Control, planificación y optimización

Robótica - Grado en Ingeniería de Computadores

Departamento de Sistemas Informáticos

E.T.S.I. de Sistemas Informáticos - Universidad Politécnica de Madrid

22 de octubre de 2023

Razonamiento en robots

Inteligencia

¿Qué es la inteligencia?

- ¿Sumar y restar números grandes? ¿Resolver una ecuación diferencial?
- ¿Saber jugar al GO? ¿Ganar al GO?
- ¿Reconocer a una persona? ¿A un gato?
- ¿Conducir un coche? ¿Una moto? ¿Un avión?
- ¿Ser capaz de andar por la calle sin tropezar con mucha gente alrededor?
- ¿Entender lo que dice una persona? ¿Dobles sentidos? ¿Ironía?

¿Puede una máquina ser inteligente?

¿Somos algo más que datos, reglas y cálculos?

Basic Questions (John McCarthy) - <www-formal.stanford.edu/jmc/whatsai/node1.htm>

Algunas definiciones

	Inteligencia humana	Ideal de inteligencia
Razonamiento	Estudio de **procesos** que posibilitan **razonar** y **actuar**.[1]	«**Máquinas con mente**», en un sentido literal.[2]
Conducta	Estudio para que un **ordenador haga cosas que la gente hace mejor**.[3]	**Automatización de la conducta inteligente**.[4]

- **IA Débil**: Aspectos de comportamiento considerados inteligentes.
- **IA Fuerte**: Un agente artificial puede llegar a sentir y tener mente.

[1] Wiston, 1992, [2] Haugeland, 1985, [3] Rich and Knight, 1991, [4] Luger y Stubblefield, 1989

Elementos relacionados con la Inteligencia

La inteligencia es un concepto que se relaciona directamente con:

- **Conciencia**: Tener experiencia subjetiva y pensamiento.
- **Conciencia de sí mismo**: stener experiencia de de los propios pensamientos y del individuo como algo separado.
- **Sentiencia**: Capacidad de sentir percepciones de forma subjetiva.
- **Sapiencia**: Capacidad de sabiduría.

Existen dos debates destacados desde un plano ético respecto a estos:

1. ¿Son necesarios y/o suficientes para considerar un ente inteligente?
2. ¿Sirven de base para otorgar derechos y deberes a un ente?

Razonamiento en robots

Razonamiento: Proceso de inferencia que permite a un agente obtener conocimiento a partir de información previamente adquirida.

En un robot autónomo **el razonamiento lo provee el controlador**.

- Controlador ≈ cerebro de un robot.

Un robot autónomo intenta alcanzar varios objetivos a la vez:

- Comportamientos simples de supervivencia (e.g. no quedarse sin energía)
- Actividades complejas (e.g. jugar al fútbol).

Balance tiempo/reacción en el control de robots

Una reacción debe ser rápida, mientras que el pensamiento es lento.

- Pensar permite planificar cómo evitar situaciones peligrosas o desfavorables.
- Lo malo, pensar mucho puede ser peligroso (e.g. caer en una zanja).

Para «pensar», un robot requiere de mucha información de entornos complejos.

- Son necesarios modelos para representar el entorno del robot

Niveles de complejidad cognitiva que controlar

Control a **bajo nivel**: Tareas simples (e.g. cambiar de marcha en un vehículo).

- Generalmente se tratan de problemas de valores continuos.
- Escalas temporales cortas, de frecuencas mayores a 1 Hz.

Control a **nivel intermedio**: Tareas medias (e.g. cambiar de carril).

- Involucran indistintamente tareas de valor continuo o discreto.
- Escalas temporales medias, del orden de unos pocos segundos

Control a **alto nivel**: Tareas complejas (e.g. planificar una ruta completa).

- Normalmente son problemas de valores discretos.
- Escalas de tiempo grandes, incluso de minutos.

Arquitecturas de control

Arquitecturas de control en robots

Un robot es un tipo de aplicación muy diferente a otras:

- Sus objetivos de funcionamiento suelen ser más complejos.
- Sus entornos suelen ser dinámicos y no estructurados.

Una arquitectura de control define los principios de diseño de un robot:

- Estructura arquitectónica: Subsistemas que lo componen y cómo interactuan.
- Estilo arquitectónico: Conceptos computacionales subyacentes en el sistema.

Dos tipos bien diferenciados: Arquitecturas **deliberativas** y **reactivas**.

Estructura y estilo arquitectónico

Todos los robots comparten las mismas primitivas: percibir, planificar y actuar.

- **Percibir**: Obtener información del entorno a través de sus sensores.
- **Planificar**: Determinar acciones a realizar segun estados de entorno y robot.
- **Actuar**: Realizar las acciones planificadas.

