

Agentes guiados por objetivos

Sistemas Inteligentes Distribuidos

Sergio Alvarez

Javier Vázquez

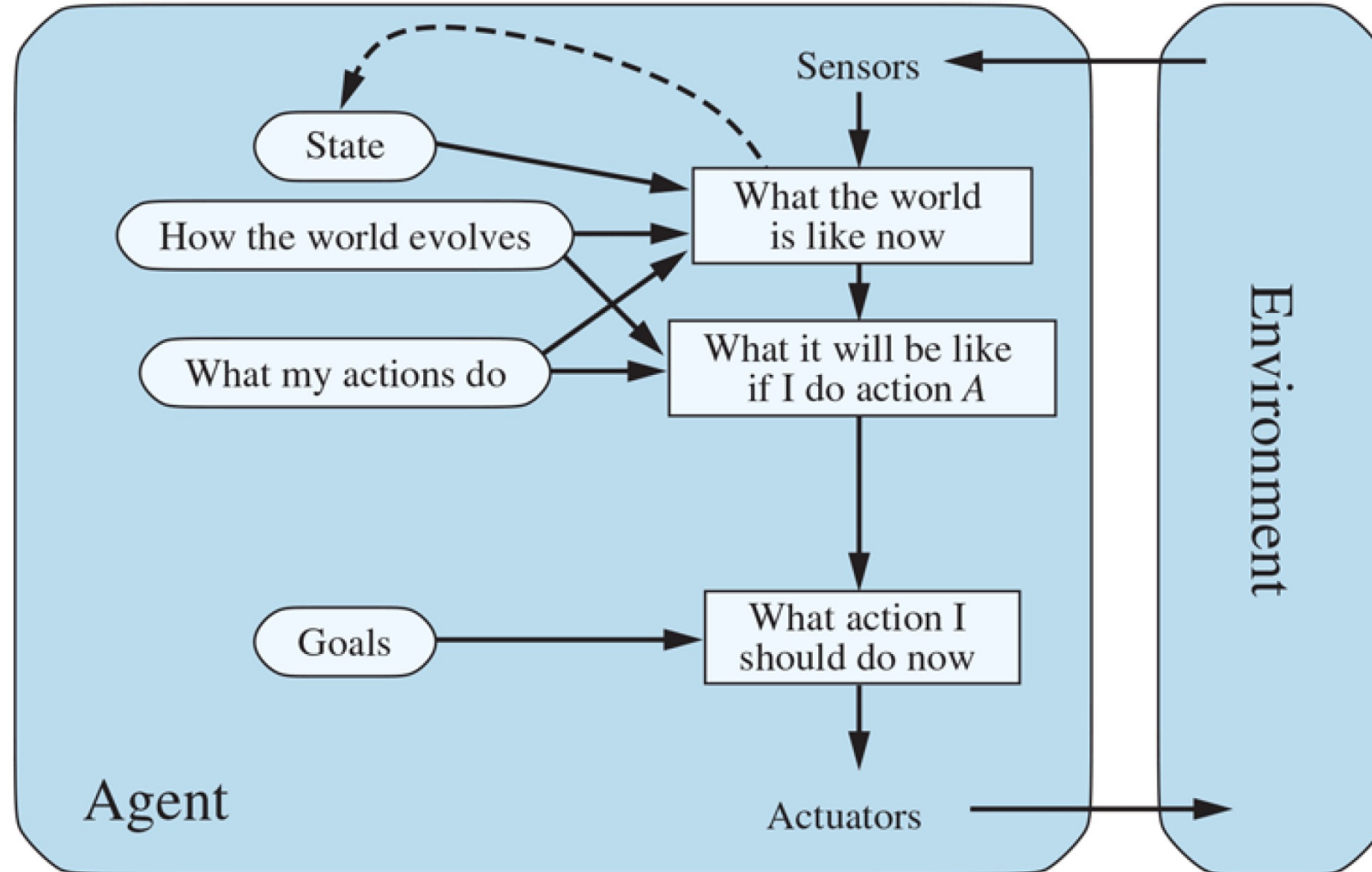
Bibliografía

- *Artificial intelligence: a modern approach* (Russell & Norvig), cap. 2, 3, 7, 10
- *Multiagent Systems* (Shoham & Leyton-Brown), cap. 14
- [Intention is choice with commitment](#) (Cohen & Levesque)

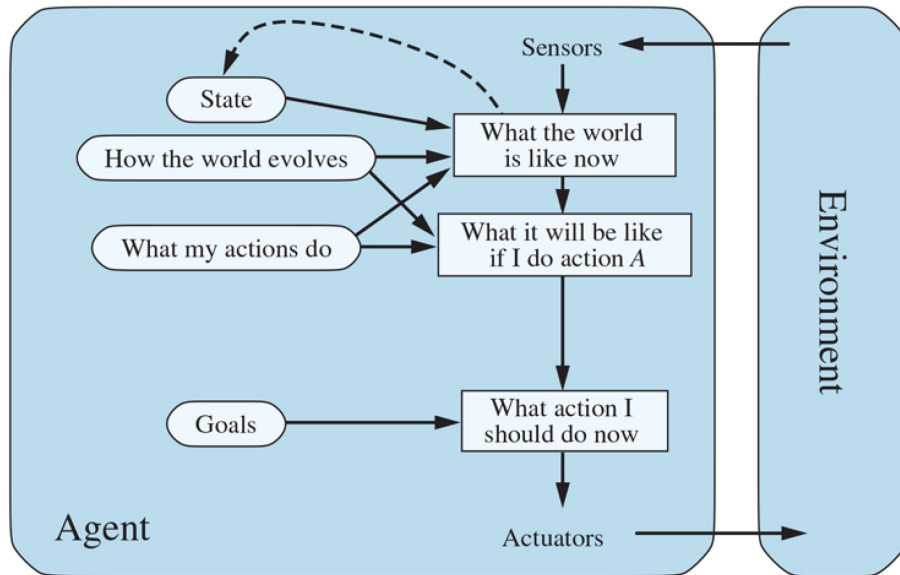
Agentes lógicos

Agentes guiados por objetivos

Agente deliberativo por objetivos



Agente deliberativo por objetivos



Estado interno

- Representación del estado

Revisión de creencias y modelo del mundo

- Operadores
- Funciones de coste
- Restricciones

Objetivos

- Definición de estado final
- Heurística

Búsqueda ciega

Búsqueda heurística

Búsqueda local

Planificación

Satisfacción de restricciones

Los agentes de búsqueda son especialmente adecuados para escenarios episódicos, de un agente, totalmente observables, deterministas, estáticos, discretos y conocidos

