

T2. AGENTES

INTELIGENTES Y MAS

AGENTES Y SISTEMAS MULTIAGENTE

Fidel Aznar Gregori

Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial.
Universidad de Alicante

INDICE

- Agentes y SMA
- Definición
- Formalización matemática
- Acción, percepción y política
- Tipología
- Que no son agentes
- Agentes BDI

TENDENCIAS EN LA COMPUTACIÓN

- Ubicuidad: computación y dispositivos en todos los lugares imaginables
- Interconexión: cada vez más dispositivos conectados
- Inteligencia: tareas más inteligentes
- Delegación: encargarse de tareas más complejas
- Humanización: interacción hombre-máquina

COMPUTACIÓN GLOBAL

¿QUÉ REQUIERE UN DISPOSITIVO/SOFTWARE PARA DAR SOPORTE A ESAS TENDENCIAS?

- Ser independiente, funcionar sin requerir nuestra intervención (delegación/inteligencia)
- Buscar la meta requerida (cumplir nuestros intereses interactuando con otros humanos o sistemas):
 - Requerimos interacción
 - Varios intereses confrontados (¿cooperar, competir...?)

AGENTES Y SISTEMAS MULTIAGENTE (I)

DAR RESPUESTA A LOS PROBLEMAS ANTERIORES...

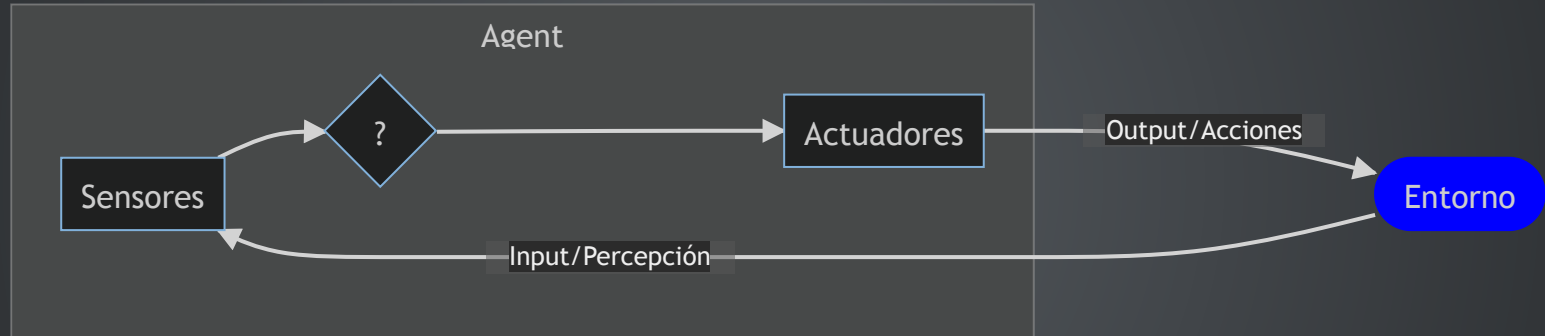
- Construir sistemas (agentes) capaces de:
 - **1** El agente debe ser:
 - Independiente
 - Autónomo
 - Resolver la tarea delegada
 - **2** Y también:
 - Capaz de interactuar (cooperar, coordinarse, negociar) con otros agentes (pos. con distintas metas)

AGENTES Y SISTEMAS MULTIAGENTE (II)

- El punto **1** define el *diseño del agente* y lo detallaremos en este tema
- El punto **2** define el diseño de una *sociedad de agentes* y lo veremos en los temas 3 y 4.

¿QUÉ ES UN AGENTE INTELIGENTE?

Un agente es un sistema informático capaz de actuar de forma autónoma flexible en un entorno para alcanzar los objetivos que se le han asignado

