir hacia el centro” y por tanto, terminar chocando contra el obstáculo).
 - En determinadas situaciones, puede ser molesto o preocupante no saber hacia dónde va a ir el robot, qué decisión tomará.
 - Las soluciones no son óptimas cuando son reactivas (frente a planificar, por ejemplo).

27



Paradigmas de la Implementación de RI

2.3 Paradigma Reactivo

- **Ventajas del Paradigma Reactivo**
 - Los robots reactivos, en base sólo a comportamientos simples, pueden resolver problemas relativamente complejos.
 - La falta de estados internos, simplifica el software.
 - Buenos resultados en entornos dinámicos.
 - Escalabilidad de comportamientos: no hay que destruir para crear.
- **Inconvenientes:**
 - Deshacer un comportamiento global complejo en otros simples con éxito es complicado.
 - Difícil predecir comportamientos emergentes.
 - Los agentes reactivos no pueden planificar ni razonar, sólo hacer cosas que sean respuesta directa.

28



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Índice:

2.1 Introducción

2.2 Paradigma Jerárquico

2.3 Paradigma Reactivo

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo / Reactivo

2.5 Bibliografía



Paradigmas de la Implementación de RI

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo/Reactivo

- **Características:**

- Dado que el paradigma reactivo produce resultados muy satisfactorios relacionados con la velocidad de respuesta, resultado de eliminar las tareas de procesamiento relacionadas con la planificación, se tomó como base para el desarrollo del paradigma híbrido.
- Data de 1990, y es actualmente el paradigma en estudio y desarrollo.
- Consiste en **hacer el plan** (calcularlo), y **posteriormente percibir y actuar continuamente para llevar a cabo el plan diseñado** originalmente. (**Modelo Planificación**, e iteración de **Percepción – Actuación**).



Paradigmas de la Implementación de RI

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo/Reactivo

ROBOT PRIMITIVES	INPUT	OUTPUT
PLAN	Information (sensed and/or cognitive)	Directives
SENSE-ACT (behaviors)	Sensor data	Actuator commands

Figure I.6 The hybrid deliberative/reactive paradigm.

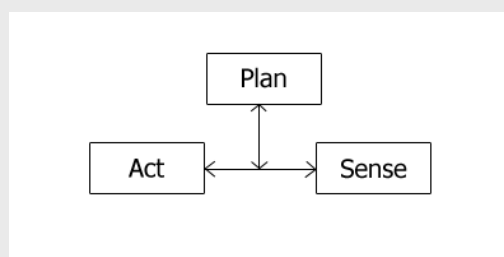
Introduction to AI Robotics, R.R. Murphy. The MIT Press

31



Paradigmas de la Implementación de RI

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo/Reactivo



Descomposición de las tareas de captación (S), planificación (P), y actuación (A) en el Paradigma Híbrido

- Combina las ventajas de los paradigmas previos
 - Modelan el mundo para planificar
 - Bucle cerrado de control reactivo

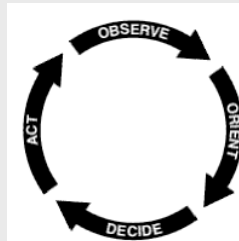
32



Paradigmas de la Implementación de RI

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo/Reactivo

- Proceso *OODA loop* (de los pilotos militares):



- Observar / Orientarse / Decidir / Actuar
- Problema: No toda tarea inteligente requiere necesariamente “decidir”, por ejemplo, montar en bicicleta.



Paradigmas de la Implementación de RI

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo/Reactivo

- Variante híbrida de tres niveles:
 - Planificar
 - **Secuenciar** (los comportamientos sense-act apropiados)
 - Comportamiento Reactivo
- Se consigue un resultado más apropiado pues selecciona en cada momento el tipo de fusión o el tipo de comportamientos reactivos que se deben emplear.



Paradigmas de la Implementación de RI

Tema 2: Paradigmas de la Implementación de Robots Aut. Inteligentes

Índice:

2.1 Introducción

2.2 Paradigma Jerárquico

2.3 Paradigma Reactivo

2.4 Paradigma Híbrido ó Deliberativo / Reactivo

2.5 Bibliografía



Paradigmas de la Implementación de RI

2.5 Bibliografía

- Introduction to AI Robotics, The MIT Press.
R.R. Murphy.
- Behaviour based Robotics, The MIT Press,
R.C. Arkin.
- Inteligencia Artificial, Un enfoque moderno.
Prentice Hall. Russell y Norvig.