Sin embargo, para escenarios más complejos son demasiado inflexibles: requieren una representación del estado y un modelo del mundo **completos**

Agentes lógicos

- Objetivo = representación simbólica de la condición de éxito
- El agente ha de lograr el objetivo a partir de un proceso de razonamiento dirigido por la lógica
- Dicho proceso de razonamiento se basa en dos elementos:
 - Una base de conocimiento
 - Un motor de inferencia lógica

Agentes lógicos

- Objetivo = representación simbólica de la condición de éxito
- El agente ha de lograr el objetivo a partir de un proceso de razonamiento dirigido por la lógica
- Dicho proceso de razonamiento se basa en dos elementos:
 - Una base de conocimiento, e.g. ontología (RDF)
 - Un motor de inferencia lógica, e.g. lógica de primer orden (CLIPS)

Agentes lógicos

- Conocimiento
 - Framework de descripción de recursos: RDF
 - **Lógica descriptiva: OWL (sesión 4)**
- Inferencia lógica
 - Lógica proposicional
 - Deducción natural
 - Resolución
 - Lógica de primer orden
 - Sistemas de producción
 - Programación lógica
 - **Lógicas modales**
 - **Lógica modal (sesión 3)**
 - **Lógica epistémica (sesión 3)**
 - **Lógica BDI (sesión 3)**
 - Lógica temporal
 - Lógica deóntica

Lógica modal

Agentes guiados por objetivos

Actitudes proposicionales

- Un agente que usa lógica proposicional o de primer orden puede tener y deducir creencias
- Sin embargo, sólo con estas lógicas no es posible adquirir conocimiento **acerca de** las creencias o del proceso mismo de razonamiento
- Un agente puede tener las siguientes **actitudes proposicionales** con respecto a sus propias creencias o las creencias de otro:
 - Un agente *cree*
 - Un agente *sabe*
 - Un agente *quiere*
 - Un agente *informa*

Transparencia referencial

- **Transparencia referencial:** independientemente del término que se usa para referirse a un objeto, **lo que importa es el objeto referenciado y no su referencia**
 - En una fórmula, podríamos substituir cada referencia por su objeto referenciado y la fórmula sería equivalente
- Esta propiedad suele ser **conveniente**, e.g.:

$$(2 + 2 = 4) \wedge (4 < 5) \\ \models 2 + 2 < 5$$

Transparencia referencial

- Sin embargo, la transparencia referencial **no siempre es deseable**:

$$\begin{aligned} & (Superman = Clark) \wedge Knows(Lois, CanFly(Superman)) \\ & \models Knows(Lois, CanFly(Clark)) \end{aligned}$$

- En determinadas circunstancias, aunque las proposiciones de las premisas sean ciertas, **nos gustaría poder separar las referencias de sus objetos a la hora de inferir**
 - Las **actitudes proposicionales** son un ejemplo de esto

Lógicas modales

- La lógica clásica se ocupa de una única modalidad, la de la verdad: *P es cierto / falso*
- Las lógicas modales solucionan el problema de la transparencia referencial **añadiendo modalidades especiales**
 - Mediante operadores modales que actúan sobre fórmulas (no sólo sobre términos)

$$A \text{ sabe } P \rightarrow K_A P$$

- Cada operador, aplicado a una fórmula, produce una **nueva fórmula con un significado distinto** con respecto a cualquier otro operador
- La única diferencia con la lógica clásica es que **el valor de verdad de una fórmula** con un operador modal, e.g. $K_A P$, **depende exclusivamente del valor de las proposiciones**, e.g. P
- Es decir: **las modalidades no influyen en los valores de verdad**

Lógica modal

- La sintaxis de la lógica modal (alética) es la de la lógica clásica con dos operadores adicionales: \Box y \Diamond

$$\Diamond\varphi = \neg\Box\neg\varphi$$

- Una proposición necesaria es una proposición que no puede ser falsa
- Una proposición posible es una proposición que puede ser cierta
- Semántica de mundos posibles:
 - Una proposición necesaria es cierta en todos los mundos posibles
 - Una proposición posible es aquella que es cierta en al menos un mundo posible

Operadores modales (ejemplos)

- **Necesidad (alética)**

- $\Box\Psi$ Ψ es necesario
- $\Diamond\Psi$ Ψ es posible

- **Temporal**

- $\Box\Psi \text{ o } G\Psi$ Siempre, ahora y en el futuro, será el caso que Ψ
- $\Diamond\Psi \text{ o } F\Psi$ En algún momento en el futuro, será el caso que Ψ
- $P\Psi$ En algún momento en el pasado, fue el caso que Ψ

- **Epistémica**

- $\Box\Psi \text{ o } K\Psi$ El agente sabe que Ψ

- **Doxástica**

- $\Box\Psi \text{ o } B\Psi$ El agente cree que Ψ

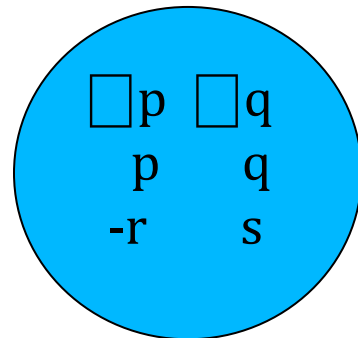
- **Deónica**

- $\Box\Psi \text{ o } O\Psi$ Es obligado que Ψ
- $\Diamond\Psi \text{ o } P\Psi$ Está permitido que Ψ
- $F\Psi$ Está prohibido que Ψ