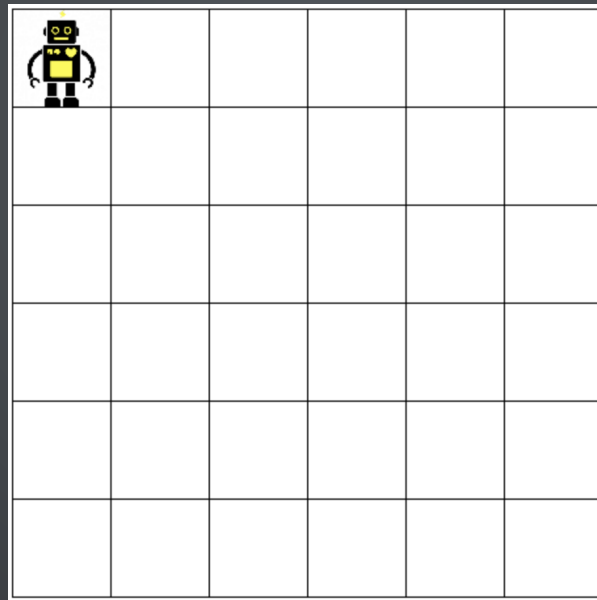


PARTES DEL AGENTE

- **Percepción P :** entradas del agente. La percepción ajustará el estado del agente S .
- **Acción A :** salida del agente, actuación en el entorno
- **Secuencia de percepción:** toda la historia de percepción del agente. Una acción puede depender de *todas* las percepciones del agente
- Habitualmente, dadas únicamente sus percepciones realizará una acción

EJEMPLO (I)

Agente: robot que se mueve en una cuadrícula.



- El espacio de P del robot es el conjunto de todas las posibles percepciones que puede recibir, como la presencia de obstáculos en la cuadrícula.
- El espacio de A del robot es el conjunto de todas las posibles acciones que puede realizar, como moverse hacia arriba, abajo, izquierda o derecha.

EJEMPLO (II)

- El estado interno del robot S podría incluir variables como la posición actual en la cuadrícula, la dirección en la que está orientado y la cantidad de energía que le queda.
- La función de transición de estados f actualizaría el estado interno del robot en función del estado actual del robot y su percepción.

CARACTERÍSTICA DE UN AGENTE (I)

- Autónomo: capaz de actuar de forma independiente, mostrando control sobre su estado interno
- Debe ser flexible:
 - Debe ser **reactivo** cuando sea necesario
 - Debe ser **pro-activo**
 - Debe ser **social**

CARACTERÍSTICA DE UN AGENTE (II)

Debe estar situado en un entorno. Entornos...

- Observables: el agente puede adquirir información completa
- Determinísticos: dada una acción sabemos el resultado (lo contrario es estocástico)
- Episódicos: un acción depende de un número de estados anteriores delimitado
- Estáticos
- Discretos

Task Environment	Observable	Agents	Deterministic	Episodic	Static	Discrete
Crossword puzzle	Fully	Single	Deterministic	Sequential	Static	Discrete
Chess with a clock	Fully	Multi	Deterministic	Sequential	Semi	Discrete
Poker	Partially	Multi	Stochastic	Sequential	Static	Discrete
Backgammon	Fully	Multi	Stochastic	Sequential	Static	Discrete
Taxi driving	Partially	Multi	Stochastic	Sequential	Dynamic	Continuous
Medical diagnosis	Partially	Single	Stochastic	Sequential	Dynamic	Continuous
Image analysis	Fully	Single	Deterministic	Episodic	Semi	Continuous
Part-picking robot	Partially	Single	Stochastic	Episodic	Dynamic	Continuous
Refinery controller	Partially	Single	Stochastic	Sequential	Dynamic	Continuous
Interactive English tutor	Partially	Multi	Stochastic	Sequential	Dynamic	Discrete

TAMBIÉN ES DESEABLE QUE UN AGENTE TENGA...

- Movilidad
- Veracidad y benevolencia
- Racionalidad: el agente actuará para alcanzar sus objetivos y no actuará de forma que impida alcanzarlos
- Aprendizaje/adaptación: los agentes mejoran su rendimiento con el tiempo

FORMALIZACIÓN MATEMÁTICA

Se puede formalizar matemáticamente como una tupla de cuatro componentes: $\langle P, A, S, f \rangle$, donde:

- P es el espacio de percepciones del agente.
- A es el espacio de acciones que el agente puede realizar.
- S es el espacio de estados internos del agente
- $f : (P \times S \times A) \rightarrow S$ es la función de transición de estados del agente.

