

#### Control, planificación y optimización

Robótica

Alberto Díaz Álvarez y Raúl Lara Cabrera Departamento de Sistemas Informáticos - Universidad Politécnica de Madrid 11 de junio de 2023

License CC BY-NC-SA 4.0

# 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 <b>procesos</b> que posibilitan razonar y actuar. <sup>1</sup>	" <b>Máquinas con mente</b> ", en un sentido literal. <sup>2</sup>
Conducta	Estudio para que un <b>ordenador haga</b> cosas que la gente hace mejor. <sup>3</sup>	Automatización de la conducta inteligente. <sup>4</sup>

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

<sup>1</sup> Wiston, 1992, <sup>2</sup> Haugeland, 1985, <sup>3</sup> Rich and Knight, 1991, <sup>4</sup> 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?

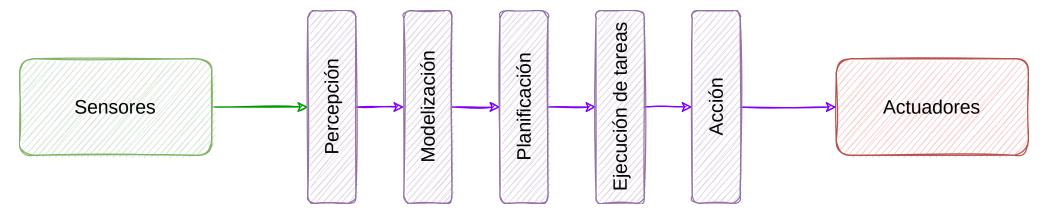
La estructura se relaciona a la implementación concreta del estilo.



#### Arquitectura deliberativa (o jerárquica)

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.



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 cerrado⁵:

• Suposición no asumible en prácticamente ningún robot.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> 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.

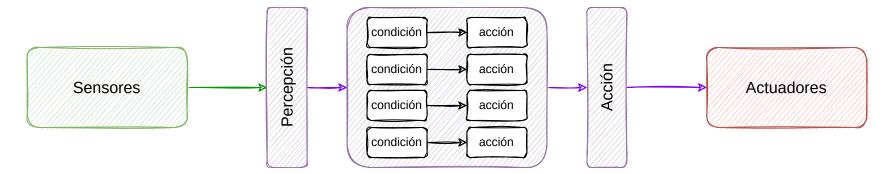
Para navegar por un entorno, ¿quién lo hace mejor, una mosca o un dron?



#### Arquitectura reactiva

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.



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:

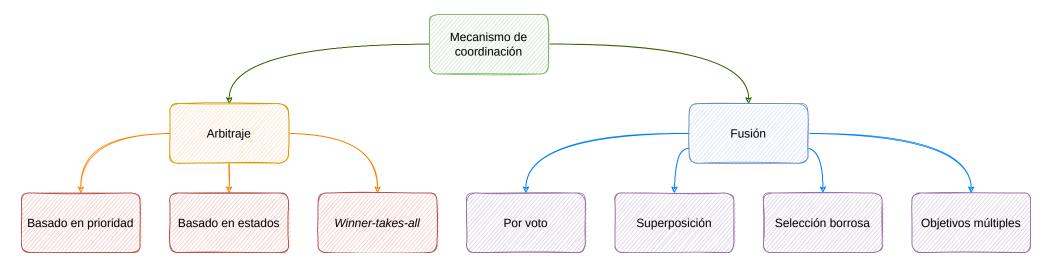
- No requieren de modelo de entorno ni de planificación de ningún tipo.
- Sí necesitan **mecanismos** de **retroalimentación**, a poder ser **cortos**.
- Muy específico, es decir, bueno en una o dos tareas conretas.
- No se pasan representaciones entre componentes.
- Mayor resiliencia por la (teórica) 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<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> 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!