

# T3. COMUNICACIÓN EN SISTEMAS MULTIAG.

AGENTES Y SISTEMAS MULTIAGENTE

*Fidel Aznar Gregori*

---

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

# INDICE

- Comprendiendo a los demás
- Ontologías
- Actos de comunicación
- Lenguajes de comunicación
- FIPA
- Protocolos FIPA

# COMPRENDIENDO A LOS DEMÁS

- En comunicación, necesitamos términos comunes para describir dominios.
  - Un agente podría comprar un artículo de otro agente; ambigüedades: ¿'tamaño', 'pulgada', 'centímetro'...?
- Una ontología proporciona una base común de entendimiento.
- Los agentes necesitan intercambiar información para tomar decisiones y alcanzar sus objetivos.
- Existen diferentes aspectos a tener en cuenta al diseñar un sistema de comunicación entre agentes.

# ONTOLOGÍAS

- Las ontologías son una forma de representar el conocimiento compartido entre los agentes.
- Permiten establecer una terminología común y definir relaciones entre conceptos.
- Ayudan a asegurar que los agentes tengan una comprensión compartida de los mensajes que intercambian.

# ¿QUÉ ES UNA ONTOLOGÍA? (I)

- Una definición formal de un cuerpo de conocimiento.
- Comúnmente contiene un componente estructural
  - Una taxonomía de clases y relaciones de subclases, junto con definiciones de las relaciones entre estas.
- Muchas ontologías actuales surgen del interés en la web semántica.

# EJEMPLO DE ONTOLOGÍA (PRODUCTOS)

- Clases:
  - Producto
  - ProductoElectrónico (subclase de Producto)
  - ProductoAlimenticio (subclase de Producto)
- Propiedades:
  - nombre (tipo: string)
  - precio (tipo: float)
  - categoría (tipo: string)
  - descripción (tipo: string)
  - proveedor (tipo: string)

# ¿NO ES UNA BASE DE DATOS? (I)

- Tabla: Productos
  - Columnas:
    - nombre (tipo: varchar(100))
    - precio (tipo: decimal(10,2))
    - categoria (tipo: varchar(50))
    - descripcion (tipo: text)
    - proveedor (tipo: varchar(100))



# ¿NO ES UNA BASE DE DATOS? (II)

*Una ontología captura la semántica y las relaciones en el dominio, mientras que la descripción de campos en la base de datos se centra en la estructura y los tipos de datos básicos necesarios para almacenar los datos.*



# ¿NO ES UNA BASE DE DATOS? (III)

- Una ontología y una descripción de campos en una base de datos son dos enfoques diferentes para representar información
- Tienen diferencias significativas en términos de estructura y propósito:
  - **Propósito y enfoque**
  - **Complejidad y expresividad**
  - **Interoperabilidad y reutilización**
  - **Razonamiento y consultas semánticas**

# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (I)

Una ontología consta de varias partes que trabajan juntas para capturar el conocimiento y la estructura de un dominio específico. Las partes principales son:

1. Clases y Jerarquías de Clases
2. Instancias
3. Propiedades
4. Restricciones
5. Reglas
6. Axiomas

# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (II)

## CLASES, JERARQUÍA E INSTANCIAS

- Representan los diferentes tipos de objetos en un dominio.
- Las clases pueden estar relacionadas entre sí mediante jerarquías de clases, que establecen relaciones de subclase y superclase.
- Una instancia es un objeto de la clase

# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (III)

## PROPIEDADES

- Definen atributos o relaciones entre las clases en una ontología.
- Pueden tener un dominio (la clase a la que se aplica la propiedad) y un rango (el tipo de valor que puede tener la propiedad).
- Tipos de propiedades:
  - Instancia: describen características específicas de un objeto.
  - Relación: establecen relaciones entre objetos.

# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (III)

## PROPIEDADES



### Ejemplo

- Propiedad de instancia: `nombre` (dominio: `Animal`, rango: `string`)
- Propiedad de relación: `tieneHabitat` (dominio: `Animal`, rango: `Habitat`)

# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (IV)

## RESTRICCIONES

- Imponen condiciones o reglas sobre las clases y las propiedades en una ontología.
- Estas restricciones pueden incluir restricciones de cardinalidad, restricciones de rango, restricciones de valor permitido, entre otras.



### Ejemplo

Restricción de cardinalidad: cada Animal tiene exactamente un nombre.

# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (V)

## REGLAS

- Las reglas permiten definir lógica o inferencias adicionales en una ontología.
- Pueden ser reglas lógicas o reglas basadas en la semántica de los conceptos y relaciones en el dominio.



Ejemplo:

- Regla lógica: Si un Animal es un Mamífero, entonces es un Vertebrado.



# PARTES DE UNA ONTOLOGÍA (VI)

## AXIOMAS EN UNA ONTOLOGÍA

- Los axiomas son declaraciones que establecen verdades fundamentales o asunciones en una ontología (partes anteriores).
- Proporcionan información adicional y restricciones sobre las clases, propiedades y relaciones en el dominio.
- Los axiomas pueden ser de diferentes tipos: equivalencia, herencia y restricción

# ACTOS DE COMUNICACIÓN (I)

- Las ontologías nos proporcionan un marco semántico común, indispensable para la comunicación
- ¿Cómo hacer el intercambio de mensajes entre agentes?
- Los actos de comunicación son una forma de estructurar los mensajes que los agentes intercambian.
- Ejemplos de actos de comunicación incluyen "solicitud", "informe", "confirmación", "negociación", etc.

# ACTOS DE COMUNICACIÓN (II)

- Las ontologías pueden incluir actos de comunicación
- Estas definiciones permiten que los agentes comprendan el propósito y la intención detrás de los mensajes y puedan participar en negociaciones y coordinación de acciones.
- Al utilizar la ontología para interpretar los actos de comunicación, los agentes pueden tomar decisiones basadas en la semántica subyacente y coordinar sus acciones de manera más efectiva.

# ACTOS DE COMUNICACIÓN (III)

- Def: trans. de información o conocimiento entre agentes mediante el intercambio de mensajes.
- Tiene lugar entre dos o más agentes con el propósito T/R información específica.
- Son esenciales para la colaboración y la coordinación entre agentes inteligentes:
  - Permiten intercambiar información relevante
  - Sincronizar sus acciones
  - Lograr objetivos comunes.
- Suelen estar definidos dentro de un protocolo de comunicación.

# ACTOS DE COMUNICACIÓN (III)

Algunos ejemplos de actos de comunicación en agentes inteligentes incluyen:

- solicitar información
- ofrecer recursos
- notificar eventos
- coordinar acciones conjuntas
- hacer preguntas
- responder consultas...

# LENGUAJES DE COMUNICACIÓN (I)

- Los lenguajes de comunicación son un conjunto de reglas que los agentes utilizan para comunicarse entre sí.
- Ejemplos de lenguajes de comunicación incluyen KQML, ACL, FIPA-SL, XML-RPC....
- Los lenguajes de comunicación especifican cómo se estructuran los mensajes y qué significan los diferentes actos de comunicación.



# LENGUAJES DE COMUNICACIÓN (II)

- La ontología y el lenguaje de comunicación se complementan entre sí en la comunicación entre agentes inteligentes:
  - Ontología: proporciona una estructura semántica común y definiciones de conceptos,
  - Lenguaje de comunicación: establece las reglas y el formato para el intercambio de mensajes.
- Juntos, permiten la interoperabilidad semántica, la comunicación precisa y la comprensión compartida entre los agentes.