RELACIÓN ENTRE PERCEPCIÓN, ESTADO Y ACCIÓN

- S se actualiza en función de las acciones A que toma y las observaciones P que realiza.
- P se utiliza para actualizar el estado interno del agente S (modelo interno del mundo).
- A se genera a partir del estado S y la percepción P actual del agente. La función encargada es $\pi : (P \times S) \rightarrow A$
- π se conoce con el nombre de política y suele ser una distribución de probabilidad: $\pi(a|s, p)$

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO (I)

- El agente puede tener una función de evaluación de desempeño que mide como de bien está realizando la tarea asignada.
- Esta función puede ser de diferentes tipos, dependiendo de la tarea que el agente esté realizando.

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO (II)

- Se mide por su capacidad para tomar decisiones efectivas en un entorno dado.
- Se puede medir mediante la función de recompensa \mathcal{R} , que asigna una recompensa a cada acción realizada por el agente en un estado dado.

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO (III)

- El objetivo del agente es maximizar la recompensa total acumulada en el tiempo.
- Para esto, se define la función de valor del estado $V^\pi(s)$, que representa la recompensa esperada acumulada a largo plazo de seguir una política π a partir del estado s :

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO (IV)

$$V^{\pi}(s) = \mathbb{E}_{\pi} \left[\sum_{t=0}^{\infty} \gamma \mathcal{R}(s_t, a_t) \mid s_0 = s \right]$$

donde a_t es la acción tomada por el agente en el tiempo t y \mathbb{E}_{π} denota la esperanza bajo la política π .

POLITICA (I)

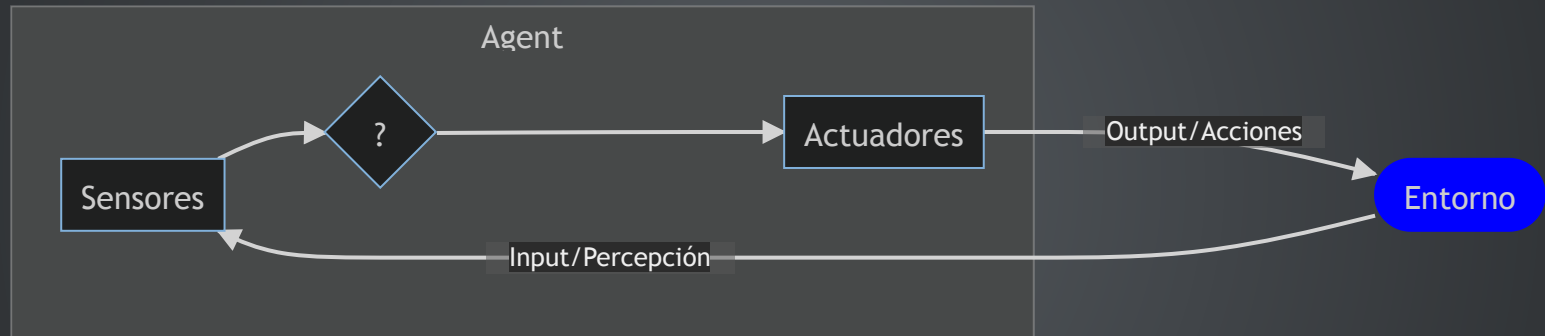
- La política π es una función que asigna un estado s y una percepción p a una acción a del agente, es decir, $\pi(s, p) = a$.
- El objetivo del agente es encontrar la política óptima π^* que maximice la función de valor del estado $V^*(s)$: $V^*(s) = \max_{\pi} V^{\pi}(s)$
- La política óptima π^* es la que maximiza la función de valor del estado para todos los estados posibles del entorno.

POLÍTICA (II)

- El desempeño de un agente se evalúa entonces en términos de su capacidad para encontrar y seguir la política óptima π^* en un entorno dado, maximizando así la recompensa total acumulada a largo plazo.
- El desempeño se puede medir mediante la función de valor del estado o mediante la tasa de recompensa acumulada por unidad de tiempo.

CICLO DE PERCEPCIÓN-ACCIÓN (I)

- La interacción del agente con el entorno se puede describir en términos de un ciclo de percepción-acción.
- En cada ciclo, el agente recibe una percepción del entorno, actualiza su estado interno en función de la percepción y la acción tomada, y selecciona una nueva acción para realizar en el entorno.



