

Sistemas Multi-Agentes

Intencionalidad

Dr. Alejandro Guerra-Hernández

Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial
Universidad Veracruzana

*Campus Sur, Calle Paseo Lote II, Sección Segunda No 112,
Nuevo Xalapa, Xalapa, Ver., México 91097*

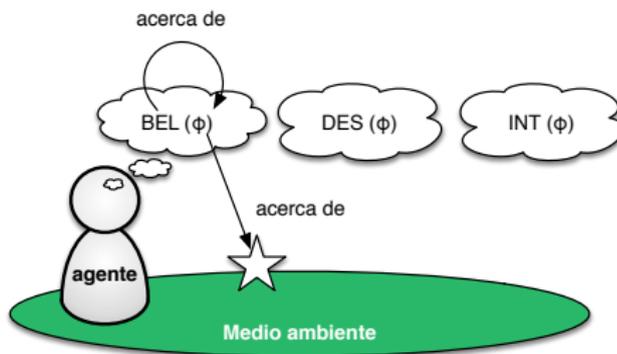
mailto:aguerra@uv.mx
<https://www.uv.mx/personal/aguerra/sma>

Maestría en Inteligencia Artificial 2024



Agencia débil y fuerte

- ▶ Así como tenemos versiones de la IA fuerte y débil, tenemos dos versiones de agencia:
 - Agencia débil.** Basada en el comportamiento autónomo y flexible.
 - Agencia fuerte.** Basada en la Intencionalidad.



Una nota sobre notación

- ▶ En lo que sigue usaremos *intención*, y derivados, como sigue:
 - Intención.** Uso técnico como un estado mental que es acerca de algo, *p. ej.*, las creencias son una Intención.
 - intención.** Uso común, denota un estado mental Intencional, *p. ej.*, Juan tiene la intención de titularse.
 - intencionalmente.** Uso común, califica una acción, *p. ej.*, Mintió intencionalmente.
- ▶ Cuidado con:
 - intensión.** Opuesto a extensión, *p. ej.*, la definición intensional de par:

$$\{x \mid x \in \mathbb{N}^+ \wedge x \bmod 2 = 0\}$$



Representación, razonamiento y comunicación

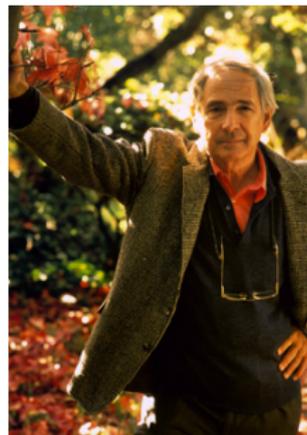
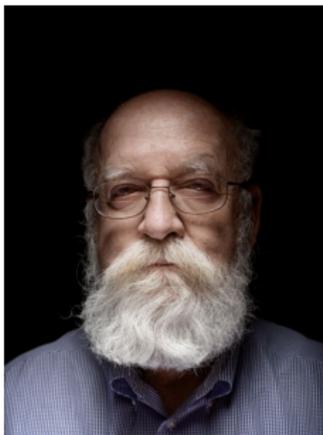
Postura Intencional Dennett [5]: ¿Cómo interpretar el comportamiento de los demás, asumiendo racionalidad y **representación** Intencional.

Razonamiento práctico Bratman [2]: ¿Cómo es el **razonamiento** llevado a cabo para formar, revisar y abandonar nuestras intenciones?

Actos de habla Searle [23]: ¿Qué intención tiene un agente racional al **comunicarse**? ¿Qué relación hay entre sus estado Intencionales y sus mensajes? ¿Cómo se debe responder a estos?



Dennett, Bratman y Searle

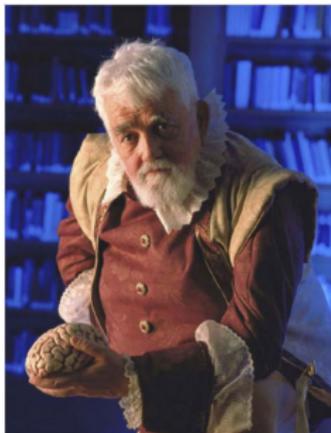


Intencionalidad y Computación

- ▶ Argumentos a favor de describir, implementar y razonar acerca de nuestros sistemas de cómputo como **Sistemas Intencionales**:
 - ▶ McCarthy [17]. Atribuir estados mentales a agentes.
 - ▶ Shoham [24]. Programación Orientada a Agentes.
 - ▶ Singh [25]. SMA basados en Intenciones, saber-cómo y comunicación.



