
1.4. Agentes en Inteligencia Artificial

1.4.1. Conceptos Básicos

La Inteligencia Artificial involucra agentes que interactúan con un entorno.

- Un agente es aquello que percibe su medio ambiente usando sensores y lo modifica usando efectores [Russell y Norvig, 1995].
- Es una entidad que está ubicada dentro de un medio ambiente y sensa diferentes parámetros que son utilizados para tomar una decisión basada en la meta de la entidad. La entidad ejecuta la acción necesaria sobre el medio ambiente basada en sus decisiones [Ye et al. 2017; Dorri et al. 2018].

1.4.2. Elementos del Agente

- **Entidad:** Un programa o una máquina.
- **Medio ambiente:** El lugar donde el agente está ubicado.
- **Parámetros:** Datos obtenidos del medio ambiente para tomar decisiones.
- **Acción:** Operación ejecutada por el agente que modifica el medio ambiente.

1.4.3. Estructura de un Agente

Un agente de inteligencia artificial está compuesto por dos componentes principales: **Arquitectura** y **Programa**. Ambos trabajan de manera conjunta para permitir que el agente perciba su entorno, procese información y actúe de forma autónoma.

- **Arquitectura:** Es la infraestructura física o virtual que soporta la operación del agente. Sus funciones principales incluyen:
 - **Ejecutar el programa:** Proporciona el entorno necesario para que el algoritmo del agente funcione.
 - **Obtener percepciones:** Capta información del entorno a través de sensores o entradas de datos.
 - **Ejecutar acciones:** Lleva a cabo las decisiones del agente mediante actuadores o salidas, interactuando con el entorno.
- **Programa:** Es el algoritmo que define el comportamiento del agente. Recibe las percepciones obtenidas por la arquitectura y, en función de estas, genera una secuencia de acciones. El programa es el "cerebro" del agente, ya que determina cómo procesa la información y toma decisiones para alcanzar sus objetivos.

1.4.4. Conocimiento del Entorno

Un agente de inteligencia artificial opera dentro de un entorno o medio ambiente, del cual debe obtener información para tomar decisiones efectivas. El conocimiento del entorno puede adquirirse y utilizarse de diversas formas, lo que influye en la capacidad del agente para actuar de manera autónoma y adaptativa.

Formas de Conocer el Entorno

El entorno puede ser conocido por el agente de dos maneras principales:

- **Conocimiento Previo:** El agente cuenta con una representación predefinida del entorno antes de comenzar su actuación. Este conocimiento se basa en información estática o modelos preestablecidos.
- **Conocimiento Sensado:** El agente actualiza o deduce información sobre el entorno en tiempo real a través de percepciones sensoriales (por ejemplo, sensores o entradas de datos). Este enfoque permite adaptarse a cambios dinámicos en el entorno.

Uso del Conocimiento

El conocimiento del entorno puede ser utilizado por el agente de diferentes maneras, dependiendo de su diseño y objetivos:

- **Información Actual:** El agente basa sus decisiones únicamente en la información más reciente obtenida del entorno.
- **Información Histórica:** El agente utiliza un registro de datos pasados para tomar decisiones, lo que le permite identificar patrones o tendencias.
- **Cambios en el Entorno:** El agente monitorea y responde a las variaciones o eventos dinámicos que ocurren en el entorno, adaptando su comportamiento en consecuencia.

1.4.5. Tipos de Agentes

Los agentes de inteligencia artificial pueden clasificarse en diferentes tipos según su diseño y funcionalidad. Cada tipo de agente tiene características específicas que determinan cómo percibe, procesa y actúa en su entorno. A continuación, se describen los principales tipos de agentes, junto con ejemplos que ilustran su funcionamiento.

- **Agente de Reflejo:** Este tipo de agente selecciona acciones basándose únicamente en las percepciones actuales del entorno, utilizando reglas de condición-acción (también conocidas como reglas "si-entonces"). No tiene en cuenta la historia pasada ni planifica acciones futuras, lo que lo hace rápido y eficiente en entornos predecibles. Sin embargo, su falta de memoria lo limita en situaciones complejas o dinámicas.