CICLO DE PERCEPCIÓN-ACCIÓN (II)

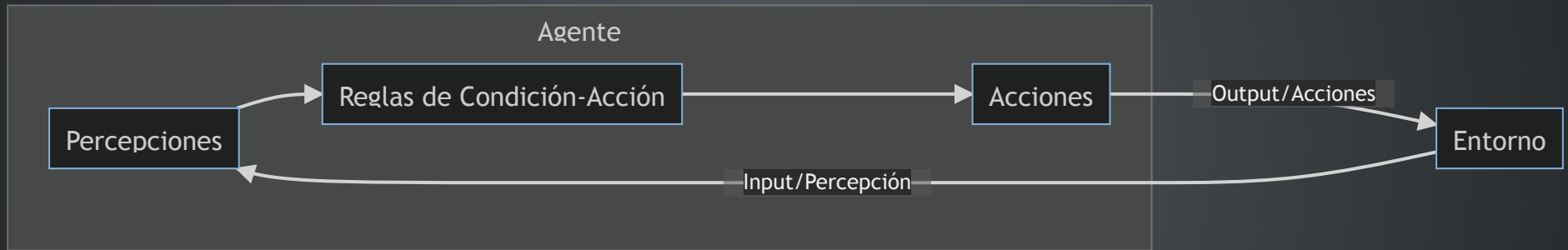
- La selección de la acción se puede hacer mediante una función de política que mapea el estado interno del agente a una distribución de probabilidad sobre las posibles acciones.
- La función de política puede ser determinista o estocástica, dependiendo de la naturaleza del entorno y la tarea que el agente esté realizando.

AGENTES REACTIVOS SIMPLES(I)

- Un agente reactivo tiene una función de transición de estados que depende únicamente de la percepción actual, es decir, $f : P \rightarrow S$.
- Un agente reactivo podrá tener estados S (simples) que se utilizarán para generar las acciones. Si no tiene estados entonces $f : P \rightarrow A$.
- La política del agente solo depende del estado actual del mundo $\pi(s) = a$ (si no tiene estados dependerá de p).

AGENTES REACTIVOS SIMPLES (II)

- Estos agentes seleccionan acciones sobre la base de las percepciones actuales, ignorando el resto de la historia perceptual.
- El agente utiliza un conjunto de reglas de condición-acción, a menudo conocidas como reglas de producción, para determinar su acción.



AGENTES REACTIVOS (III)

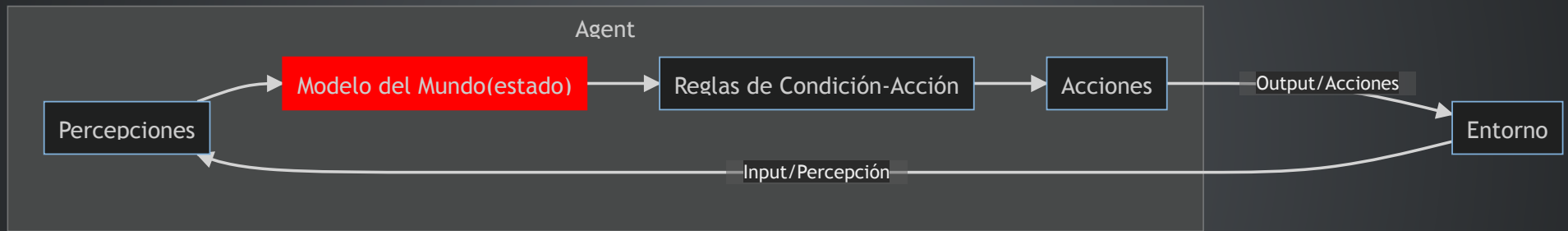
EJEMPLO: AGENTE TERMOSTATO

- S : variable booleana que indica si la temperatura de la habitación es demasiado alta o baja
- P : temperatura de la habitación
- A : ON o OFF calefacción
- f : compara la temperatura actual de la habitación con un valor umbral. $si < S=ON$ else $S=OFF$
- π : $Si\ S==ON\ A=ON; Si\ S==OFF\ A=OFF$

A. REACTIVOS BASADOS EN MODELO (I)

- Utiliza un modelo del mundo (S) más complejo que el caso anterior
- Lo tiene en cuenta para decidir la acción a tomar (puede utilizar datos históricos almacenados en S)
- A se genera a partir del estado S y la percepción P actual del agente mediante la política

$$\pi : (P \times S) \rightarrow A$$



A. REACTIVOS BASADOS EN MODELO (II)

- Estos agentes mantienen algún tipo de modelo interno del mundo, lo que les permite tener en cuenta las áreas que no pueden percibir actualmente.
- El modelo también permite a los agentes prever el resultado de las acciones en situaciones en las que las percepciones no son suficientes.