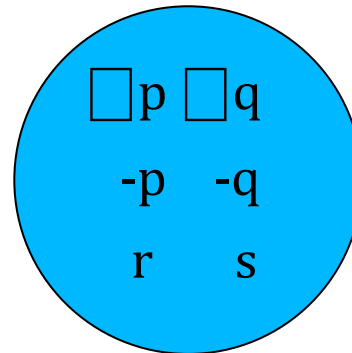
Semántica de la lógica modal

- La semántica de un sistema modal es un modelo $M = \langle W, R, \pi \rangle$, donde:
 - W es un conjunto de todos los mundos posibles del sistema
 - R es una función binaria, llamada función de accesibilidad
 - π es una función de asignación que determina, para cada $w \in W$, el conjunto de proposiciones que son ciertas
- M por lo tanto puede interpretarse como un grafo $\langle W, R \rangle$ con una función de asignación π que indica qué proposiciones son ciertas en cada nodo
- R es una relación entre pares de mundos
 - $R(w_1, w_2)$ significa que w_2 es accesible desde w_1
 - **Si una proposición es necesaria en w_1 , entonces es cierta en w_2**

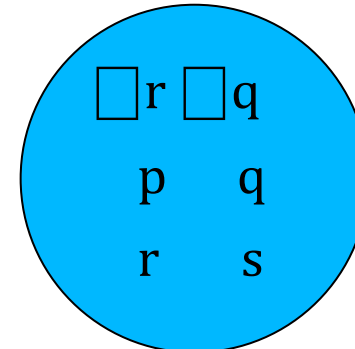
Mundos posibles



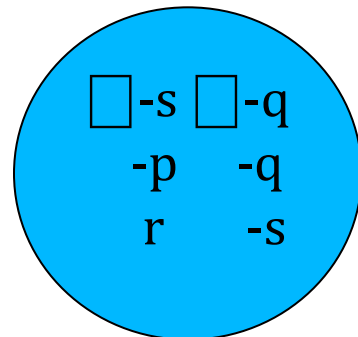
W_1



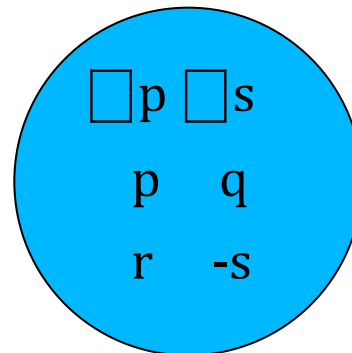
W_2



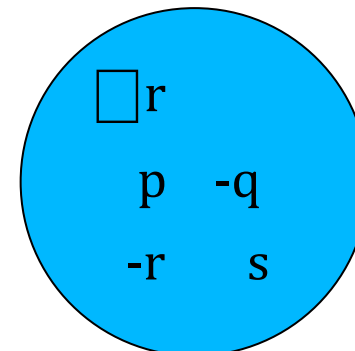
W_3



W_4

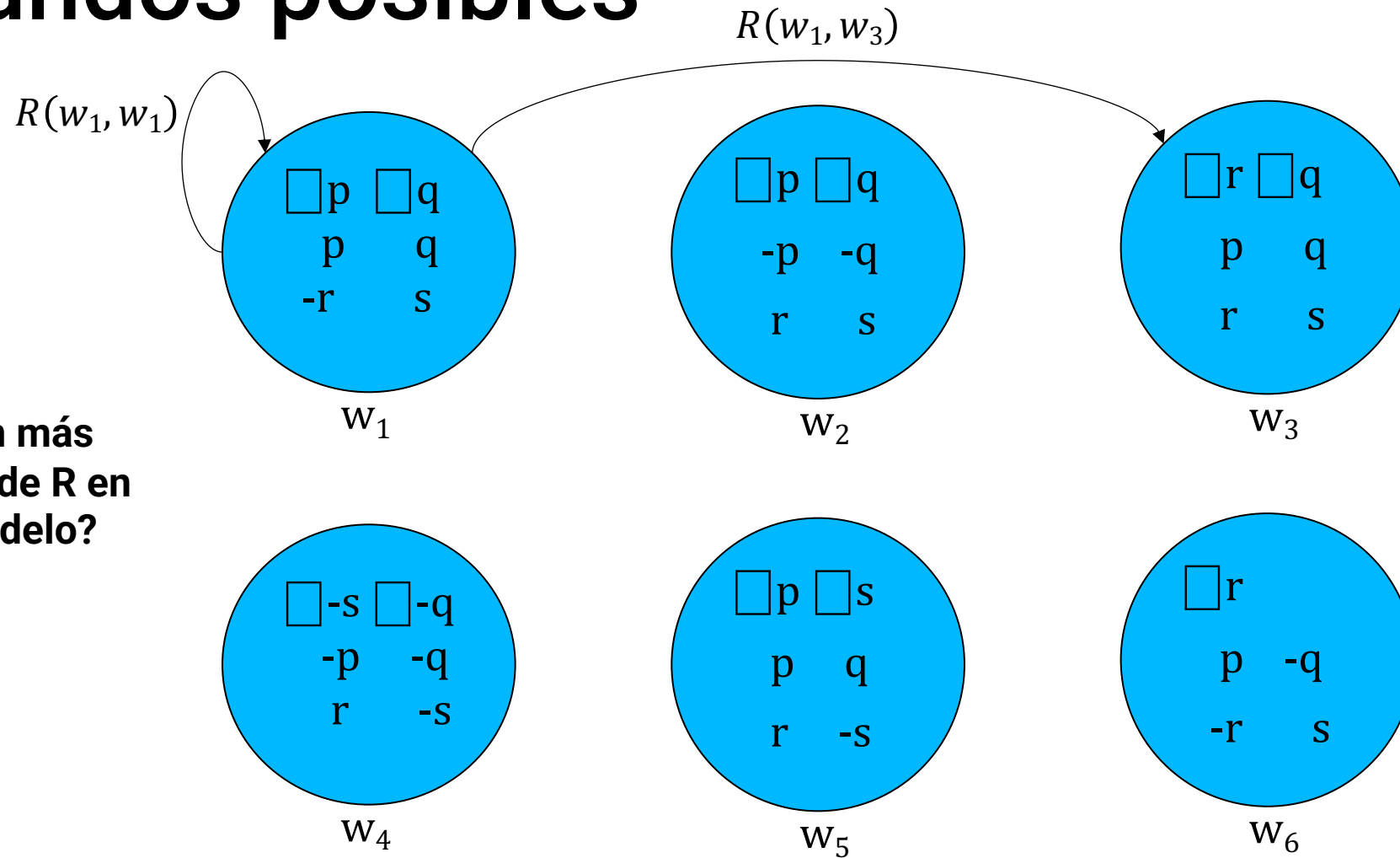


W_5



W_6

Mundos posibles

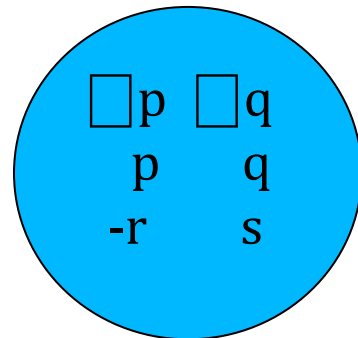


¿Existen más valores de R en este modelo?