McCarthy, Shoham y Singh



Universidad Veracruzana

Una primer aproximación

- ▶ Muchos de nuestros **estados mentales** están **dirigidos** (son acerca de) a objetos o asuntos del mundo.
Ej. Mi **creencia** de que hoy es martes, es **acerca** del día de hoy.
- ▶ Esta característica de nuestros estados mentales se conoce como **Intencionalidad**.



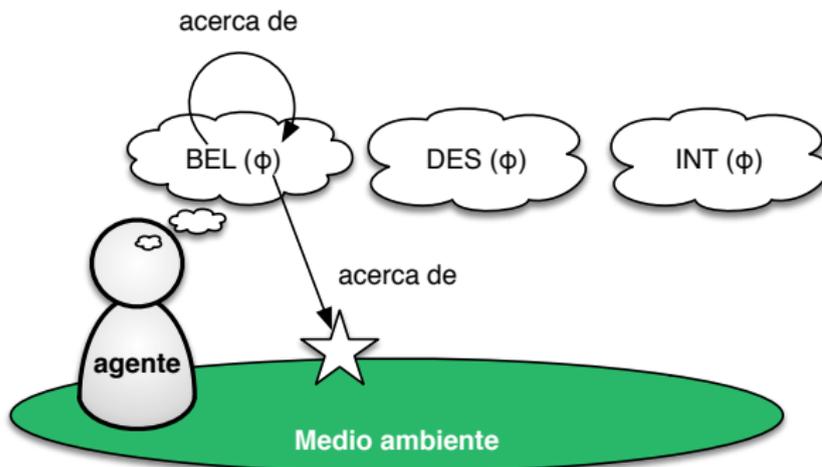
Actitudes Proposicionales

- ▶ Tienen la siguiente **estructura**:
 - ▶ Una **actitud**, p. ej., creer, desear, intentar, etc., que opera sobre
 - ▶ Un **contenido** representado como una proposición.
- ▶ Son representaciones de **segundo orden**, i.e., representaciones de representaciones.
- ▶ Ej. Intento que las clases terminen el 6 de junio.



Gráficamente

- ▶ ϕ es la proposición **la estrella es blanca**.



Sistemas Intencionales

- ▶ Son todas y sólo aquellas entidades cuyo comportamiento puede ser **explicado**, al menos algunas veces, asumiendo una postura Intencional.
- ▶ Una entidad es Intencional a los ojos de un **observador**.
Ej. Soy yo el que adopta una postura intencional para entender a mi perro, si lo consigo, puedo decir que mi perro es un sistema intencional. Lo mismo para un agente artificial.

Postura Intencional

- ▶ Es una **estrategia** para interpretar el comportamiento de una persona, animal u artefacto, asumiendo que:
 - ▶ Se trata de un **agente racional** que
 - ▶ Decide qué hacer tomando en cuenta sus **actitudes proposicionales**.
- Ej. Deep Blue moverá su reina porque intenta que yo crea que amenaza mi caballo, pero atacará al alfil.



Estrategia de Diseño

- ▶ Se basa en la noción de **función** y diseño **óptimo**.
Ej. Si uno conoce el programa: Moverá su reina porque una búsqueda minimax de profundidad n , indica que ese movimiento tenía una utilidad máxima de 96.
- ▶ Se puede dar a diferentes **nivel de abstracción**:
 - ▶ La búsqueda minimax.
 - ▶ El programa compilado.
 - ▶ La máquina que ejecuta el programa, etc.

Estrategia Física

- ▶ Se basa en el estado físico de la entidad y se logra aplicando nuestros conocimientos, los que sean, de las **leyes naturales**.
- ▶ **Ej.** Si le deajo caer una enorme roca, Deep Blue no me ganará. Muajaja.



Accesibilidad vía racionalidad como desempeño óptimo

- ▶ Se puede usar cuando las explicaciones físicas y de diseño son **inaccesibles**, p. ej., Deep blue jugando ajedrez.
- ▶ Esto es posible asumiendo **diseño óptimo** como una forma de **racionalidad**:
 - ▶ No solo Deep Blue funcionará como fue diseñada; sino que
 - ▶ Su diseño es **óptimo** y elegirá el movimiento más **racional**.
- ▶ Racionalidad en términos de **desempeño**.
- ▶ Se trata de una racionalidad **acotada**.

