

Inteligencia Artificial

Víctor Mijangos de la Cruz

II. Agentes inteligentes

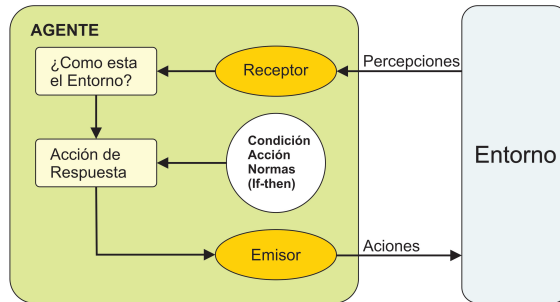


Concepto de Agente Inteligente

¿Qué es un agente?

Agente

Un agente es cualquier entidad que **percibe** su **ambiente** a través de **sensores**, y que actúa en el ambiente a través de **actuadores**.



¿Qué es un agente?

Los elementos que definen al agente son, entonces:

Percepción: Es la entrada de un agente, aquello que es captado por los sensores de éste.

Ambiente: Son los elementos o condiciones en que el agente se desenvuelve y con los cuales puede interactuar.

Sensores: Son los componentes de entrada del agente, que le permiten reconocer su ambiente.

Actuadores: Son los componentes de salida del agente, que le permiten interactuar con el ambiente.

Percepción

El agente percibe su ambiente a través de sensores. En tanto el ambiente puede cambiar, la percepción depende del tiempo. Podemos hablar, entonces, de:

Secuencia de percepciones

Una secuencia de percepción es la historia completa de lo que el agente ha percibido hasta el momento actual.

La **acción** de un agente depende del conocimiento construido a partir de su **secuencia de percepciones**.

Función del agente

Para pasar de la cadena de percepciones hacia las acciones se hace uso de un mapeo, llamado función de agente:

Función de agente

La función de agente mapea las percepciones en acciones; es decir, su entrada es una secuencia de percepciones y su salida una acción.

Si p_1, \dots, p_t es una cadena de percepciones en el tiempo t , una función de agente f actúa como:

$$f(p_1, \dots, p_t) = a$$

Donde a es una acción.

Función de agente

Una función de agente se puede presentar en forma **tabular**. Se realiza una tabla en que se colocan las posibles cadenas de percepciones y sus correspondientes acciones:

Cadena de percepciones	Acción
p_1	a_1
p_2	a_2
\vdots	\vdots
p_1, p_2	a_{t+1}
p_1, \dots, p_t	a_T

La forma tabular es una caracterización **externa** de la función de agente.

Programa del agente

Programa del agente

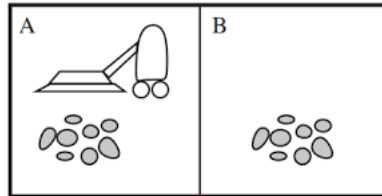
Un programa del agente es un programa que ejecuta la función del agente.

El programa del agente es una caracterización **interna** de la función de agente.

Ejemplo de Agente

Mundo de la aspiradora

En el caso más simple, se tienen una aspiradora que puede moverse a través de dos estados, *A* y *B*. Puede detectar si el estado en que se encuentra está sucio o no, y puede succionar para limpiar el estado.



Mundo de la aspiradora

Los elementos del mundo de la aspiradora son:

Sensores: El agente será capaz de reconocer el cuadrado en que se localiza y si este está sucio o no.

Actuadores: El agente podrá realizar las siguientes acciones: moverse a la izquierda, moverse a la derecha, y limpiar.

Función del agente: Si el agente está en A o B , y este cuadrado está sucio, limpiar. En otro caso, desplazarse al otro cuadrado:

Percepción	Acción
(A, limpio)	Moverse a la derecha
(A, sucio)	Limpiar
(B, limpio)	Moverse a la izquierda
(B, sucio)	Limpiar

Programa del agente

Algorithm Mundo de la aspiradora

```
1: procedure DECIDE(location, dirt)
2:   if (location = A or location = B) and dirt = 1 then
3:     return Limpia
4:   end if
5:   if location = A and dirt = 0 then
6:     return Derecha
7:   end if
8:   if location = B and dirt = 0 then
9:     return Izquierda
10:  end if
11: end procedure
```

Racionalidad y agentes racionales

Agente racional

Agente racional

Un agente racional es un agente que realiza acciones óptimas con base en la información con la que cuenta.