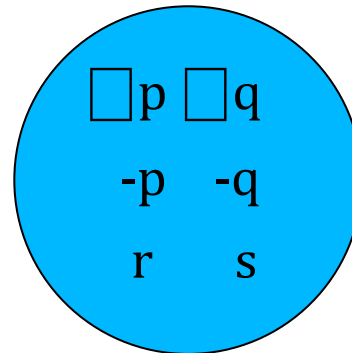
Semántica de la lógica modal

- En lógica modal, todas **las fórmulas p** se interpretan respecto a un par modelo/mundo $\langle M, w \rangle$ usando la función de satisfacción $M \models p$
- Una fórmula es **cierta** en **M** para un mundo **w** si es satisfactible en **w**
- Una fórmula es **válida** en **M** si es cierta en todos los mundos del modelo

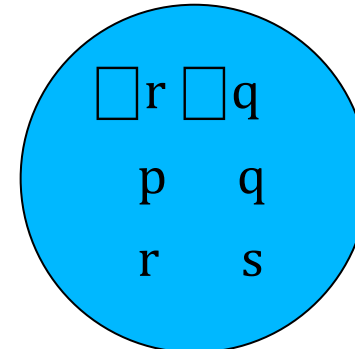
Mundos posibles



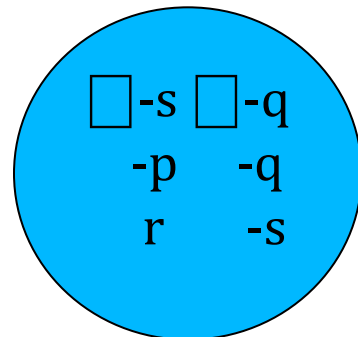
w_1



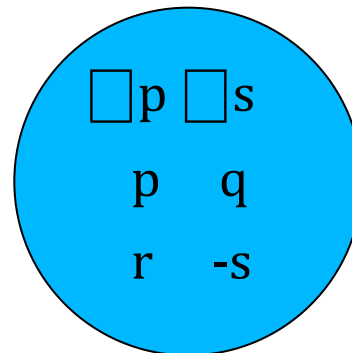
w_2



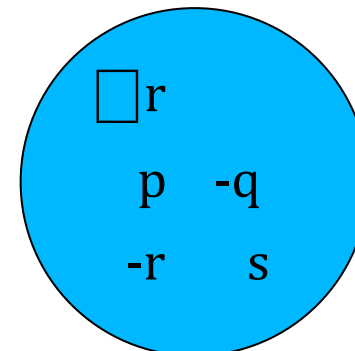
w_3



w_4



w_5



w_6

$(\neg p \wedge \neg q)$ es cierta en w_2 y w_4

$(r \vee s)$ es válida

Semántica de la lógica modal

$$\langle M, w \rangle \models \top \quad \langle M, w \rangle \not\models \perp$$

$$\langle M, w \rangle \models p \quad \text{where } p \in Prop, \text{ iff } p \in \pi(w)$$

$$\langle M, w \rangle \models \neg \varphi \quad \text{iff } \langle M, w \rangle \not\models \varphi$$

$$\langle M, w \rangle \models \varphi \vee \psi \quad \text{iff } \langle M, w \rangle \models \varphi \vee \langle M, w \rangle \models \psi$$

$$\langle M, w \rangle \models \Box \varphi \quad \text{iff } \forall w, w' \in W. [(w, w') \in R \rightarrow \langle M, w' \rangle \models \varphi]$$

$$\langle M, w \rangle \models \Diamond \varphi \quad \text{iff } \exists w, w' \in W. [(w, w') \in R \wedge \langle M, w' \rangle \models \varphi]$$

$\pi(w)$: conjunto de proposiciones ciertas en w

Axiomas de la lógica modal

K: $\Box(\varphi \Rightarrow \psi) \Rightarrow (\Box\varphi \Rightarrow \Box\psi)$

T: $\Box\varphi \Rightarrow \varphi$

D: $\Box\varphi \Rightarrow \Diamond\varphi (\equiv \neg\Box\neg\varphi)$

4: $\Box\varphi \Rightarrow \Box\Box\varphi$

5: $\Diamond\varphi \Rightarrow \Box\Diamond\varphi$

NEC: if $\models \varphi$ then $\models \Box\varphi$

Sistemas de la lógica modal

K: $\Box(\varphi \Rightarrow \psi) \Rightarrow (\Box\varphi \Rightarrow \Box\psi)$

T: $\Box\varphi \Rightarrow \varphi$

T = NKT

D: $\Box\varphi \Rightarrow \Diamond\varphi (\equiv \neg\Box\neg\varphi)$

S4 = NKT4

4: $\Box\varphi \Rightarrow \Box\Box\varphi$

S5 = NKT5

5: $\Diamond\varphi \Rightarrow \Box\Diamond\varphi$

S5⁺ = KD45

NEC: if $\models \varphi$ then $\models \Box\varphi$

Axiomas de la lógica epistémica

K:	$K_i (\varphi \Rightarrow \psi) \Rightarrow (K_i \varphi \Rightarrow K_i \psi)$	(<i>knowledge</i>) un agente conoce las consecuencias de su conocimiento
T:	$K_i \varphi \Rightarrow \varphi$	(<i>true</i>) lo que un agente sabe, se toma por cierto
D:	$K_i \varphi \Rightarrow \neg K_i \neg \varphi$	(<i>disbelieve</i>) el conocimiento de un agente nunca es contradictorio
4:	$K_i \varphi \Rightarrow K_i K_i \varphi$	(<i>positive introspection</i>) un agente sabe qué es lo que sabe
5:	$\neg K_i \varphi \Rightarrow K_i \neg K_i \varphi$	(<i>negative introspection</i>) un agente sabe lo que no sabe
NEC:	if $\models \varphi$ then $\models K_i \varphi$	(<i>necessitation</i>) un agente sabe todas las fórmulas válidas