Fragilidad de las predicciones

- ▶ Son relativas a postulados sobre metas, restricciones e información que **atribuimos** al sistema interpretado.
- ▶ Asumen **optimización** bajo criterios que no siempre nos son accesibles
- ▶ Son vulnerables a **falsificaciones** indetectables.
Ej. El mal funcionamiento de los sistemas interpretados ó un mal diseño.
- ▶ Su éxito se basa en que sus predicciones sean ciertas con la suficiente **regularidad**, como para que el método sea **práctico**.



Pragmatismo

- ▶ Adoptar la postura intencional es una decisión **pragmática**, i.e., no es intrínsecamente correcta o incorrecta.
- ▶ Depende de mi rol ante la entidad que quiero interpretar.
Ej. Roles y estrategias ante Deep Blue:

Rol	Estrategia	Supuestos
Oponente	Intencional	Racionalidad
Programador	Diseño	Funcional
Reparador	Física	Leyes Naturales



¿Tiene creencias mi agente?

- ▶ **No es** la pregunta adecuada, recuerden que soy yo quien **atribuye** estas actitudes proposicionales.
- ▶ Sin embargo, hay que cuidar que los estados Intencionales sean **consistentes epistemológicamente**.

Ej. Las creencias no son equiparables al simple almacenamiento en la computadora. En todo caso, tener creencias es equiparable a poseer información en el sentido que esa información se usa para **decidir** qué hacer.



¿Es mi agente como nosotros?

- ▶ No implica que consideremos **equivalente** nuestra interacción con la computadora que juega ajedrez, mi perro y mis alumnos.
- ▶ Hay un **antropomorfismo** inevitable aunque conceptualmente inocente, que no impone creencias comunes con los sistemas interpretados, sino categorías como **racionalidad**, **percepción** y **acción**.
- ▶ En todo caso, en virtud de la racionalidad, algunos estados Intencionales parecerían compartidos, p. ej., nuestra creencia en las **verdades lógicas** y la normal ausencia de un deseo por **auto-destruirse**.



Escala de Intencionalidad / Inteligencia

- Primer orden.** Sistemas Intencionales con creencias, deseos y otras actitudes proposicionales.
- Segundo orden.** Sistemas Intencionales con creencias, deseos y otras actitudes proposicionales y creencias y deseos acerca de sus propias creencias y deseos.
- Orden $n > 2$.** La jerarquía de intencionalidad puede extenderse tanto como sea necesario.
Ej. Yo creo que Dennett cree que ustedes no creen que él cree lo que yo creo. ¿Le creemos a Dennett?

Teorías Intencionales del Comportamiento

- ▶ Las explicaciones Intencionales constituyen una **teoría del comportamiento** del sistema interpretado.
- ▶ Nuestras explicaciones y predicciones sobre el comportamiento de animales y humanos basadas en el **sentido común**, son Intencionales. Asumimos racionalidad.
- ▶ **Ej.** No esperamos que nuestros nuevos conocidos se comporten irracionalmente, y si lo hacen y nuestras predicciones resultan falsas, antes de cuestionar el principio de racionalidad, **revisamos** nuestros supuestos sobre sus actitudes proposicionales. Solo eventualmente pasamos a la estrategia de diseño o la física.



Lógica y la Postura Intencional

- ▶ ¿Cree un agente todas las **tautologías**? No necesariamente.
- ▶ Asumimos que todo sistema Intencional está **racionalmente acotado** y por tanto, es imperfecto.
- ▶ Nuestras teorías Intencionales del comportamiento son inherentemente **incompletas**.
- ▶ La Intencionalidad **abstrae** detalles de la racionalidad asumida, innecesarios para este tipo de explicaciones.
- ▶ ¿Qué **regularidades** hay entonces en el comportamiento racional?

Postura Intencional y Metodología de la IA

- ▶ La Postura Intencional como estrategia:
 - ▶ Asumimos la racionalidad como un **préstamo**;
 - ▶ Atribuimos contenidos a los eventos internos y periféricos del comportamiento observado, asumiendo **actitudes proposicionales**;
 - ▶ Entonces buscamos los **mecanismos** que funcionarían apropiadamente bajo los supuestos anteriores, de forma que el préstamo de racionalidad pueda pagarse al explicar los mecanismos citados.
- ▶ Este es, en cierta forma, el ***modus operandi*** de la IA:

Representación + Razonamiento = Racionalidad



Razonamiento teórico y práctico

- ▶ Solemos asociar a la **racionalidad** con el razonamiento teórico.
- ▶ Aquí consideraremos dos tipos de razonamiento:
 - Teórico.** El que usamos para resolver preguntas, encontrar explicaciones o hacer predicciones. Un razonamiento sobre las creencias; y
 - Práctico.** El que usamos para decidir qué hacer. Un razonamiento sobre las acciones e intenciones.

