Tesina de Licenciatura:

COMPLETITUD E IMPLEMENTACIÓN DE MODALIDADES EN MAS

Facultad de Informática - UNLP

Agustin Ambrossio
Leandro Mendoza

Objetivos del trabajo

- Combinar lógicas.
- Probar completitud y decidibilidad de las combinaciones.
- Construir y analizar chequeadores de modelos para las combinaciones.

Descripción general del trabajo

- Definiciones previas.
- Nuestro trabajo: fibrado y unión de lógicas.
- Implementacion: PROLOG y SPINdle.
- Conclusiones
- Trabajo futuro

Definiciones previas

- Lógica modal normal y no-normal.
- Sistemas multi-agentes.
- Teoría de confianza en MAS.
- Combinación de lógicas: unión y fibrado.

Definiciones previas

- Lógica modal normal y no-normal

  - La lógica modal extiende la lógica proposicional clásica con modalidades u operadares modales.

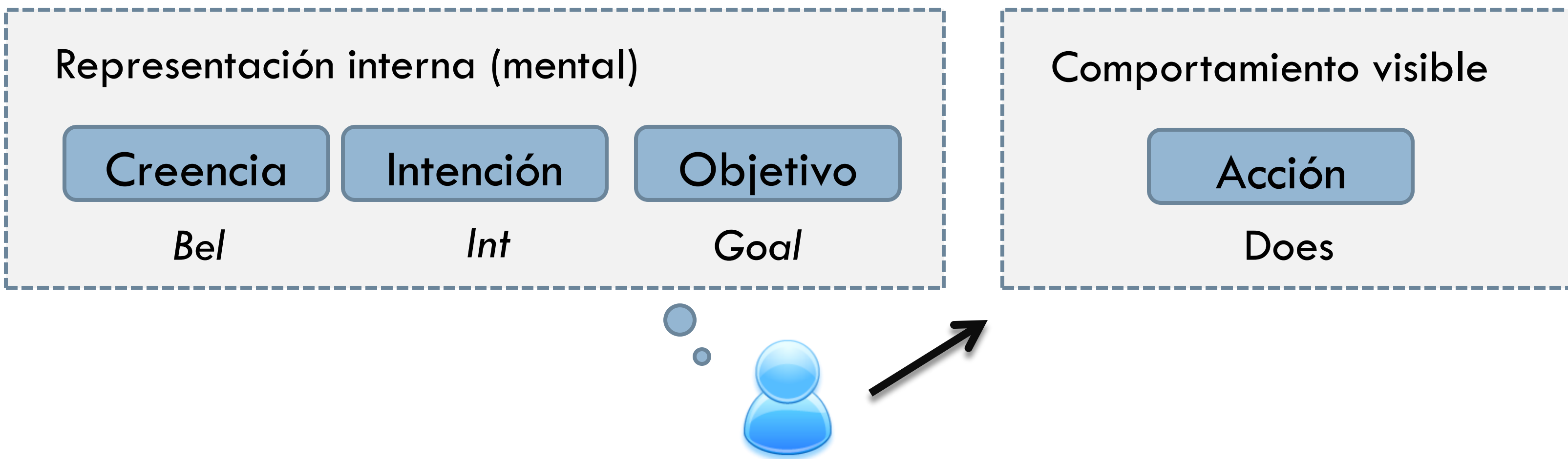
  - Una Lógica modal es normal cuando satisface el axioma de distribución:

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

  - Es no-normal cuando no lo satisface.

Definiciones previas

- Sistemas multi-agentes BDI.



Definiciones previas

- Teoría de confianza
  - Collective Trust and Normative Agents (Smith & Rotolo 2010):
  - Formaliza el concepto de confianza en sistemas multi-agente utilizando un lenguaje lógico.
  - Describe conexiones entre diferentes formas de confianza grupal.

Definiciones previas

- Teoría de confianza (cont.)

		Operador	Descripción
Normal	Individual	$BEL_i(\varphi)$	El agente i cree φ
		$INT_i(\varphi)$	El agente i tiene la intención φ
		$GOAL_i(\varphi)$	El agente i tiene el objetivo φ
	Colectivos	$E\text{-}BEL_G(\varphi)$	Todo agente en el grupo G cree φ
		$C\text{-}BEL_G(\varphi)$	El grupo G tiene la creencia colectiva φ
		$E\text{-}INT_G(\varphi)$	Todo agente en el grupo G tiene la intención individual de hacer φ verdadera
		$M\text{-}INT_G(\varphi)$	El grupo G tiene la intención mutua φ
		$C\text{-}INT_G(\varphi)$	El grupo G tiene la intención colectiva de hacer φ verdadera
No Normal	Individual	$DOES_i(\varphi)$	El agente i lleva a cabo φ

Definiciones previas

- Teoría de confianza (cont.)
  - La confianza es modelada a partir del concepto de delegación (débil o fuerte).

Confianza individual

Confianza grupal

Definiciones previas

- Teoría de confianza (cont).
  - Ejemplos de niveles de confianza
    - Confianza conjunta. Ejemplo: parada de micro.
    - Credibilidad. Ejemplo: regalo de cumpleaños.
    - Confianza colectiva: quema de muñecos.