¿Qué podemos entender por **óptimo**?

Consecuencialismo

El consecuencialismo señala que podemos evaluar el comportamiento de un agente a partir de sus consecuencias.

Medición de las consecuencias

Necesitamos determinar cómo **medir** las consecuencias de las acciones del agente. Tenemos una regla general:

Como regla general, es mejor medir la utilidad de acuerdo con lo que se quiere para el entorno, más que de acuerdo con cómo se cree que el agente debe comportarse.

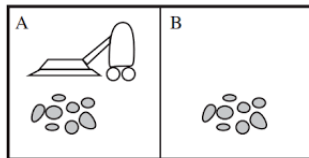
Medida de rendimiento

Una medida de rendimiento es una función que evalúa (de acuerdo a un criterio dado) una secuencia de estados del ambiente que es resultado de una secuencia de acciones del agente.

Ejemplo de medida de rendimiento

Considérese el **mundo de la aspiradora**. Algunas medidas de rendimiento pueden ser:

- El qué tantos cuadros ha limpiado el agente en un período de tiempo.
- El qué tan limpio está el ambiente después de las acciones del agente.
- Una combinación de los dos anteriores.



Racionalidad

Diremos que la racionalidad depende de cuatro elementos:

- 1 La medida de rendimiento que define el criterio de éxito del agente.
- 2 El conocimiento previo que el agente tiene del ambiente.
- 3 Las acciones que el agente puede realizar.
- 4 La secuencia de percepciones con la que el agente cuenta.

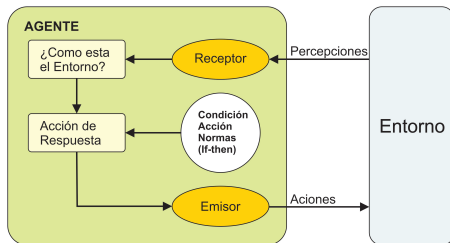


Agente racional

Podemos reformular la definición de agente racional de la siguiente forma:

Agente racional

Un agente racional es un agente que selecciona, dada una secuencia de percepciones y su conocimiento previo, selecciona la acción que maximice la medida de rendimiento.



Omnisciencia

Agente omnisciente

Se dice que un agente es omnisciente cuando conoce el resultado de sus acciones y puede actuar de acuerdo a esto.

Un agente omnisciente podría actuar de forma **perfecta**. Sin embargo, en la realidad esto no es alcanzable.

La **racionalidad** busca maximizar el rendimiento **esperado**.

La **perfección** maximiza el rendimiento **real**.

Racionalidad \neq Omnisciencia

Recopilación de información

En muchos casos, el agente no cuenta con información necesaria para actuar racionalmente; por tanto necesita recopilar información:

Recopilación de información

La recopilación de información se basa en la realización de acciones que permitan modificar percepciones futuras.

Una manera de recopilar información es la exploración:

Exploración

La exploración es un tipo de recopilación de información, que recupera datos del ambiente.

Autonomía

La racionalidad requiere recopilación de información, pero también **aprender** de sus percepciones.

Agente autónomo

Se dice que un agente es autónomo cuando éste es capaz de aprender para compensar un conocimiento parcial o incorrecto.

Si el agente únicamente se basa en los conocimientos definidos por el diseñador, diremos que carece de autonomía.

Naturaleza de los ambientes

Entorno de trabajo

Cuando se diseña un agente, en primer lugar se debe diseñar el entorno de trabajo:

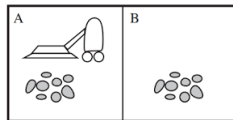
Entorno de trabajo

Un entorno de trabajo es especificado por la medida de rendimiento, el ambiente, así como los actuadores y los sensores del agente (abreviado REAS o PEAS).