Supuestos básicos

- ▶ Las intenciones están ligadas a los **planes**, de hecho son agregados de planes parciales y jerárquicos.
- ▶ Somos agentes que planean para contender con nuestra **racionalidad acotada** y poder decidir ahora que haremos en el **futuro**.
- ▶ Somos agentes **racionales** acotados, de forma que nuestros planes y su ejecución dependen de cierta **deliberación**.
- ▶ Una intención no es igual que un deseo, aunque ambos tienen roles motivadores, una intención conlleva **compromiso**, mientras que un deseo no.

Trilema

- ▶ Asumamos que un agente ag tiene la **intención futura** i de ir de compras el próximo fin de semana.
- ▶ Surgen tres **objeciones**:
 - Metafísica.** Cuando i se forma, no controla las acciones futuras de ag , si así fuese, implicaría acción a distancia: una cosa es compromiso y otra cosa es acción a distancia.
 - Racional.** Una vez que i se forma, no es preciso ni se sigue que i sea irrevocable. El mundo es dinámico y los agentes no siempre anticipan el futuro del mundo.
 - Pragmática.** Dadas las dos objeciones anteriores, tenemos que i debería formarse sólo si es racional para ag formar i , pero eso es inútil. Si ese fuera el caso no tendría porque haber intenciones futuras . . . pero las hay.



Tesis tradicionales

- Metodológica.** La prioridad metodológica de la intención de actuar. Esto es, considerar siempre la intención presente, sin considerar la intención futura.
- Creencia-deseo.** Las acciones intencionales son aquellas compatibles con las creencias y deseos del agente.
 - Extensión.** Asumiendo que las dos tesis anteriores pueden explicar la intención presente, es posible extenderlas para explicar intenciones futuras.
 - Reducción.** Por tanto es posible reducir las intenciones a una combinación adecuada de creencias y deseos.

Cómputos del razonamiento práctico

- ▶ La **deliberación** que consiste en la adopción de intenciones.
- ▶ El **razonamiento medios-fines** que consisten en la determinación de los medios para satisfacer las intenciones.

Características de las intenciones

- Pro-actividad.** Las intenciones pueden **motivar** el cumplimiento de metas, son controladoras de la conducta.
- Inercia.** Las intenciones **persisten**, es decir, una vez adoptadas se resisten a ser revocadas. Sin embargo, no son irrevocables. Si la razón por la cual se creó la intención desaparece, entonces es racional abandonar la intención.
- Admisibilidad.** Una vez adoptada una intención, ésta **restringirá** los futuros razonamientos prácticos, el agente no considerará adoptar intenciones incompatibles con las intenciones previamente adoptadas.



Características de los planes

- ▶ Son **parciales**, no son estructuras completas y estáticas.
- ▶ Tienen una **estructura jerárquica**, contienen razones medios-fines y estas razones tienen un procedimiento ordenado.
- ▶ Poseen **consistencia interna** en el sentido de poder ser ejecutables.
- ▶ Son **fuertemente consistentes** con las creencias del agente.
- ▶ Poseen **coherencia medios-fines**. Los sub-planes de un plan son coherentes con los fines del plan.

Tesis de asimetría

- ▶ Bratman considera las relaciones entre actitudes proposicionales como **principios de racionalidad**.
- ▶ **Inconsistencia intención-creencia**. Es irracional para un agente intentar ϕ y creer al mismo tiempo que no hará ϕ .
- ▶ **Incompletitud intención-creencia**. Es racional (o menos irracional) para un agente intentar ϕ pero no creer que logrará ϕ .

Comunicación y Estados Intencionales

- ▶ La subclase de sistemas Intencionales que pueden comunicarse, provee un marco para una teoría de la **conciencia**: ¿Qué es cierto acerca de los humanos creyentes, en virtud de ser sistemas Intencionales comunicativos?
- ▶ La mayor parte del tiempo, normalmente, si *ag* cree p , entonces p es verdadera; y generalmente, la mayor parte del tiempo, normalmente, si *ag* declara que p , entonces cree p y por consiguiente p es verdadera.
- ▶ Las declaraciones de un agente son, incondicionalmente, **indicativas** de sus creencias, al igual que sus acciones.



Performativas

- ▶ Según Austin [1], existen enunciados no declarativos que constituyen **acciones** y por ello los llamo **performativos**.
- ▶ Ej.
 1. Pásame la sal.
 2. ¿Tienes la sal?
 3. ¿Te queda la sal cerca?
 4. Quiero sal.
 5. ¿Me puedes pasar la sal?
 6. Juan me pidió que te pidiera pasar la sal.