A. REACTIVOS BASADOS EN MODELO (III)

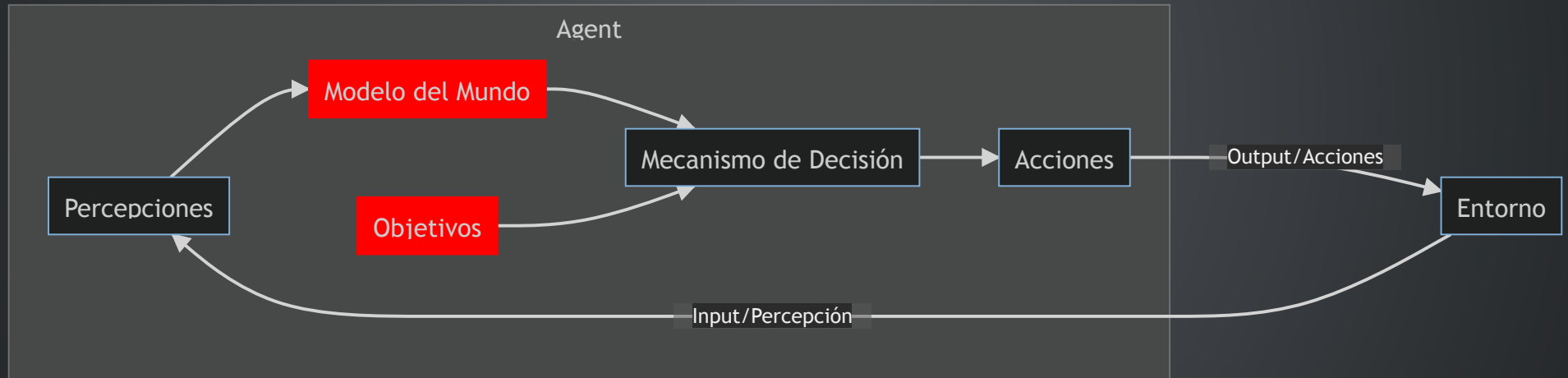
EJEMPLO: A. JUGADOR DE AJEDREZ

- P : texto jugadas y turno
- A : mov. válido de piezas
- S : representación interna del tablero, posición de las piezas y turno de juego.
- f : reglas del ajedrez para determinar si una acción es legal o no y para actualizar el estado del tablero después de a .
- π : modelo del juego + estrategia para a en función de s y el turno de juego.

AGENTES DELIBERATIVOS

- Un agente deliberativo tiene un componente interno que mantiene un modelo del mundo
- Utiliza ese modelo para tomar decisiones.
- Su función de transición de estados es más compleja y depende tanto de la percepción actual como del modelo del mundo interno del agente.
- La tupla de un agente deliberativo se puede escribir como: $\langle P, A, S, f, M \rangle$, siendo M el modelo del mundo

AGENTES D. BASADOS EN OBJETIVO (I)



AGENTES D. BASADOS EN OBJETIVO (II)