Los diferentes estilos arquitectónicos surgen a partir de:

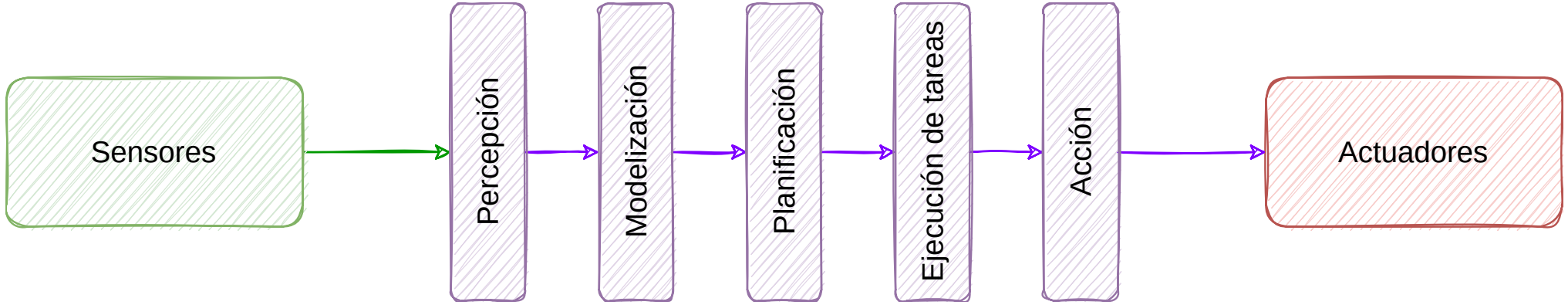
- ¿Cómo se relacionan las primitivas?
- ¿Dónde se toman las decisiones correspondientes a la planificación?
- ¿De qué manera se procesa y distribuye la información sensorial?

La estructura se relaciona a la implementación concreta del estilo.

Arquitectura deliberativa o jerárquica (I)

Las primitivas se relacionan de manera secuencial:

1. Se percibe el entorno y se construye un modelo de este y del estado actual.
2. Se planifica la acción o acciones para acercar al robot a su objetivo.
3. Se ejecutan las acciones planificadas.



Es un punto de vista *top-down* de la concepción de un robot.

Arquitectura deliberativa o jerárquica (y II)

Fue el primer paradigma planteado y el más usado hasta principio de los 90.

- Útil para robots sencillos, pero desafiante según aumentaba su complejidad.

La información necesita atravesar todos los módulos de la arquitectura:

- Cualquier fallo en algún componente provoca un fallo total del sistema.
- Entorno y estado son cambiantes $\rightarrow$ Problema de mantenimiento de modelo.
- También problemático el rectificar ante información errónea o incompleta.

Y además, este paradigma se basa en la hipótesis de mundo cerrado[5]:

- Suposición no asumible en prácticamente ningún robot.

[5] Supuesto en el que se asume que la información obtenida por el sistema es siempre completa, es decir, conoce todo lo que ocurre en su entorno y por tanto no se va a encontrar con situaciones inesperadas.

Principales inconvenientes de las arquitecturas deliberativas

Estas arquitecturas tienen varios inconvenientes, entre los que se encuentran:

- **Modelizar** el entorno es muy **costoso** en términos de **tiempo** y **memoria**.
- La **planificación** también suele ser **lenta** y requerir mucha **memoria**.
- La **planificación no lineal** es **intratable** (es un problema NP-completo).
- La **retroalimentación** a través del modelo del entorno es **complicada**.
- Una única línea entre una detección y su actuación.
- Enfoque muy general, **pobre** para muchas **tareas específicas**.
- **Pasar representaciones** entre diferentes componentes es **costoso**.

Una pausa para reflexionar

¿Cómo es la arquitectura de control de una mosca?

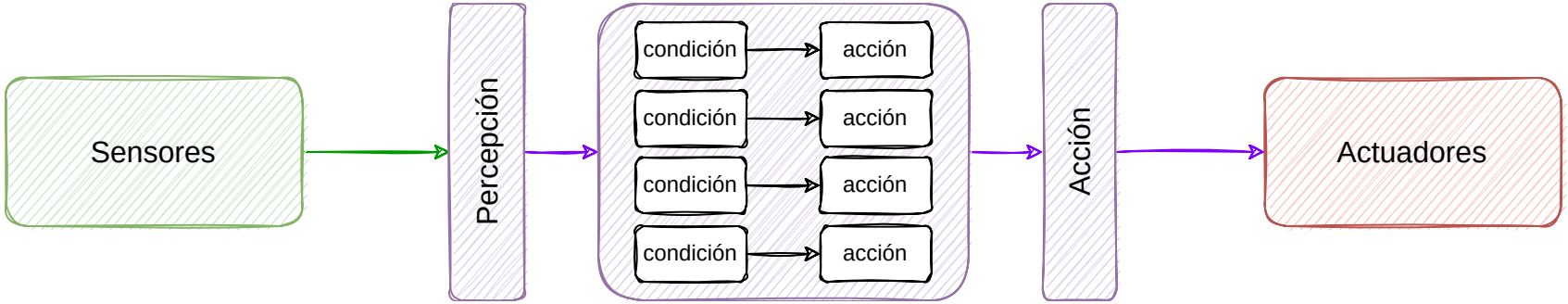
- Crea un modelo del entorno por el que navega.
- Se plantea la naturaleza de las amenazas.
- Analiza la idoneidad de plantar huevos en heces.
- Delibera sobre cómo aterrizar en superficies irregulares.
- Sensores y actuadores están estrechamente conectados.
- Patrones de comportamiento aprendidos, no planificados.
- Técnicas de navegación sencillas (casi deterministas).
- Miles de receptores visuales simples conectados al cerebro.