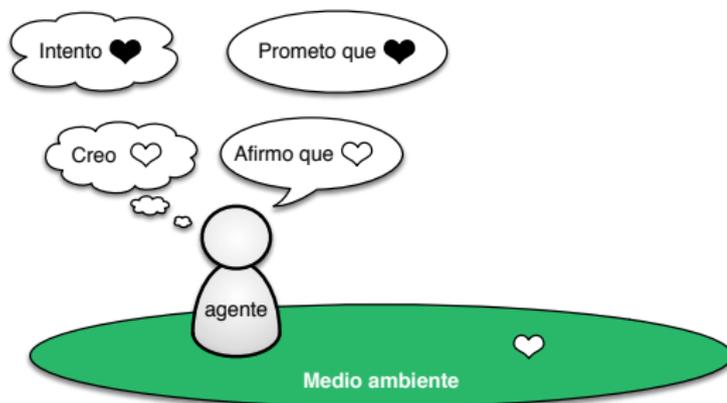
Dimensiones de los Actos de habla

- Locución.** El acto de decir algo, **p. ej.**, pronunciar una secuencia de palabras de un vocabulario en un lenguaje dado, conforme a su gramática.
- Elocución.** El acto que se lleva a cabo al decir algo, **p. ej.**, promesas, advertencias, informes, solicitudes. Los verbos en las elocuciones son llamados verbos performativos.
- Perlocución.** El acto que se lleva a cabo por decir algo, **p. ej.**, convencer a los otros agentes de que le pasen la sal, y hacerse finalmente con ella.



Condiciones de Sinceridad

- ▶ Al ejecutar un acto de habla expresamos cierto estado Intencional que constituye la **condición de sinceridad** del acto:



Condiciones de Satisfacción

- ▶ El concepto de **condiciones de satisfacción** aplica tanto a los actos de habla como a los estados Intencionales.
Ej. Una afirmación se satisface ssi es verdadera; mi creencia se satisface si las cosas son como creo.
- ▶ La noción de satisfacción parece natural y aplica siempre que haya una **dirección de ajuste** presente.

Legitimidad y Praxis

- ▶ McCarthy [17] fue uno de los primeros en argumentar a favor de la atribución de estados mentales a las máquinas:
 - ▶ Esto es **legítimo** cuando tal adscripción expresa la misma información sobre la máquina, que expresaría sobre una persona.
 - ▶ Es **útil** cuando la adscripción ayuda a entender la estructura de la máquina, su comportamiento pasado y futuro, o cómo repararla o mejorarla.
 - ▶ Quizá **nunca** sea un requisito lógico, aún en el caso de los humanos, pero ofrecen expresividad sucinta.
- ▶ El **Nivel de Conocimiento** de Newell [19] también argumenta a favor de la postura intencional.



Uso computacional de los estados Intencionales

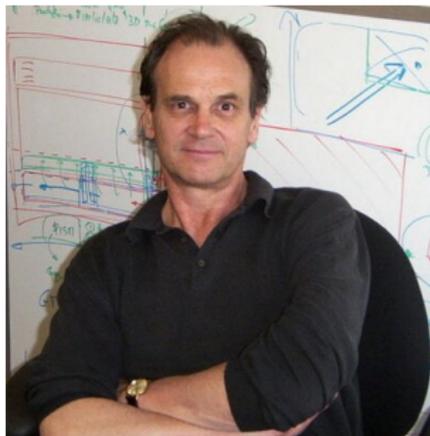
► Según Ferber [7]:

Uso	Actitudes proposicionales
Interacción	Percepciones, informaciones, comandos, peticiones, normas.
Representación	Creencias, hipótesis.
Motivación	Deseos, metas, impulsos, demandas, intenciones, compromisos.
Organización	Métodos, tareas.