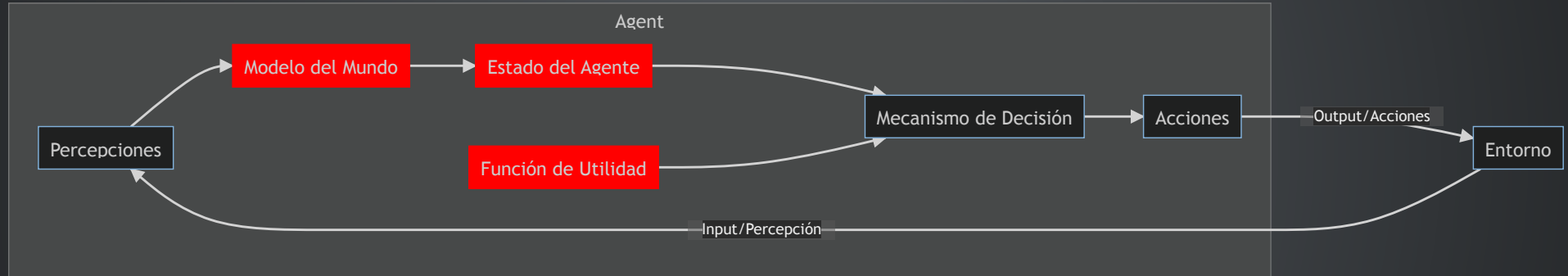
1. Posee una representación interna del mundo
2. Tiene un conjunto de objetivos: el agente tiene un conjunto de objetivos que quiere alcanzar. Estos objetivos pueden ser de diferentes niveles y pueden estar relacionados entre sí.
3. Planifica su acción: el agente planifica su acción en base a su representación del mundo y sus objetivos.
4. El proceso de planificación implica encontrar la mejor secuencia de acciones que permita alcanzar los objetivos del agente.

AGENTES D. BASADOS EN OBJETIVO (III)

4. Revisa y modifica sus planes: el agente revisa y modifica sus planes en base a cambios en el mundo o en sus objetivos. Si el mundo cambia o si el agente se da cuenta de que su plan no es óptimo, puede modificar su plan para adaptarse a la nueva situación.
5. Tiene una función de evaluación: el agente tiene una función de evaluación que le permite determinar la calidad de sus planes. Esta función de evaluación se basa en los objetivos del agente y en su representación del mundo.

AGENTES D. BASADOS EN UTILIDAD (I)

- Estos agentes poseen una función de utilidad que mapea cada estado del mundo a una medida de utilidad, que indica el grado de satisfacción del agente.
- A diferencia de los agentes basados en objetivos, que pueden tener dificultades para tomar decisiones en situaciones con conflictos entre metas, los agentes basados en utilidad pueden tomar decisiones racionales basándose en sus preferencias y probabilidades.



AGENTES D. BASADOS EN UTILIDAD (II)

1. Tiene un conjunto de objetivos o metas a alcanzar.
2. Utiliza una función de utilidad para evaluar la calidad de las acciones posibles.
3. Planifica secuencias de acciones que maximizan la utilidad esperada.
4. Revisa y actualiza sus objetivos y la función de utilidad a medida que se obtiene más información.
5. Puede tomar decisiones racionales en situaciones inciertas o ambiguas.