Axiomas de la lógica doxástica ($S5^+ = KD45$)

(1) **$\text{Bel}(p \rightarrow q) \rightarrow (\text{Bel } p \rightarrow \text{Bel } q)$** (K)

Si el agente cree que si **p** entonces **q**, entonces cree que si cree **p**, entonces cree **q**

(2) **$\text{Bel } p \rightarrow \neg \text{Bel } \neg p$** (D)

Este es el axioma de consistencia: si un agente cree **p**, entonces no cree que **p** sea falso

(3) **$\text{Bel } p \rightarrow \text{Bel Bel } p$** (4)

Si un agente cree **p**, entonces cree que cree **p**

(4) **$\neg \text{Bel } p \rightarrow \text{Bel } \neg \text{Bel } p$** (5)

Si un agente no cree **p**, entonces cree que no cree que **p** sea cierto

Axiomas de la lógica doxástica ($S5^+ = KD45$)

De estos axiomas se pueden derivar otros dos:

$$(5) [p \wedge (p \rightarrow q)] \rightarrow q$$

(MP)

$$(6) \models p \rightarrow \models \mathbf{Bel} p$$

(NEC)

Conocimiento vs creencia

- El conocimiento se distingue de la creencia:

$$K_i \varphi \longrightarrow B_i \varphi$$
$$\mathbf{K_i \varphi \longleftrightarrow [B_i \varphi \wedge \varphi]}$$

- La creencia es una fórmula válida en algún mundo
- El conocimiento es una creencia demostrada cierta

Razonamiento práctico guiado por objetivos

Agentes guiados por objetivos

Razonamiento práctico por objetivos

Podemos definir el mecanismo de resolución de problemas de un agente en función de:

- sus **creencias**,
- cómo procede para conseguir sus objetivos (*cómo planifica*),
- sus capacidades, características y atributos individuales, y
- sus **preferencias**.

El agente como sistema intencional

- Ciertos estados mentales no son puramente *internos de la mente*, sino que se dirigen o **hacen referencia a situaciones u objetos externos en el mundo**
 - “Creo que mañana lloverá”: esta creencia (interna) se dirige hacia un futuro estado físico del mundo (*habrá lluvia en un lugar*)
 - “Esta noche me apetece pizza”: este estado mental (deseo) está dirigido hacia un objeto específico (*pizza*) y una situación que puede ocurrir y posiblemente intentaremos que ocurra
- Esta propiedad de los estados mentales se llama **intencionalidad**
 - Del latín *intendere*: “dirigir hacia” o “apuntar a”

El agente como sistema intencional

- **Las creencias y los deseos son intencionales**
 - Racionalmente, dan origen a propósitos o voluntades de acción: **intenciones**
- Las intenciones...
 - dirigen el razonamiento guiado por objetivos.
 - condicionan el proceso deliberativo.
 - son persistentes.
 - son creencias a partir de las cuales se construye el razonamiento práctico.

El agente como sistema intencional

Podemos caracterizar el comportamiento de un agente en base a las diversas **actitudes intencionales** que puede poseer:

- *Cognitivas*: sobre aspectos epistemológicos (conocimiento sobre el conocimiento del agente) *creencia, conocimiento*
- *Volitivas*: cuando el agente sabe qué quiere hacer, tiene que saber qué debe hacer para conseguirlo *intención, plan, compromiso*
- *Afectivas*: qué quiere conseguir el agente y en qué condiciones, qué pasa si falla lo que quiere conseguir el agente, o si lo consigue demasiado temprano o demasiado tarde, ... *objetivo, deseo, preferencia*

El agente como sistema intencional

- Una posible construcción de agente intencional se puede hacer mediante el marco teórico BDI
 - **Beliefs**: modelo del estado del mundo
 - **Desires**: restricciones sobre **posibles estados del mundo** a seleccionar
 - **Intentions**: compromiso para llegar a un estado seleccionado
- BDI es una combinación de:
 - Un componente filosófico basado en teorías de acción racional
 - Una arquitectura de software
 - Un componente lógico, basado en lógicas modales con operadores como Bel, Int, Do, ..., e.g.:

$$(\text{Int } A_i p) \rightarrow \neg(\text{Bel } A_i p)$$

- El objetivo de BDI es el **razonamiento práctico intencional**

Operadores de la lógica BDI

- Operador modal **Do(a)**: el agente hace a
 - K $\text{Do}(a \rightarrow b) \rightarrow [\text{Do}(a) \rightarrow \text{Do}(b)]$
 - T $\text{Do}(a) \rightarrow a$
 - NEC if $\models a$ then $\models \text{Do}(a)$
- Capacidades del agente:
 - $\text{Result}(s, a) = s'$
 - $\text{Can}(s, \varphi) = [\exists a (\text{Result}(s, a) = s' \wedge s' \models \varphi)]$
- A_i sabe que tiene un plan para cumplir un objetivo φ si:
 - $K_i \varphi$ es cierto, o bien
 - $\exists a K_i(\text{Can}(\text{Result}(s, a), \varphi))$

Operadores de la lógica BDI

- Operador modal $G(\varphi)$ o $GOAL(\varphi)$: el agente tiene el deseo φ
- Intención: la **voluntad** de cumplir con un deseo o de realizar una acción
 - $Int_i(\varphi) \Leftrightarrow \exists P [G_i(P) \wedge Bel_i(P \rightarrow \varphi) \wedge Bel_i(\neg P) \wedge Bel_i(Can(s, \varphi)) \wedge Bel_i(Can(s, \varphi)) \rightarrow Bel_i(Can(s, P))]$
 - El plan P es un objetivo
 - El agente cree que puede conseguir φ consiguiendo P
 - El agente cree que P no se ha ejecutado
 - El agente tiene que creer que puede hacer φ
 - La creencia que el agente puede hacer φ le lleva a creer que puede hacer P