Argumentos computacionales

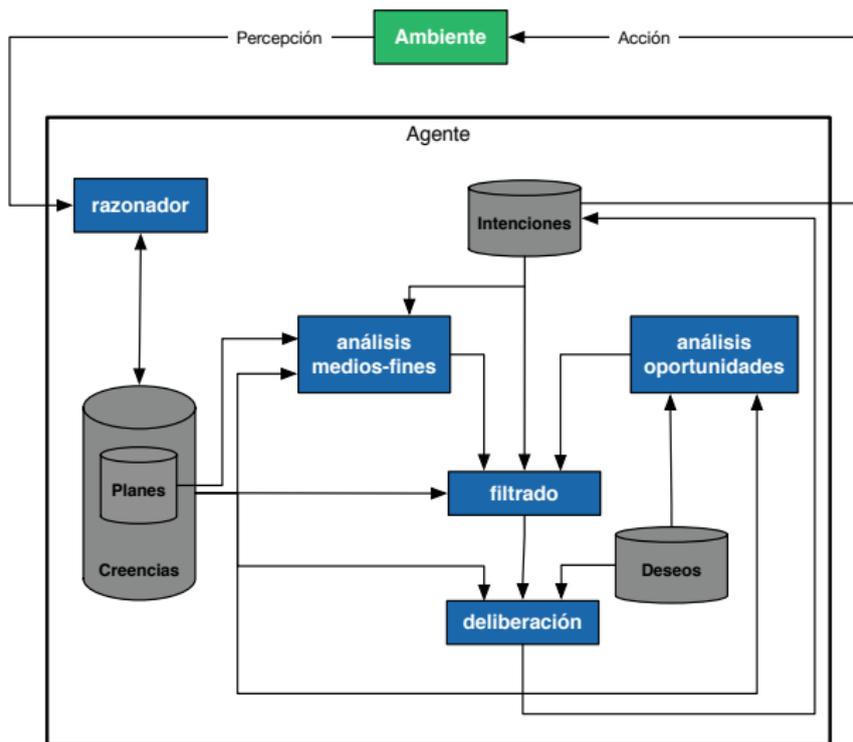
- ▶ Según Singh [25]:
 - ▶ Las actitudes proposicionales nos son **familiares** a todos, diseñadores, analistas de sistemas, programadores y usuarios;
 - ▶ La postura provee descripciones **sucintas** del comportamiento de los sistemas complejos, por lo que ayudan a entenderlos y explicarlos;
 - ▶ Provee de ciertas **regularidades y patrones** de acción que son independientes de la implementación física de los agentes;
 - ▶ Un agente puede **razonar sobre si mismo** y sobre otros agentes adoptando la postura intencional.

Pollack, Georgeff y Rao



Universidad Veracruzana

IRMA de Bratman, Pollak e Israel [3]



Procesos

Razonador. Mantenimiento de creencias.

Análisis Medios-Fines. ¿Qué planes se adoptarán para garantizar las intenciones actuales del agente?

Análisis de Oportunidades. ¿Qué eventos en el ambiente se deben atender?

Filtrado. ¿Qué planes deben eliminarse por inconsistencia con las intenciones futuras?

Deliberación. ¿Qué planes deben adoptarse como intenciones?



Propiedades de las arquitecturas BDI

- ▶ Comportamiento guiado por **metas** a través del análisis medios-fines.
- ▶ Comportamiento guiado por los **datos** a través del análisis de oportunidades.
- ▶ **Consistencia** y **reconsideración** a través del filtrado.
- ▶ **Ponderación** de opciones a través de la deliberación.
- ▶ Todo gracias al papel funcional de los **planes**.

Rol funcional de los planes

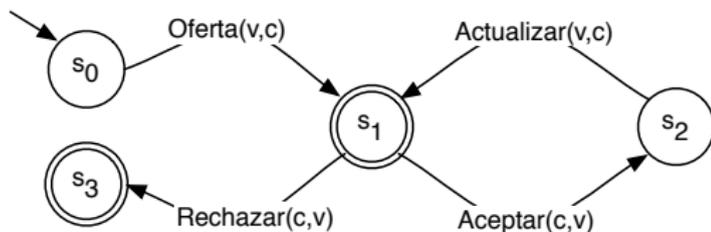
- ▶ Establecen el **objetivo** del razonamiento práctico (la meta).
- ▶ Establecen un filtro de **admisibilidad**.
- ▶ Reducen por tanto el conjunto de opciones posibles al razonar.
- ▶ Dan sentido al **compromiso** y a la inercia de las intenciones, aún cuando son abandonados o reconsiderados.
- ▶ Explican y justifican la noción de **intención futura**.
- ▶ Su **jerarquía** refleja la estructura medios-fines del razonamiento.
- ▶ Su **incompletéz** hace que se puedan procesar eficientemente y de manera reactiva.