TIPOLOGÍA DE AGENTES

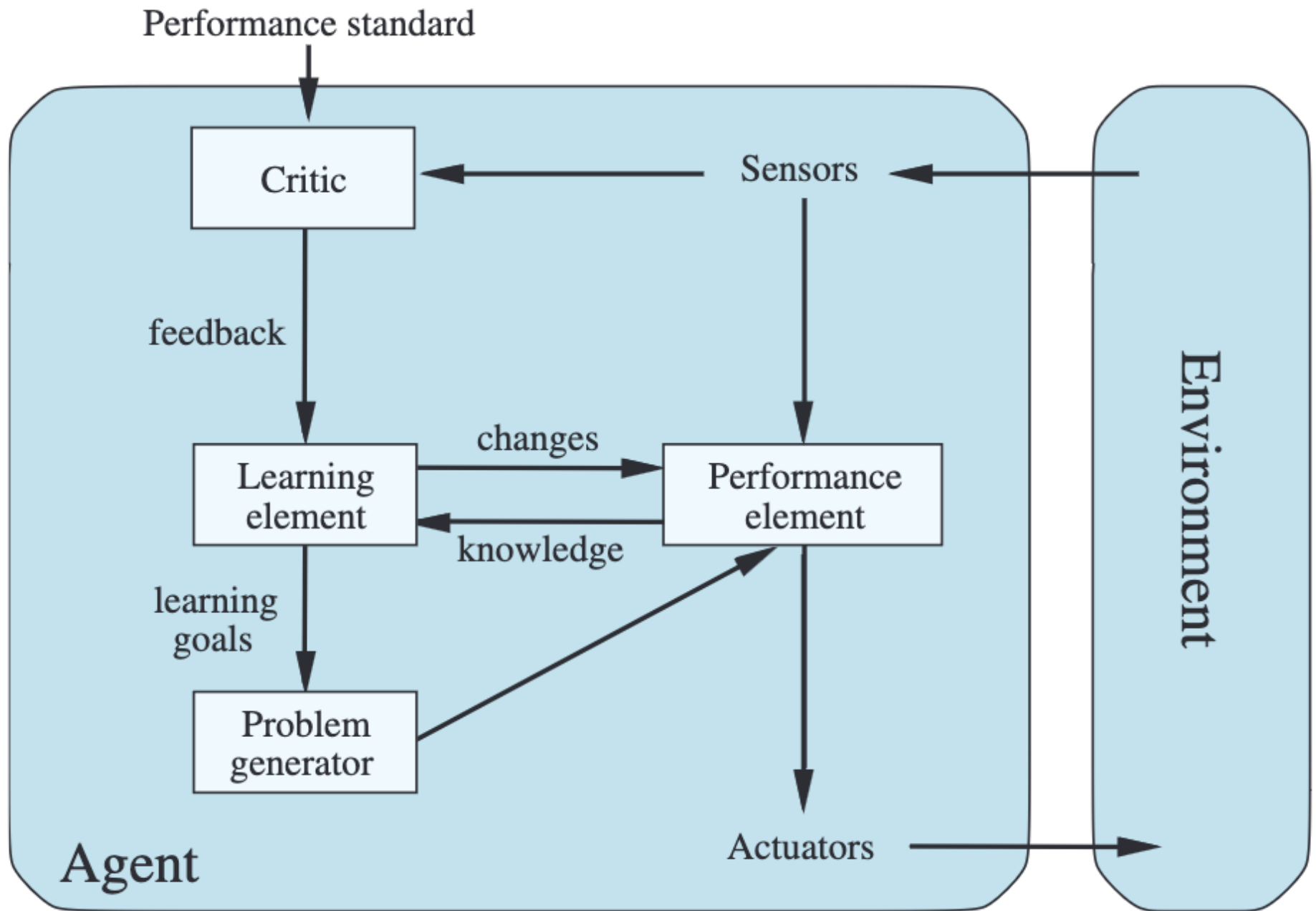
- Es importante mencionar que estos tipos de agentes no son mutuamente excluyentes y pueden superponerse.
- Un agente puede ser tanto basado en modelos como basado en objetivos, por ejemplo.
- Además, cada tipo de agente puede ser más adecuado para ciertos tipos de problemas que otros.

AGENTES QUE APRENDEN (I)

- Capacidad de mejorar su rendimiento y adaptarse a los cambios en función de su experiencia.
- Un agente que aprende típicamente tiene cinco componentes principales:
 1. **Componente de rendimiento:** Toma las decisiones. Se encarga de seleccionar las acciones en función de las percepciones.
 2. **Componente de aprendizaje:** responsable de hacer las modificaciones en el agente para mejorar rendimiento

AGENTES QUE APRENDEN (II)

1. Componente de crítica: Este componente proporciona un feedback al componente de aprendizaje sobre cómo lo está haciendo el agente.
2. Componente del problema generador: Este componente sugiere acciones que llevarán al agente a nuevas y potencialmente informativas experiencias.
3. Modelo del mundo: Este componente permite al agente predecir cómo sus acciones cambiarán el mundo.



AGENTES VS OBJETOS (I)

¿ES LO MISMO?

- Los objetos...
 - Encapsulan algún estado
 - Se comunican mediante el paso de mensajes
 - Tienen métodos, correspondientes a las operaciones que se pueden realizar en este estado

AGENTES VS OBJETOS (II)

DIFERENCIAS PRINCIPALES

- Son autónomos: noción de autonomía mayor que la de los objetos (deciden por sí mismos si realizan o no una acción a petición de otro agente).
- Son inteligentes: comportamiento flexible (reactivo, proactivo, social). Esto no se define en los objetos
- Son activos: un sistema multiagente es inherentemente multihilo, cada agente tiene al menos un hilo de control activo

AGENTES VS SISTEMAS EXPERTOS

¿ES LO MISMO?

- Los sistemas expertos suelen ser "conocimientos especializados" incorpóreos sobre algún ámbito (abstracto) del discurso
- Un agente está situado en un entorno e interactúa con él; al experto únicamente se le consulta
- Algunos sistemas expertos que actúen en tiempo real pueden ser agentes