# KQML

- KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) es un lenguaje de comunicación utilizado en sistemas multiagente.
- Fue desarrollado en los años 90 y sigue siendo utilizado en algunos sistemas hoy en día.
- KQML define una sintaxis para los mensajes y una serie de actos de comunicación predefinidos.
- En el lenguaje KQML, se utilizan mensajes estructurados para realizar consultas y manipular el conocimiento entre agentes

# EJEMPLO DE USO DEL LENGUAJE KQML (I)

- En este ejemplo, el Agente A envía una consulta al Agente B utilizando el mensaje ( Send . . . ).
- La consulta se realiza mediante la acción ask-one con un predicado específico y un argumento.
- A continuación, el Agente B responde a la consulta de Agente A con un mensaje ( Tell . . . ). La respuesta contiene un resultado y referencia al mensaje original de la consulta.

# EJEMPLO DE USO DEL LENGUAJE KQML (II)

1. Agente A envía una consulta a Agente B:

```
(Send
  :receiver AgentB
  :content (ask-one
    :receiver all
    :content (predicate "p" :arg1 "x"))))
```

2. Agente B responde a la consulta de Agente A:

```
(Tell
  :sender AgentB
  :content (result
    :in-reply-to (ask-one :receiver all :content
      (predicate "p" :arg1 "x"))
    :content "Yes"))
```

# EJEMPLO DE USO DEL LENGUAJE KQML (III)

- En la práctica, se pueden utilizar diversos tipos de mensajes y acciones para realizar consultas más complejas y manipular el conocimiento entre agentes.
- KQML es un lenguaje de comunicación específico: los agentes involucrados deben entender y procesar los mensajes en formato KQML.

# ACL

- ACL (Agent Communication Language) es otro lenguaje de comunicación utilizado en sistemas multiagente.
- Es una extensión de KQML que incluye un conjunto más amplio de actos de comunicación y un mecanismo de protocolo más sofisticado.
- FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) es una organización que ha desarrollado un conjunto de protocolos de comunicación basados en ACL.

# EJEMPLO DE USO DEL LENGUAJE ACL

## 1. Agente A envía una petición a Agente B:

```
(REQUEST
  :sender (agent-identifier :name AgenteA :addresses
    (sequence AgenteA-address))
  :receiver (set (agent-identifier :name AgenteB :addresses
    (sequence AgenteB-address)))
  :content "¿Estado del sistema?")
```

## 2. Agente B responde a la petición de Agente A:

```
(INFORM
  :sender (agent-identifier :name AgenteB :addresses
    (sequence AgenteB-address))
  :receiver (set (agent-identifier :name AgenteA
    :addresses (sequence AgenteA-address)))
  :content "El sistema está funcionando OK")
```

# OTROS LENGUAJES DE COM. ENTRE AG. (I)

- Campo en constante evolución
  - Lenguajes específicos de comunicación entre agentes
  - Lenguajes generales:
    - **Semantic Web Languages:** RDF (Resource Desc. Framework), OWL (Web Ontology Language) y SPARQL
    - **JSON-LD (JSON for Linked Data):** Ext. de JSON que permite la representación de datos enlazados semánticamente.



# OTROS LENGUAJES DE COM. ENTRE AG. (II)

- Lenguajes generales:
  - **gRPC (Google Remote Procedure Call):** gRPC es un framework de comunicación de alto rendimiento desarrollado por Google.
  - **Protocolos basados en HTTP y REST:** Muchos agentes inteligentes están utilizando protocolos basados en HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y REST (Representational State Transfer) para la comunicación.

# FIPA (FOUNDATION FOR INTELLIGENT PHYSICAL AGENTS)

- Organización internacional dedicada a promover y estandarizar tecnologías relacionadas con Ag. I.
- Fue establecida en 1996 y está compuesta por expertos de la academia, la industria y otras organizaciones interesadas.
- FIPA se centra en el desarrollo de estándares y especificaciones para facilitar la interoperabilidad y el intercambio de información entre agentes inteligentes.