Otras arquitecturas

- ▶ El venerable **PRS** [11, 16] y su revisión multiagente, conocida como **dMARS** [6].
- ▶ **TileWorld (IRMA)** [22], el más cercano a lo aquí expuesto.
- ▶ **InteRRapt** [9], otra de las primeras arquitectura multiagente.
- ▶ Arquitecturas basadas en Java como **JAM** [14], **Jack** [4], **Jadex** [21] y el **BDI modular** [20].
- ▶ ¿Y Jason? **No es** una arquitectura, sino un lenguaje de programación orientado a agentes.

Protocolos

- ▶ La **comunicación** es central en las Ciencias de la Computación, particularmente en los **sistemas concurrentes**.
- ▶ Los **protocolos** son especificaciones modulares, potencialmente reusables, de la **interacción** entre dos o más componentes.
- ▶ **Formalismos** usados: Automatas, Redes de Petri, diagramas de secuencia UML, etc.
- ▶ Ej.



Problemas con los Protocolos

- ▶ ¿Cómo podemos garantizar que los agentes actuarán de **conformidad** sin atentar contra su autonomía?
- ▶ Los agentes deberían ser la **unidad lógica** de las interacciones, pero aquí lo son los estados.
- ▶ ¿Cual es el **significado** de los mensajes en el mundo real?

Solución

- ▶ Actos de habla:
 - ▶ Condiciones de sinceridad.
 - ▶ Condiciones de felicidad.
 - ▶ El acto como plan.
- ▶ En el extremo, Genesereth y Ketchel [10] definen agencia como la habilidad de intercambiar información usando un **lenguaje de comunicación orientado a agentes (ACL)**.
- ▶ Ej.
 - ▶ KQML de Finin, McKay y Fritzon [8]
 - ▶ FIPA ACL

Programación Orientada a Agentes

- ▶ Propuesta por Shoham [24] en *Agent0*.
- ▶ Una *especialización* de la Programación Orientada a Objetos, *à la* Actors de Hewitt [13].
- ▶ Los *agentes*, son objetos con *estados Intencionales*.
- ▶ Estos agentes pueden comunicarse con otros agentes para informar algo, solicitar algo, ordenar algo, etc., es decir, son capaces de ejecutar *actos de habla*.

AOP versus OOP

Concepto	OOP	AOP
Unidad básica	Objeto	Agente
Estado	No restringido	Creencias, Deseos, Intenciones
Cómputo	Paso de mensajes	Razonamiento práctico
Tipos de Mensajes	No restringido	Actos de habla
Restricciones	Ninguno	Condiciones de satisfacción



Requisitos

- ▶ Una **teoría precisa, de semántica clara**, sobre cada categoría mental. Es deseable que la teoría tenga correspondencia con el sentido común de estas categorías (!No notación, sin denotación! [18]);
- ▶ Una **demostración** de que los componentes de la máquina, o programa, obedecen esta teoría; y
- ▶ Una demostración de que la teoría formal juega un papel **no trivial** en el análisis y diseño de la máquina (!No notación, sin explotación! [24]).



Una teoría del conocimiento

- ▶ Basada en **lógicas del conocimiento** donde “saber” se formaliza como un operador de la **lógica modal S5** [15].
- ▶ Esto tiene algunos efectos contra intuitivos:
 - Omnisciencia.** Sabemos todas la verdades (tautologías y sus implicaciones).
 - Introspección.** Sabemos que sabemos y que no sabemos, i.e., sistemas Intencionales de 2o orden.



Semántica Operacional

- ▶ La semántica de los operadores como “saber” se especifica usando el estándar de **mundos posibles**.
- ▶ En el contexto de la Programación Orientada a Agentes, mundo posible sería una posible **configuración global** del sistema.
- ▶ Estas semánticas basadas en el estado de la máquina, o el programa, han permitido avances significativos en el área.

Praxis

- ▶ Lo ideal es que todo este trabajo de formalización y diseño, sirva para **probar** ciertas propiedades sobre los protocolos distribuidos de cómputo.
- ▶ Ej. ¿Cumplen los agentes Jason con el principio de compromiso finito? ¿Qué tipo de reconsideración usan? Ver Guerra-Hernández, Castro-Manzano y El-Fallah-Seghrouchni [12].



Sistema AOP

- ▶ Un lenguaje **formal** restringido, de sintaxis y semántica claras, para describir los estados Intencionales;
- ▶ Un lenguaje de programación **interpretado** para definir los programas de agentes; debe ser fiel a la semántica de los estados Intencionales; y
- ▶ Un “agentificador” que convierta entidades neutras en agentes programables.
- ▶ Ej. Agent-0. Mejor aún: **JaCaMo**, donde Jason es el lenguaje y CArtAgO el “agentificador”.