Para navegar por un entorno, ¿quién lo hace mejor, una mosca o un dron?

Arquitectura reactiva (I)

Surgió como una respuesta a los problemas de las arquitecturas deliberativas.

- Se basa en la idea de que el robot no necesita planificar acciones.
- Más orientado hacia la biología y psicología de los seres vivos.
- No hay animales de propósito general, así que ¿por qué robots sí?



Se elimina completamente la fase de planificación.

- La percepción provoca directamente una respuesta en la acción.

Arquitectura reactiva (y II)

Es un punto de vista *bottom-up* de la concepción de un robot.

- Existencia de un flujo único entre percepción y acción para cada comportamiento.
- Los **mapas de estímulo-respuesta** los hacen **intrínsecamente paralelos**.

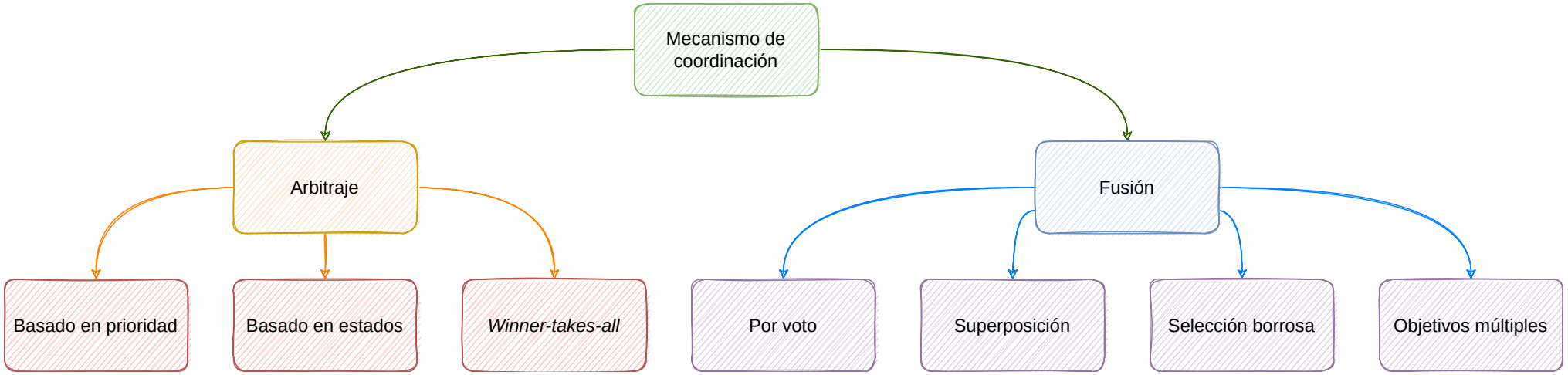
Este paradigma ofrece muchas ventajas sobre el deliberativo, entre ellas:

- **No requieren** de **modelo de entorno** ni de **planificación** de ningún tipo.
- Sí necesitan **mecanismos** de **retroalimentación**, a poder ser **cortos**.
- **Muy específico**, es decir, bueno en una o dos tareas conretas.
- **No** se pasan **representaciones entre componentes**.
- Mayor **resiliencia** por la (teórica) independencia de los comportamientos.
- Mayor **facilidad de diseño** de cada módulo independiente.

Coordinación de comportamientos

Varios comportamientos se pueden coordinar en dos estrategias principales:

- **Competitiva** (arbitraje): Sólo se selecciona la salida de un comportamiento.
- **Cooperativa** (fusión): Se combinan las salidas de varios comportamientos.



Estas salidas resultado se suelen denominar comportamiento emergente[6].

6 Comportamiento complejo surgido de la coordinación de comportamientos más simples (e.g. colonias de hormigas).

Arquitectura basada en comportamientos (BBR)

Tipo de arquitectura reactiva que utiliza sistemas biológicos como modelo:

- **Adaptabilidad**: No se depende de cálculos preestablecidos.
- **No necesitan modelar entorno**, toda la información se obtiene de los sensores.
- Esa información se usa para **corregir gradualmente sus acciones**.

Esas arquitecturas muestran acciones en apariencia más biológica.

- De hecho las comparaciones entre BBR e insectos son muy frecuentes.
- Algunos investigadores lo consideran un **ejemplo de IA débil**.

Arquitecturas híbridas

Aprovecha las fortalezas de ambos paradigmas suavizando sus debilidades.

- Suele ser la opción más elegida en la actualidad.

En estas arquitecturas suelen existir tres capas básicas:

- Capa reactiva de bajo nivel, relacionada con tareas cognitivas de bajo nivel.
- Capa deliberativa de alto nivel, relacionada con tareas cognitivas de alto nivel.
- Capa intermedia, que actúa como puente entre las dos capas anteriores.

Se suelen descomponer, a su vez, en más o menos componentes.

- No hay una solución global, la estructura suele depender mucho del problema.

¡GRACIAS!