# FIPA (II)

1. Estándares y especificaciones: FIPA desarrolla estándares y especificaciones técnicas que establecen un marco común
2. Interoperabilidad: Los estándares de FIPA permiten que los agentes inteligentes de diferentes plataformas y sistemas se comuniquen y colaboren entre sí de manera efectiva.
3. Fue una organización clave en la promoción y estandarización de tecnologías (global e industrial) relacionadas con agentes inteligentes

# FIPA (III)

- FIPA dejó de operar en 2009
- Sin embargo, su legado y contribuciones siguen teniendo una influencia significativa en el campo de los agentes inteligentes. A continuación, se destacan algunas razones por las que FIPA sigue siendo importante:
  1. Estándares y especificaciones establecidos
  2. Conceptos y enfoques clave
  3. Influencia en investigaciones y desarrollos posteriores
  4. Comunidad y red de expertos

# PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DE FIPA

- FIPA ha desarrollado un conjunto de protocolos de comunicación para facilitar la comunicación entre agentes.
- Cada protocolo define un conjunto de actos de comunicación y un mecanismo de intercambio de mensajes específico.
- Ejemplos de protocolos de FIPA incluyen el protocolo de solicitud-propuesta y el protocolo de suscripción-información...

Protocolo	Descripción
FIPA-ACL	Intercambio de mensajes entre agentes
FIPA-AMS	Administración de servicios para registrar, buscar y obtener información de servicios
FIPA-Request	Protocolo para enviar solicitudes de acción y obtener resultados
FIPA-Query	Protocolo para enviar consultas y obtener resultados
FIPA-Subscribe	Protocolo para suscribirse y recibir notificaciones de eventos



Protocolo	Descripción
FIPA-Propose	Protocolo para proponer soluciones a un problema
FIPA-Contract-Net	Protocolo para asignar tareas a los agentes y obtener el resultado
FIPA-Iterated-Contract-Net	Extensión del protocolo FIPA-Contract-Net para varias rondas de negociación



Protocolo	Descripción
FIPA-Request-When	Protocolo para enviar una solicitud condicional
FIPA-Query-If	Protocolo para enviar una consulta condicional
FIPA-Brokerage	Protocolo para coordinar interacciones complejas entre agentes

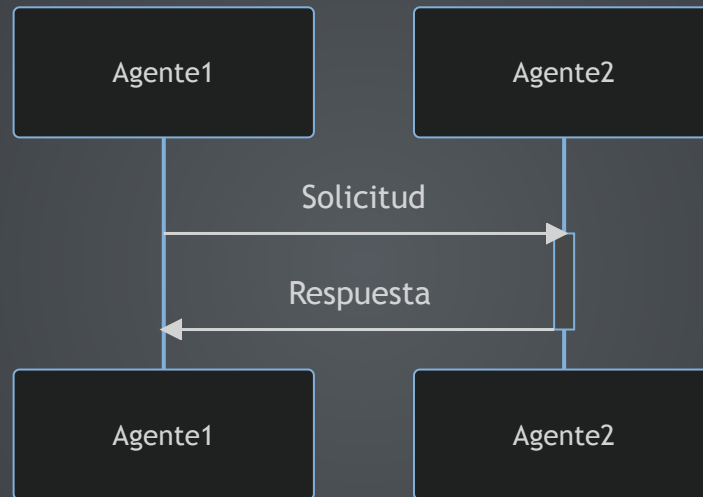
Protocolo	Descripción
FIPA-Agent-Mngt	Protocolo para administrar el ciclo de vida de los agentes
FIPA-Subscribe-Interaction	Extensión del protocolo FIPA-Subscribe para interactuar con el agente emisor de la notificación
FIPA-Recruiting	Protocolo para reclutar agentes que satisfagan un conjunto de requisitos