Referencias I

- [1] J Austin. *How to Do Things with Words*. Great Britain: Oxford University Press, 1962.
- [2] ME Bratman. *Intention, Plans, and Practical Reason*. Cambridge, MA, USA, y London, England: Harvard University Press, 1987.
- [3] ME Bratman, ME Pollak y DJ Israel. "Plans and Resource-Bounded Practical Reasoning". En: *Computer Intelligence 4.4* (1988), págs. 349-355.
- [4] P Busetta et al. "Jack intelligent agents-components for intelligent agents in java". En: *AgentLink News Letter 2.1* (1999), págs. 2-5.
- [5] D Dennett. *The Intentional Stance*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 1987.
- [6] M d'Inverno et al. "A formal specification of dMARS". En: *Intelligent Agents IV: Proceedings of the Fourth International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*. Ed. por M Singh, A Rao y M Wooldridge. Vol. 1365. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Berlin-Germany: Springer Verlag, 1998, págs. 155-176.
- [7] J Ferber. *Les Systèmes Multi-Agents: vers une intelligence collective*. Paris, France: InterEditions, 1995.
- [8] T Finin, D McKay y R Fritzson. *An overview of KQML: A Knowledge Query and Manipulation Language*. Inf. téc. University of Maryland, CS Department, 1992.



Referencias II

- [9] K Fischer, JP Müller y M Pischel. "A pragmatic BDI architecture". En: *Intelligent Agents II Agent Theories, Architectures, and Languages*. Springer, 1996, págs. 203-218.
- [10] M Genesereth y S Ketchel. "Software Agents". En: *Communications of the Association for Computing Machinery* 37.7 (1994).
- [11] M Georgeff y A Lansky. "Reactive reasoning and planning". En: *Proceedings of the 6th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-87)*. Seattle, WA., USA, 1987, págs. 667-682.
- [12] A Guerra-Hernández, JM Castro-Manzano y A El-Fallah-Seghrouchni. "CTL AgentSpeak(L): a Specification Language for Agent Programs". En: *Journal of Algorithms* 64 (2009), págs. 31-40.
- [13] C Hewitt. "Comments on C. Hewitt, viewing control structures as patterns of passing messages, *Artificial Intelligence* 8 (1977) 323-364". En: *Artif. Intell.* 10.3 (1978), págs. 317-318. ISSN: 0004-3702.
- [14] MJ Huber. "JAM: a BDI-theoretic mobile agent architecture". En: *AGENTS '99: Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents*. Seattle, Washington, United States: ACM, 1999, págs. 236-243. ISBN: 1-58113-066-X.

Referencias III

- [15] G Hughes y M Cresswell. *A New Introduction to Modal Logic*. 1998.^a ed. London, England: Routledge, 1998.
- [16] FF Ingrand y MP Georgeff. "An Architecture for Real-Time Reasoning and System Control". En: *IEEE Expert* 7.6 (1992), págs. 34-44.
- [17] J McCarthy. *Ascribing Mental Qualities to Machines*. Inf. téc. Stanford, CA, USA: Computer Science Department, Stanford University, 1979.
- [18] D McDermott. "Artificial Intelligence Meets Natural Stupidity". En: *SIGART Newsletter* 57 (1976), págs. 4-9.
- [19] A Newell. "The Knowledge Level". En: *AI Magazine* 2 (1981), págs. 1-20.
- [20] P Novák y J Dix. "Modular BDI architecture". En: *Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*. New York, NY, USA: ACM, 2006, págs. 1009-1015.
- [21] A Pokahr, L Braubach y W Lamersdorf. "A flexible BDI architecture supporting extensibility". En: *Intelligent Agent Technology, IEEE/WIC/ACM International Conference on*. Los Alamitos, CA, USA: IEEE, 2005, págs. 379-385.



Referencias IV

- [22] M Pollack y M Ringuette. "Introducing the Tileworld: experimentally evaluating agent architectures". En: *Proceedings of the Eighth National Conference on Artificial Intelligence*. Ed. por T Dietterich y W Swartout. Menlo Park, CA: AAAI Press, 1990, págs. 183-189. URL: citeseer.ist.psu.edu/pollack90introducing.html.
- [23] JR Searle. *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1969.
- [24] Y Shoham. "Agent-Oriented Programming". En: *Artificial Intelligence* 60 (1993), págs. 51-92.
- [25] MP Singh. *Multiagent Systems: A theoretical framework for intentions, know-how, and communication*. Vol. 799. Lecture Notes in Computer Sciences. Berlin, Germany: Springer Verlag, 1994.