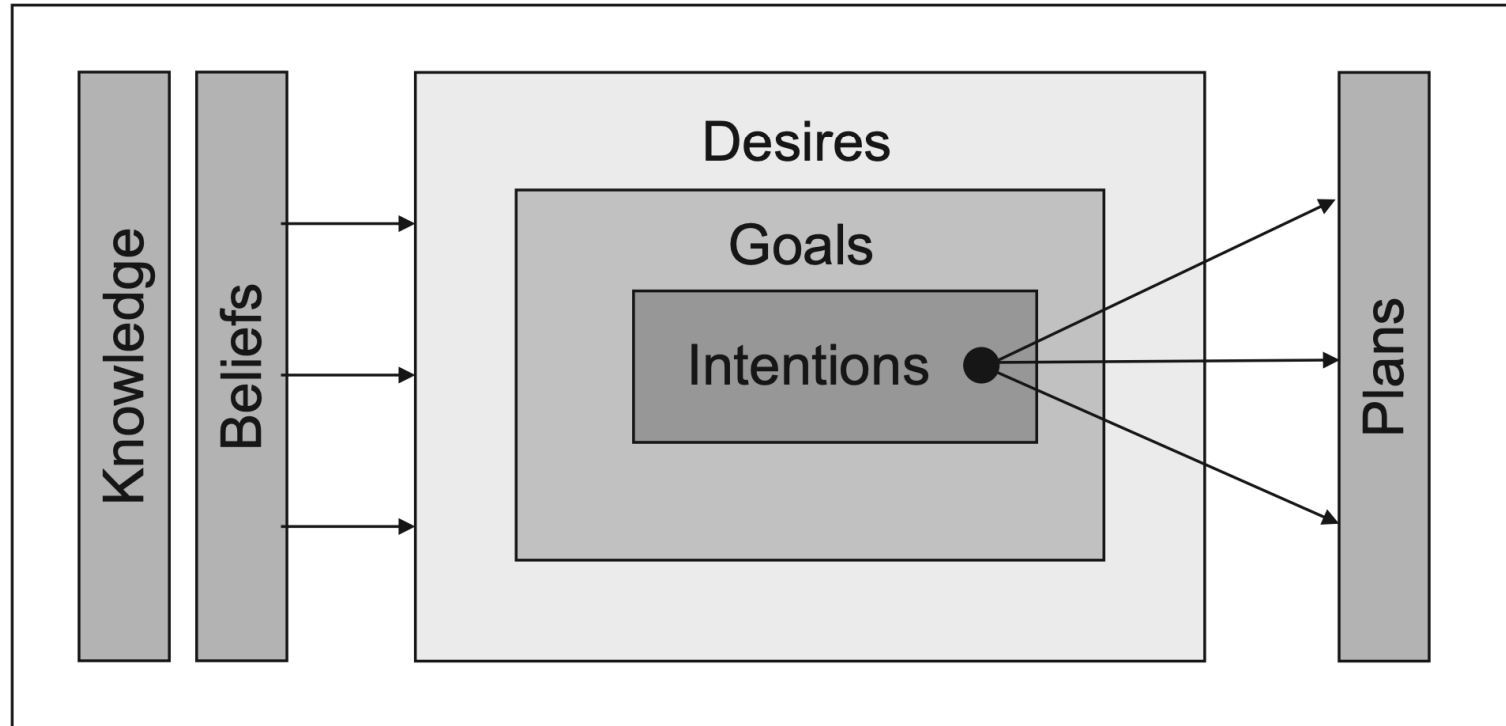
Razonamiento práctico

- El razonamiento práctico es el razonamiento dirigido hacia acciones (el proceso de descubrir qué hacer y cómo)
 - *“Practical reasoning is a matter of weighing conflicting considerations for and against competing options, where the relevant considerations are provided by what the agent desires/values/cares about and what the agent believes.”*
(Bratman)
- Se distingue del razonamiento teórico, dirigido hacia las creencias
 - Sócrates es un hombre – Todos los hombres son mortales – Por lo tanto, Sócrates es mortal
 - Tengo un examen mañana – Si estudio esta noche, me costará despertar – Si no estudio, suspenderé – Por lo tanto, esta noche no dormiré

Razonamiento práctico

- El razonamiento práctico consiste en dos actividades distintas:
 - Deliberación: qué estado del mundo queremos alcanzar
 - Razonamiento medios – fines: decidimos cómo alcanzar un determinado estado del mundo
- El resultado de la deliberación es una **intención**
- El resultado del razonamiento medios – fines es un **plan**

BDI (Rao & Georgeff, 1995)



Razonando con intenciones

- Las intenciones representan problemas para el agente, que debe encontrar maneras de resolverlos
 - Si A_i tiene la intención de que φ , esperamos que A_i dedique recursos a decidir cómo asegurarse de que φ se cumpla
- Las intenciones proveen de un filtro para adoptar otras intenciones, con las cuales no debe haber conflicto
 - Si A_i tiene la intención de que φ , no esperamos que A_i adopte una intención ψ tal que φ y ψ sean mutuamente excluyentes
- Los agentes hacen un seguimiento del éxito de sus intenciones, y tienden a intentarlo de nuevo si sus intentos fallan
 - Si el primer intento de A_i de conseguir que φ falla, mientras el resto del estado del mundo siga siendo igual, A_i buscará un plan alternativo para conseguir φ

Razonando con intenciones

- Los agentes creen que sus intenciones son posibles
 - Todo agente A_i que tiene la intención de que φ , cree que hay al menos una manera de conseguir que φ se cumpla
- Los agentes no creen que no puedan conseguir que sus intenciones se cumplan
 - No sería racional para un agente A_i adoptar la intención de que φ si creyera que no existe ninguna manera de conseguir que φ se cumpla

Razonando con intenciones

- En determinadas circunstancias, los agentes creen que pueden conseguir que se cumplan sus intenciones
 - El cumplimiento ha de ser condicional: (1) no sería racional creer que A_i siempre va a conseguir sus intenciones, ya que estas pueden fallar; (2) no tiene sentido que A_i adopte la intención de que φ si cree que φ es inevitable
- Los agentes no tienen la intención de que ocurran todos los efectos colaterales de sus intenciones
 - Si A_i cree que $\varphi \rightarrow \psi$ y tiene la intención de que φ , no necesariamente tiene la intención de que ψ (la intención no está cerrada por implicación)
 - *¿Tenemos la intención de sufrir dolor cuando vamos al dentista?*