En resumen, en el diseño del agente implica indicar los elementos del entorno de trabajo:

- Medida(s) de rendimiento
- Entorno
- Actuadores
- Sensores

Ejemplo: entorno de trabajo



Agente	Medida de rendimiento	Entorno	Actuadores	Sensores
Aspiradora	Limpieza del entorno, tiempo en limpiar	Cuartos (cuadrados)	Mecanismo de aspiración	Cámaras que observan la suciedad

¿Cuál es el entorno de trabajo de un agente del tipo **auto sin conductor**?

Entornos observables

Entorno completamente observable

El entorno de trabajo es completamente observable si los sensores del agente tienen acceso a la información total de un estado del ambiente en un tiempo dado.

Entorno parcialmente observable

El entorno de trabajo es parcialmente observable si se tiene información parcial del ambiente.

Efectivamente totalmente observable

Un entorno es efectivamente totalmente observable si el agente detecta los aspectos relevantes para realizar una acción.

Entorno no observable

Si el agente no tiene sensores, el entorno es no observable.

Agente individual y multiagentes

Entorno de agente individual

Un agente individual implica que hay un sólo agente que interactúa con el ambiente.

Entorno multiagente

Hablamos de multiagentes cuando se tienen dos o más agentes que se afectan entre sí.

Cuando hablamos de entornos multiagente, los podemos dividir en:

Competitivo: Maximizar el rendimiento de un agente implica minimizar el rendimiento de otro(s) agente(s). Por ejemplo, ajedrez.

Cooperativo: Las acciones de cada agente se orientan a maximizar el rendimiento de todos los agentes. Por ejemplo, autos sin conductor.

Determinismo

Entorno determinista

Un entorno es determinista si el estado de éste está determinado completamente por las acciones del agente y el estado previo. En otro caso, diremos que es estocástico (o no-determinista).

En la práctica, si existen aspectos no observables, entonces es preferible tratar el entorno como estocástico.

Entorno estratégico

Si el entorno es determinista, excepto por las acciones de otros agentes, decimos que es estratégico.

Episódico y secuencial

Entorno episódico

En un entorno episódico consiste, la experiencia del agente se divide en episodios, en cada uno de los cuales el agente recibe una percepción y ejecuta una acción en base en ésta.

En los entornos episódicos, los episodios son independientes unos de otros.

Entorno secuencial

En un entorno secuencial, la decisión actual puede afectar a las futuras decisiones del agente.

Estático y dinámico

Entorno estático

Se dice que un entorno es estático si éste no cambia cuando el agente delibera.

Entorno dinámico

Se dice que un entorno es dinámico si éste puede cambiar mientras el agente delibera.

Entorno semidinámico

Diremos que un entorno es semidinámico si el entorno no cambia con el paso del tiempo, pero si lo hace la medida de rendimiento del agente.

Continuidad

Entorno discreto

Se dice que un entorno es discreto cuando sus estados, las percepciones y las acciones son discretas. Si estos son continuos, se dice que el entorno es continuo.

Los entornos continuos reciben información que es representada de manera continua. Por ejemplo, un auto sin conductor, recibe información espacial en \mathbb{R}^3 o en \mathbb{R}^2 (imágenes de cámaras). Diremos que estos entornos son continuos (a pesar de que se pueden representar por mallas u otros objetos discretos).

Conocido y desconocido

Entorno conocido

Diremos que un entorno es conocido si los resultados de las acciones de los agentes se conocen de antemano.

Entorno desconocido

Un entorno es desconocido cuando no se conocen los resultados de las acciones de los agentes.

En un entorno desconocido, el agente deberá aprender el comportamiento para poder tomar buenas decisiones.

Ejemplos de entornos

Entorno	Observable	Agente	Determinista	Episódico	Estático	Discreto
Ajedrez	Totalmente	Multi	Estratégico	Secuencial	Dinámico	Discreto
Póker	Parcial	Multi	Estratégico	Secuencial	Estático	Discreto
Análisis de imagen	Totalmente	Individual	Determinista	Episódico	Semi	Continuo
Diagnóstico médico	Parcial	Individual	Estocástico	Secuencial	Dinámico	Continuo
Auto sin conductor						
Go						
Clasificador de spam						

Estructura de agentes

Arquitectura y programa

Hemos visto que el **programa del agente** implementa la función del agente; esto es, la función que mapea las percepciones en acciones.