Ejemplo: Un sistema de control de semáforos que cambia las luces en función de la presencia de vehículos detectados en tiempo real. Si un sensor detecta un coche en una dirección, el semáforo se pone en verde para ese carril.

- **Agente Basado en Metas:** Este agente utiliza información sobre el estado actual del entorno y sus metas u objetivos para planificar acciones. A diferencia del agente de reflejo, no solo reacciona al entorno, sino que también considera secuencias de acciones necesarias para alcanzar un estado deseado. Para ello, aplica técnicas de búsqueda y planeación, lo que lo hace más flexible y adaptable a cambios en las condiciones o metas.

Ejemplo: Un robot aspirador que debe limpiar una habitación. El agente evalúa el estado actual de la habitación (áreas sucias) y planifica una ruta eficiente para cubrir toda el área, evitando obstáculos. Si el entorno cambia (por ejemplo, se mueve un mueble), el agente replanifica su ruta para alcanzar su meta.

- **Agente Basado en Utilidad:** Este agente no solo considera las metas, sino también la eficiencia y los costos asociados a las acciones. Evalúa múltiples secuencias de acciones y selecciona la que maximiza una función de utilidad, que puede incluir factores como tiempo, energía o precisión. Aunque varias secuencias de acciones pueden llevar a la meta, algunas son más útiles que otras (menos costosas, más rápidas o más seguras). La utilidad es una función que relaciona un estado con el grado de satisfacción que proporciona.

Ejemplo: Un sistema de recomendación de rutas en un GPS. El agente evalúa varias rutas posibles (más corta, más rápida, con menos tráfico) y selecciona la que mejor se adapta a las preferencias del usuario, maximizando la utilidad en función de los criterios establecidos.

- **Agente Aprendiz:** Este agente tiene la capacidad de mejorar su comportamiento con el tiempo, interactuando con el entorno y observando su propio desempeño. Utiliza técnicas de aprendizaje automático para adaptarse a nuevas situaciones y optimizar sus acciones. Aprende de manera inductiva, tanto del mundo exterior como de sus propios procesos de toma de decisiones, lo que le permite mejorar continuamente.

Ejemplo: Un sistema de reconocimiento de voz que mejora su precisión a medida que el usuario corrige errores o proporciona retroalimentación. Con el tiempo, el agente aprende a reconocer mejor las palabras y acentos del usuario, adaptándose a sus preferencias y patrones de habla.

1.4.6. Propiedades del Entorno

El entorno en el que opera un agente de inteligencia artificial puede caracterizarse por diversas propiedades que influyen en su diseño y comportamiento. Estas propiedades ayudan a determinar cómo el agente percibe, procesa y actúa en su entorno. A continuación, se describen las principales propiedades, incluyendo un nuevo enfoque basado en la naturaleza de los datos sensados.

- **Accesibilidad:** Hace referencia a la cantidad de información que el agente puede obtener sobre el entorno.

- **Completo:** El agente tiene acceso a toda la información relevante del entorno en todo momento.
- **Parcial:** El agente solo tiene acceso a una parte de la información del entorno.
- **Inaccesible:** El agente no tiene acceso directo a la información del entorno y debe inferirla o estimarla.

Ejemplo: En un juego de ajedrez, el entorno es completamente accesible porque el agente puede ver todo el tablero. En cambio, en un sistema de conducción autónoma, el entorno es parcialmente accesible debido a limitaciones en los sensores.

- **Determinismo:** Indica si el entorno es predecible o impredecible.

- **Determinista:** El estado futuro del entorno depende únicamente del estado actual y de las acciones del agente. No hay incertidumbre.
- **Estocástico:** El estado futuro del entorno tiene un componente aleatorio, lo que introduce incertidumbre.