Razonando con intenciones

- Todas estas propiedades hacen que las intenciones sean más *fuertes* que los deseos:
 - Tengo el deseo de estudiar esta tarde, y eso tendrá una influencia (limitada) en mi comportamiento durante el día
 - Sin embargo, debo tener en cuenta (considerar y evaluar) también los otros deseos relevantes (e.g. nutrirme o, al menos, no pasar hambre) antes de concentrarme en estudiar
 - Sin embargo, a partir del momento en el que adquiriera la **intención** de estudiar esta tarde, no hay discusión: no he de continuar evaluando los pros y contras de la elección. Cuando llegue la tarde, procederé con normalidad a ejecutar mis intenciones (Bratman, 1990).

Razonamiento medios – fines

- Proceso que a partir de los siguientes *inputs*:
 - Una representación del objetivo/intención a cumplir
 - Una representación de las acciones disponibles
 - Una representación del entorno
- Genera el siguiente *output*:
 - Un plan para lograr el objetivo/intención
- Este proceso suele ser automático:
 - Planificación clásica
 - HTN
 - Librerías de planes

Bucle de control de agente (versión 1)

Agent Control Loop Version 1

1. while true
2. observe the world;
3. update internal world model;
4. deliberate about what intention to achieve next;
5. use means-ends reasoning to get a plan for the intention;
6. execute the plan
7. end while

El problema de la transducción

- ¿Cómo se puede traducir el mundo real a una descripción simbólica precisa y adecuada?
- Compromisos y recursos limitados
 - Eficiente en espacio: ¿cómo lograr que una representación compacta sea adecuada?
 - Eficiente en tiempo: ¿cómo conseguir descripciones lo suficientemente rápidas de utilizar para ser útiles?
- Ejemplos
 - Percepción visual
 - Comprensión del habla
 - Aprendizaje por refuerzo
- En este campo se centra la subárea del aprendizaje automático llamada *feature learning* o *representation learning*
- El mismo problema surge con descripciones lógicas como ontologías (lo veremos en el tema siguiente)

Implementando razonamiento práctico

- Problema: los procesos de deliberación y razonamiento medios – fines no son instantáneos
 - Tienen un coste temporal
- Suponiendo que el agente A_i
 - Empieza a deliberar en tiempo t_0
 - Empieza su razonamiento medios – fines en tiempo t_1
 - Empieza a ejecutar su plan en tiempo t_2
- El tiempo de deliberación es:

$$t_{deliberate} = t_1 - t_0$$

- El tiempo de razonamiento medios – fines es:

$$t_{me} = t_2 - t_1$$

Implementando razonamiento práctico

- Supongamos que la deliberación es óptima en el sentido de que, si A_i selecciona una intención a cumplir, ésta es la mejor opción (racional) para A_i
- Por lo tanto, en tiempo t_1 , A_i ha seleccionado una intención a cumplir que podría haber sido óptima **si se hubiera cumplido en t_0**
- Pero, a menos que el tiempo $t_{deliberate}$ sea marginalmente pequeño, A_i cae en el riesgo de que la intención seleccionada ya no sea óptima en el momento en que se centra en cumplirla
- La deliberación es sólo la mitad del problema: A_i aún tiene que determinar **cómo** cumplir con la intención

Implementando razonamiento práctico

- En definitiva, A_i tendrá un comportamiento óptimo en las siguientes circunstancias:
 - Cuando la deliberación y el razonamiento medios – fines duren una cantidad marginalmente pequeña de tiempo
 - Cuando haya garantías de que el entorno se mantendrá estático durante el tiempo que A_i delibere o haga razonamiento medios – fines
 - En general: cuando haya garantías de que la intención que debería ser óptima si se cumple en t_0 se mantenga óptima hasta t_2 .

Bucle de control de agente (versión 3)

```
B := B0 ;  
I := I0 ;  
while true do  
    get next percept ρ ;  
    B := brf(B, ρ) ;  
    D := options(B, I) ;  
    I := filter(B, D, I) ;  
    π := plan(B, I) ;  
    execute(π)  
end while
```

Revisión de creencias: nuevo estado del mundo

El agente comprende qué opciones tiene disponibles

Escoge entre ellas, y se **compromete** a algunas

Estas opciones son las intenciones sobre las cuales se planifica

Commitment strategies

Some time in the not-so-distant future, you are having trouble with your new household robot. You say “Willie, bring me a beer.” The robot replies “OK boss.” Twenty minutes later, you screech “Willie, why didn’t you bring me that beer?” It answers “Well, I intended to get you the beer, but I decided to do something else.” Miffed, you send the wise guy back to the manufacturer, complaining about a lack of commitment. After retrofitting, Willie is returned, marked “Model C: The Committed Assistant.” Again, you ask Willie to bring you a beer. Again, it accedes, replying “Sure thing.” Then you ask: “What kind of beer did you buy?” It answers: “Genessee.” You say “Never mind.” One minute later, Willie trundles over with a Genessee in its gripper. This time, you angrily return Willie for overcommitment.

After still more tinkering, the manufacturer sends Willie back, promising no more problems with its commitments. So, being a somewhat trusting customer, you accept the rascal back into your household, but as a test, you ask it to bring you your last beer. Willie again accedes, saying “Yes, Sir.” (Its attitude problem seems to have been fixed.) The robot gets the beer and starts towards you. As it approaches, it lifts its arm, wheels around, deliberately smashes the bottle, and trundles off. Back at the plant, when interrogated by customer service as to why it had abandoned its commitments, the robot replies that according to its specifications, it kept its commitments as long as required — commitments must be dropped when fulfilled or impossible to achieve. By smashing the bottle, the commitment became unachievable.