Protocolo	Descripción
FIPA-Proxy	Protocolo para delegar solicitudes a agentes intermediarios
FIPA-Security	Protocolo para asegurar la confidencialidad, integridad y autenticidad de los mensajes
FIPA-Trace	Protocolo para permitir el rastreo de mensajes a través de la plataforma JADE
FIPA-Location-Service	Protocolo para descubrir la ubicación de los agentes y servicios en la plataforma JADE

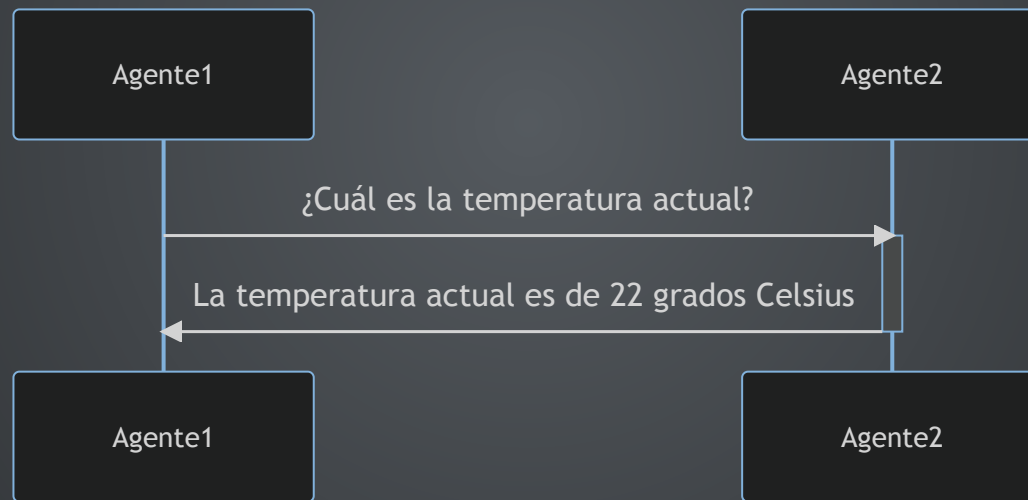
# EJEMPLOS DE PROTOCOLOS

## PROTOCOLO DE SOLICITUD-PROPUESTA

- El protocolo de solicitud-propuesta: un agente solicite una tarea a otro agente y reciba una propuesta de cómo se realizará la tarea.
- El agente solicitante envía un mensaje "solicitud" que incluye los detalles de la tarea que se está solicitando.
- El agente que recibe la solicitud envía un mensaje "propuesta" que incluye una oferta para realizar la tarea y los detalles de cómo se llevará a cabo.



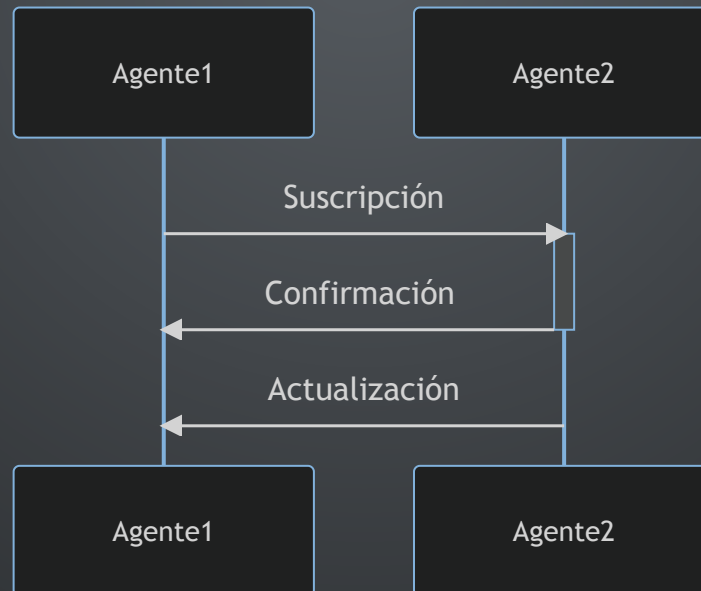
# Ejemplo: comunicación entre dos agentes que buscan intercambiar información sobre el clima:



# EJEMPLOS DE PROTOCOLOS

## PROTOCOLO DE SUSCRIPCIÓN-INFORMACIÓN

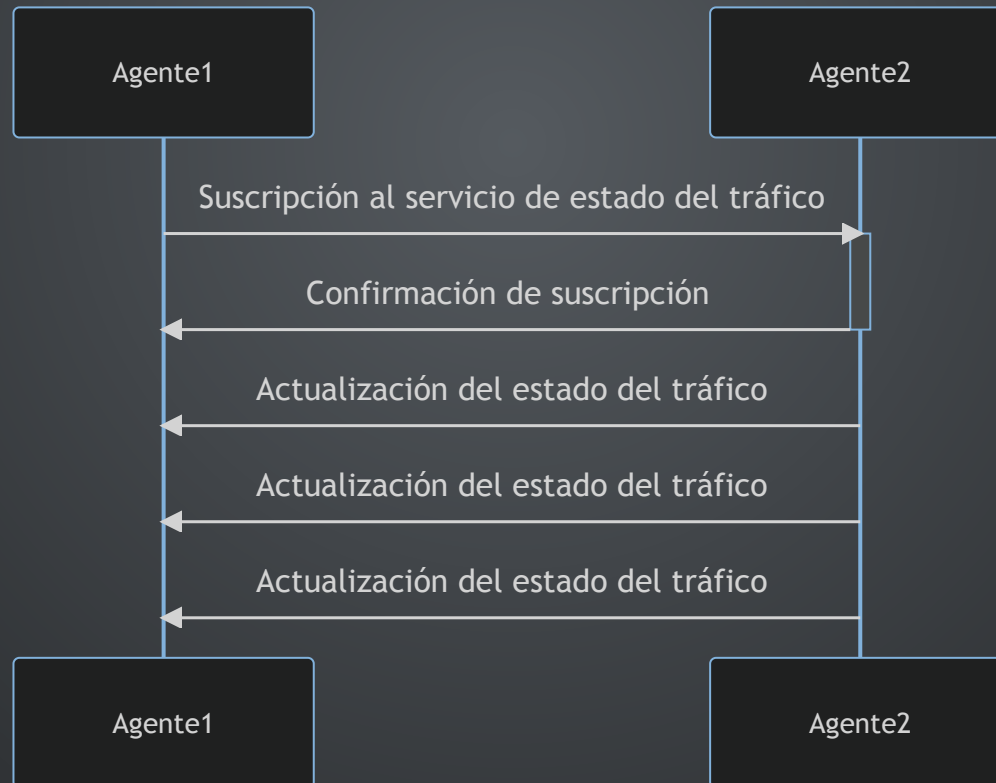
- Un agente se suscriba a una fuente de información y reciba actualizaciones cuando la información cambia





# EJEMPLO:

Dos agentes intercambian información sobre el estado del tráfico en tiempo real:



# PROTOSCOLOS DE COMUNICACIÓN FIPA

- Los protocolos de comunicación de la FIPA son marcos y especificaciones que establecen reglas y procedimientos para la interacción entre agentes.
- Estos protocolos definen el formato, la secuencia y el contenido de los mensajes intercambiados entre agentes.
- Proporcionan una estructura estándar y consistente para la comunicación, permitiendo la coordinación y colaboración efectiva entre agentes.

# ACTOS DE COMUNICACIÓN EN LOS PROTOCOLOS FIPA

- Dentro de un protocolo de comunicación de la FIPA, los agentes pueden realizar diferentes actos de comunicación.
- Estos actos incluyen solicitar información, realizar propuestas, aceptar o rechazar ofertas, notificar eventos, entre otros.
- Los agentes llevan a cabo estos actos utilizando los mensajes y las reglas definidas en el protocolo.