Ejemplo: Un entorno determinista es un laberinto con reglas fijas, mientras que un entorno estocástico es el clima, que puede cambiar de manera impredecible.

- **Naturaleza de los datos:** Clasifica el entorno según cómo cambia la información a lo largo del tiempo.

- **Estático:** El entorno no cambia mientras el agente está tomando decisiones.
- **Dinámico:** El entorno puede cambiar independientemente de las acciones del agente.

Ejemplo: Un entorno estático es una partida de ajedrez, donde el tablero no cambia a menos que el agente actúe. Un entorno dinámico es el tráfico en una ciudad, donde otros vehículos se mueven constantemente.

- **Dependencia:** Define si las acciones del agente están relacionadas entre sí o son independientes.

- **Episódico:** Las acciones del agente se dividen en episodios independientes, donde cada decisión no afecta a las siguientes.
- **No episódico:** Las acciones del agente tienen consecuencias a largo plazo y afectan decisiones futuras.

Ejemplo: Un entorno episódico es un sistema de reconocimiento de imágenes, donde cada imagen se procesa de manera independiente. Un entorno no episódico es un sistema de control de inventarios, donde las decisiones actuales afectan el stock futuro.

- **Naturaleza de los datos sensados:** Clasifica el entorno según el tipo de datos que el agente recibe a través de sus sensores.

- **Continuos:** Los datos sensados varían de manera continua en el tiempo, requiriendo un procesamiento en tiempo real.
- **Discretos:** Los datos sensados son valores discretos o eventos específicos que ocurren en momentos determinados.

Ejemplo: Un entorno con datos continuos es un sistema de monitoreo de temperatura, donde los sensores capturan valores en tiempo real. Un entorno con datos discretos es un sistema de detección de intrusos, donde los eventos (como una puerta abierta) ocurren en momentos específicos.

1.4.7. Características Deseables de un Agente

Un agente de inteligencia artificial ideal debe poseer ciertas características que le permitan operar de manera efectiva en su entorno. Estas características no solo mejoran su desempeño individual, sino que también facilitan su interacción con otros agentes y sistemas. A continuación, se describen las principales características deseables:

- **Sociabilidad:** Un agente sociable es capaz de compartir conocimiento e información con otros agentes, lo que permite la colaboración y el trabajo en equipo. Esta característica es esencial en entornos donde múltiples agentes deben coordinar sus acciones para alcanzar un objetivo común.

Ejemplo: En un sistema de gestión de tráfico aéreo, los agentes que controlan los aviones comparten información sobre su posición y ruta para evitar colisiones y optimizar el flujo de tráfico.

- **Proactividad:** Un agente proactivo no solo reacciona a su entorno, sino que también utiliza su experiencia y conocimiento para anticipar situaciones futuras y planificar acciones con anticipación. Esto le permite ser más eficiente y adaptarse a cambios en el entorno.

Ejemplo: Un agente de predicción del clima analiza patrones históricos y datos actuales para predecir tormentas y alertar con anticipación a las autoridades.

- **Autonomía:** Un agente autónomo es capaz de tomar decisiones y ejecutar acciones de forma independiente, sin necesidad de intervención humana constante. Esto implica que el agente tiene control sobre su estado interno y puede operar en entornos dinámicos y complejos.

Ejemplo: Un robot de entrega autónoma en un almacén decide la ruta más eficiente para entregar paquetes sin supervisión humana.

1.4.8. Sistema Multi-Agente

Un sistema multi-agente (SMA) es un conjunto de agentes autónomos que interactúan entre sí para resolver problemas que un solo agente no podría abordar de manera efectiva. Estos sistemas se caracterizan por su capacidad para distribuir tareas, compartir información y coordinar acciones de manera descentralizada. A continuación, se describen sus principales características:

- **Interacción entre agentes:** Los agentes en un SMA interactúan entre sí utilizando protocolos y lenguajes de comunicación de alto nivel, como el lenguaje FIPA-ACL (Agent

Communication Language). Esta interacción permite el intercambio de información, la coordinación de acciones y la resolución conjunta de problemas.