Además del programa del agente, para diseñar un agente se requiere de una arquitectura.

Arquitectura del agente

Llamamos arquitectura del agente al elemento físico que cuenta con sensores y actuadores, y que ejecutará el programa del agente.

El agente se conformará del programa y la arquitectura:

$$\textit{Agente} = \textit{Programa} + \textit{Arquitectura}$$

Diseño del programa

El programa toma como entrada las percepciones, transmitidas por los sensores y regresa acciones dirigidas a los actuadores:

Sensores → *Percepciones* → **Programa** → *Acciones* → *Actuadores*

Agente dirigido mediante tabla

En un agente dirigido mediante una tabla, el agente recibe una percepción, revisa la tabla y regresa la acción correspondiente.

Agente dirigido mediante tabla

Algorithm Agente dirigido mediante tabla

```
1: procedure TABLE-DRIVEN(percept)  
2:   Variables estáticas: tabla; percepciones  $\leftarrow \{\}$   
3:   percepciones  $\leftarrow$  percept  
4:   acción  $\leftarrow$  CONSULTA(percepciones, tabla)  
5:   return acción  
6: end procedure
```

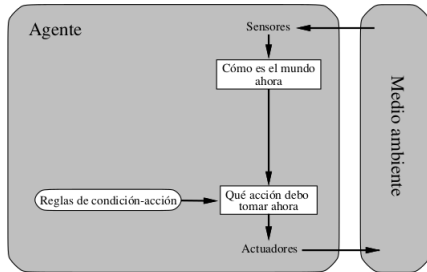
El **problema** de un agente dirigido mediante tabla es el número de búsquedas que debe hacer en la tabla; estas son: $\sum_{t=1}^T |\mathcal{P}|^t$ (\mathcal{P} conjunto de posibles percepciones, T tiempo de vida del agente).

Por ejemplo, en el ajedrez, tenemos que $\sum_{t=1}^T |\mathcal{P}|^t = 10^{150}$.

Agente reactivo simple

Agente reactivo simple

Un agente reactivo simple es un agente que selecciona las acciones en base a la percepción actual, ignorando la historia de percepciones.



Los agentes reactivos simples contienen **reglas de condición-acción**: reglas donde una percepción (condición) activa una acción $X \rightarrow Y$.

Agente reactivo simple

Algorithm Agente reactivo simple

```
1: procedure SIMPLE-REFLEX(percept)
2:   Variables estáticas: reglas de condición-acción
3:   state  $\leftarrow$  INTERPRET-INPUT(percept)
4:   rule  $\leftarrow$  RULE-MATCH(state, rules)
5:   action  $\leftarrow$  rule.ACTION
6:   return action
7: end procedure
```

Un agente reactivo simple funcionará adecuadamente si la decisión correcta puede hacerse en base únicamente a la percepción actual. Esto no pasa en muchos casos.

Agente reactivo basado en modelos

Para salvar las restricciones del agente reactivo simple, se propone un **estado** interno que refleje la historia y los aspectos no observados del estado actual. En particular se busca modelar el mundo/ambiente por medio de:

Modelo de transición

Un modelo de transición busca modelar dos factores: 1)

- 1 el cómo el mundo (ambiente) cambia conforme el paso del tiempo;
- 2 cómo cambia el mundo dependiendo de las acciones del agente.

Modelo de sensor

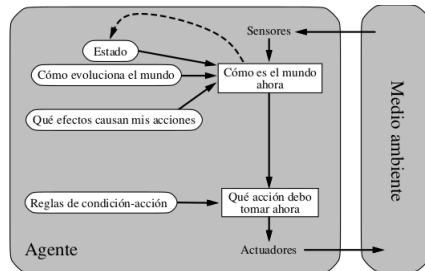
Un modelo de sensor modela el cómo el mundo se refleja en las percepciones del agente.