Cohen & Levesque

Compromiso

- El compromiso implica persistencia temporal
 - La intención, una vez adoptada, no debería evaporarse inmediatamente
 - Un aspecto clave es cómo de comprometido debería estar el agente respecto de sus intenciones
- Una estrategia de compromiso es un mecanismo que un agente usa para determinar cuándo y cómo abandonar una intención
- Compromiso ciego (o fanático):
 - El agente mantendrá la intención hasta que crea que se ha cumplido
- **Compromiso de determinación:**
 - **El agente mantendrá la intención hasta que lo crea cumplido, o bien hasta que falle**
- Compromiso abierto:
 - El agente mantendrá la intención mientras crea posible cumplirlo

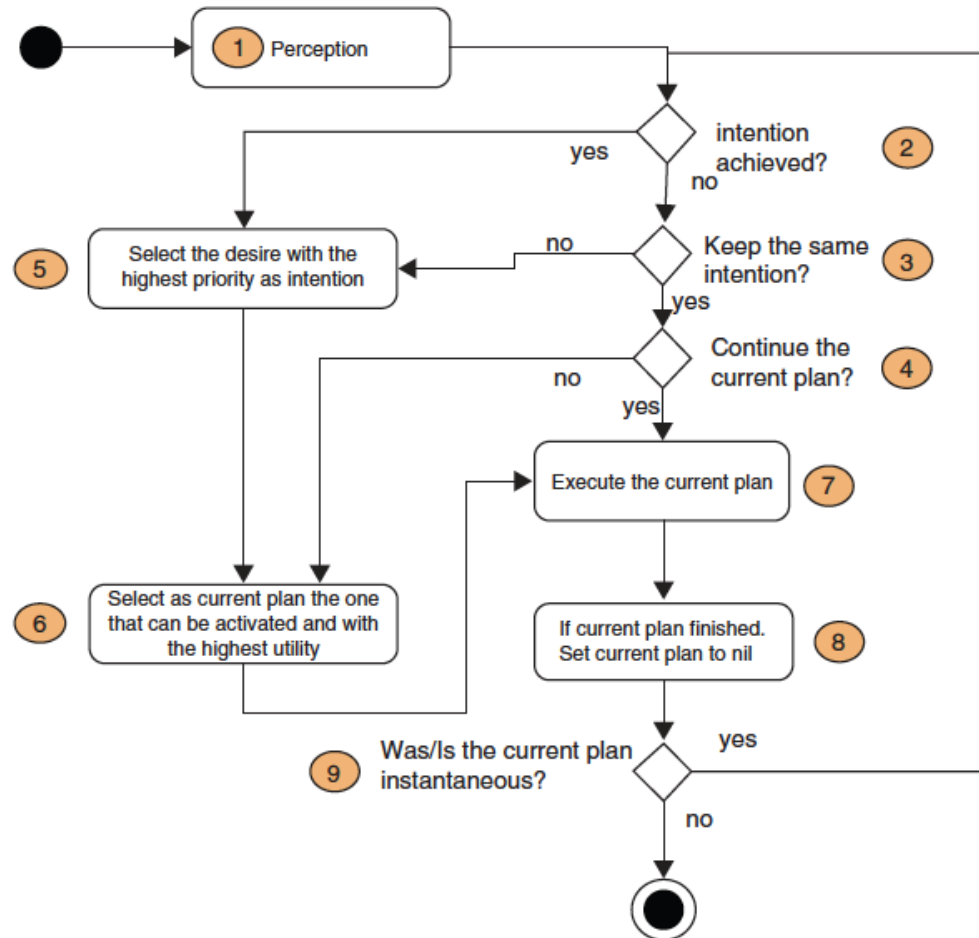
Reconsideración de intenciones

- Las intenciones permiten a los agentes inteligentes estar **dirigidos por objetivos**, en vez de estar puramente dirigidos por los eventos del mundo
 - Deliberación vs reactividad
- Los agentes pueden perseguir objetivos a largo plazo a través del compromiso con sus intenciones
- Sin embargo, puede ser necesario para un agente BDI reconsiderar sus intenciones frecuentemente:
 - Un agente debería deshacerse de intenciones que no se pueden alcanzar
 - Un agente debería adoptar nuevas intenciones si las oportunidades de mejorar su rendimiento surgen
 - ¿Cómo de frecuente debería ser esta revisión? Depende de: (1) la complejidad del entorno y (2) la racionalidad del agente

Reconsideración de intenciones

- La reconsideración de intenciones tiene un coste y esto conlleva un dilema
 - Un agente que no se pare a reconsiderar con suficiente frecuencia continuará intentando lograr sus intenciones, aunque esté claro que no se pueden conseguir o deje de ser beneficioso conseguir las
 - Un agente que reconsidere sus intenciones constantemente puede perder demasiado tiempo necesario para conseguir las, bajo el riesgo de no conseguir las nunca
- Solución: incorporar un (meta-)componente explícito de control que externalice el proceso de reconsideración

Bucle de control de agente (versión 4)



```

 $B := B_0;$ 
 $I := I_0;$ 
while true do
  get next percept  $\rho$ ;
   $B := brf(B, \rho);$ 
   $D := options(B, I);$ 
   $I := filter(B, D, I);$ 
   $\pi := plan(B, I);$ 
  while not ( $empty(\pi)$ 
    or  $succeeded(I, B)$ 
    or  $impossible(I, B)$ ) do
     $\alpha := hd(\pi);$ 
     $execute(\alpha);$ 
     $\pi := tail(\pi);$ 
    get next percept  $\rho$ ;
     $B := brf(B, \rho);$ 
    if  $reconsider(I, B)$  then
       $D := options(B, I);$ 
       $I := filter(B, D, I);$ 
    end-if
    if not  $sound(\pi, I, B)$  then
       $\pi := plan(B, I)$ 
    end-if
  end-while
end-while

```

Implementaciones

- BDI Control Loop (versión 4)
 - BDI4JADE (Java, plataforma JADE): <https://github.com/ingridnunes/bdi4jade>
- Enfoques pragmáticos con AgentSpeak
 - Jason (Java): <https://jason-lang.github.io/>
 - Spade-BDI (Python, plataforma SPADE): <https://spade-bdi.readthedocs.io/en/latest/>
- Otros
 - Plataforma GAMA: <https://gama-platform.org/wiki/BDIAgents>
 - 2-APL: <https://sourceforge.net/projects/apapl/>