Ejemplo: En un sistema de gestión de tráfico, los agentes que controlan semáforos y vehículos comparten información en tiempo real para optimizar el flujo de tráfico y reducir congestiones.

- **Resolución de problemas complejos:** Los SMA son especialmente útiles para resolver problemas que requieren la colaboración de múltiples agentes con capacidades complementarias. Cada agente tiene ciertas habilidades específicas, y al trabajar juntos, pueden abordar tareas que serían imposibles para un solo agente.

Ejemplo: En un sistema de logística, un agente puede encargarse del transporte, mientras otro gestiona el inventario y un tercero optimiza las rutas de entrega.

- **Descentralización:** En un SMA, los datos y el control no están centralizados. Cada agente tiene sus propias capacidades y toma decisiones de manera independiente, lo que aumenta la robustez y escalabilidad del sistema. Esta descentralización permite que el sistema siga funcionando incluso si uno o varios agentes fallan.

Ejemplo: En una red de sensores ambientales, cada sensor (agente) recopila y procesa datos localmente, enviando solo la información relevante a un nodo central.

- **Operación asíncrona:** Los agentes en un SMA operan de manera asíncrona, lo que significa que no necesitan estar sincronizados para realizar sus tareas. Esto permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en entornos dinámicos, donde los agentes pueden actuar en momentos diferentes según su disponibilidad y necesidades.

Ejemplo: En un sistema de comercio electrónico, los agentes que representan a compradores y vendedores pueden realizar transacciones en cualquier momento, sin necesidad de coordinación previa.

- **Caso de estudio: RoboCup:** Un ejemplo emblemático de sistemas multi-agente es la competencia RoboCup, donde equipos de robots autónomos compiten en partidos de fútbol. Cada robot (agente) tiene capacidades específicas, como moverse, pasar el balón o defender, y deben interactuar entre sí para lograr un objetivo común: ganar el partido.

- Los robots utilizan protocolos de comunicación para coordinar sus movimientos y estrategias.
- El sistema es descentralizado, ya que cada robot toma decisiones basadas en su percepción del entorno.
- La operación es asíncrona, ya que los robots actúan en tiempo real según las condiciones del juego.

RoboCup no solo es un desafío técnico, sino también un campo de investigación para avanzar en la coordinación, cooperación y toma de decisiones en sistemas multi-agente.

1.4.9. Características de los Sistemas Multi-Agente

Los sistemas multi-agente (SMA) se distinguen por su capacidad para coordinar, cooperar y negociar entre los agentes que los componen. Estas características permiten que los SMA sean altamente eficientes y adaptables en la resolución de problemas complejos. A continuación, se describen las principales características:

- **Cooperación:** En un SMA, los agentes trabajan juntos para alcanzar una meta común. Cada agente ejecuta acciones que, en conjunto, contribuyen al éxito del sistema.

Ejemplo: En un equipo de robots de rescate, cada robot realiza tareas específicas (buscar sobrevivientes, transportar suministros) para lograr el objetivo común de salvar vidas.

- **Negociación:** Cuando las acciones de un agente afectan el desempeño de otro, los agentes pueden negociar para establecer criterios que permitan alcanzar la meta de manera justa y eficiente.

Ejemplo: En un sistema de subastas en línea, los agentes que representan a compradores y vendedores negocian precios para llegar a un acuerdo mutuamente beneficioso.

- **Coordinación:** La coordinación implica la planificación y sincronización de las acciones de los agentes para mejorar la eficiencia del sistema. Esto es especialmente importante en entornos donde las tareas están interrelacionadas.

Ejemplo: En un sistema de transporte público, los agentes que controlan los autobuses y trenes coordinan horarios y rutas para minimizar los tiempos de espera y maximizar la cobertura.