Agente reactivo basado en modelos

Agente reactivo basado en modelos

Un agente reactivo basado en modelos es un agente que se basa en un modelo del mundo determinado por: 1) un modelo de transición; y 2) un modelo de sensor.

Esta información se guarda en un estado interno, que se modifica por los modelos y la información de la percepción actual.



Agente reactivo basado en modelos

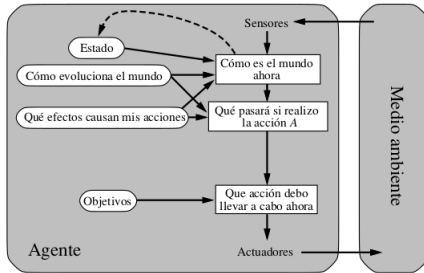
Algorithm Agente reactivo basado en modelos

```
1: procedure MODEL-BASED(percept)
2:   Variables estáticas: state, transition_model, sensor_model, rules, action
3:   state  $\leftarrow$  UPDATE(percept, state, action, transition_model, sensor_model)
4:   rule  $\leftarrow$  RULE-MATCH(state, rules)
5:   action  $\leftarrow$  rule.ACTION
6:   return action
7: end procedure
```

Agente basado en objetivo

Agente basado en objetivo

Una agente basado en objetivo es aquel que cuenta con información de un objetivo que describe la situación que se desea alcanzar con sus acciones.



Un agente basado en objetivos puede combinarse con modelos.

Las áreas del IA dedicadas a alcanzar los objetivos de un agente son **búsqueda** y **planeación**.

Agentes basados en utilidad

Ciertas características como la observabilidad parcial y/o el no determinismo implican decisiones que deben hacerse con incertidumbre. Para esto, se adopta el principio de utilitarismo:

Utilidad

La utilidad indica cuáles acciones son preferibles al comparar los resultados que éstas tienen en el mundo.

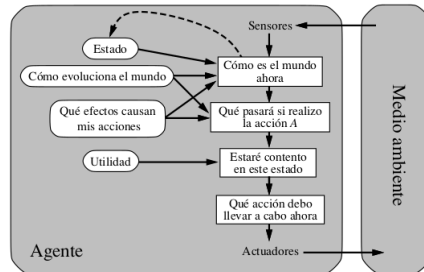
Función de utilidad

Una función de utilidad es una medida de rendimiento que indica la utilidad de las acciones del agente.

Agentes basados en utilidad

Agente basado en utilidad

Un agente basado en utilidad es aquel que, dada una función de utilidad, busca maximizar el valor esperado de esta función.



Agentes que aprende

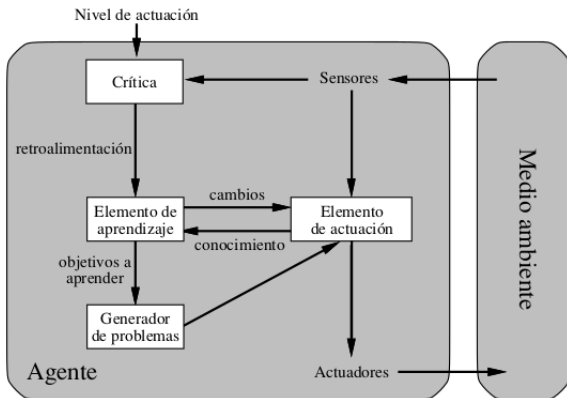
Aprendizaje

Se aprende cuando un agente que opera sobre un entorno desconocido mejora su rendimiento a partir de observar resultados previos de sus acciones y evaluarlos.

El aprendizaje se puede basar en una **recompensa** o **penalización** que generan una respuesta en el comportamiento del agente.

Cualquier tipo de agente (reactivo simple, basado en modelos, basado en objetivos o basado en utilidad) puede incorporar el aprendizaje.

Elementos de agentes que aprenden



Elemento de aprendizaje: Determina cómo actuar en base a la crítica.

Elemento de actuación: Decide la acción (agente).

Crítica: Señala que tan bien está actuando en base al nivel de actuación.

Generador de problemas: Sugiere acciones exploratorias, que permitan mejorar el rendimiento.