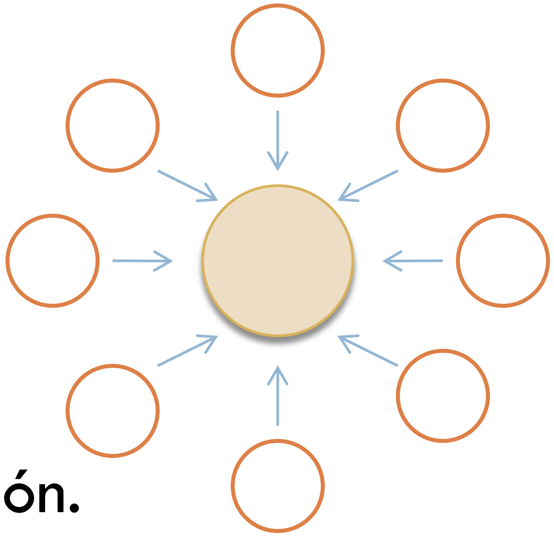
Definiciones previas

- Combinación de lógicas

  - **Motivación:** modularidad, reutilización de pruebas independientes y expresividad.

  - **Problemas:** transferencia de propiedades lógicas.

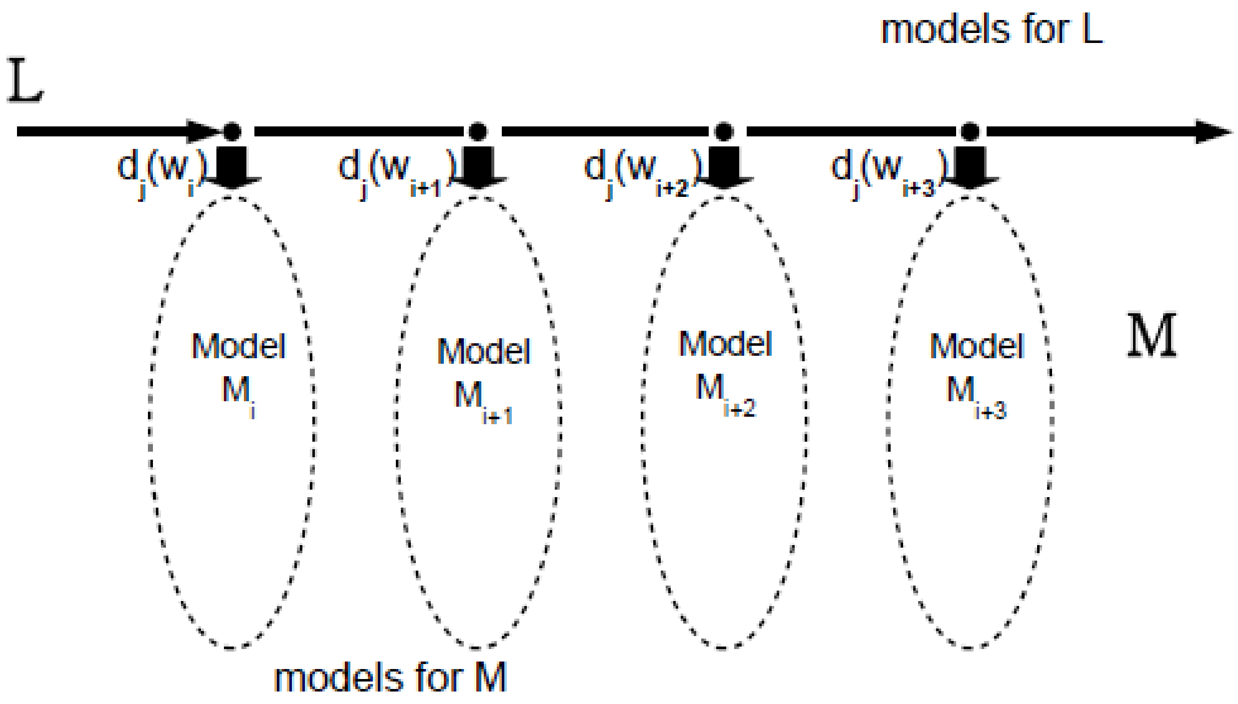
  - **Técnicas utilizadas:** fibrado y unión.



Definiciones previas

- Combinación de lógicas (cont.)

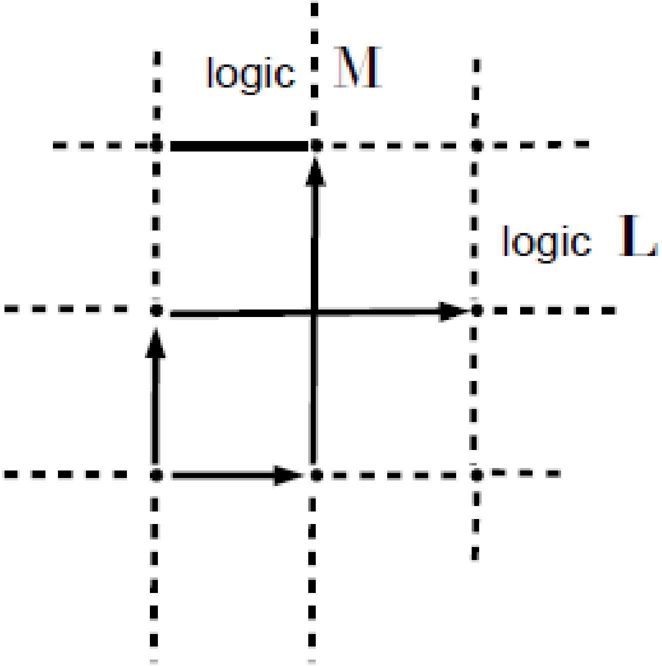
  - Fibrado de dos lógicas L y M. Lógica resultante L(M).



Definiciones previas

- Combinación de lógicas (cont.)

  - Unión de lógicas L y M. Lógica resultante L $\otimes$ M.



Nuestro trabajo

- Reorganizamos la teoría de confianza original como una combinación especial de partes más sencillas (lógicas de propósitos especiales): una normal y otra no normal.
- Combinamos la parte normal con la no-normal.
- Luego probamos propiedades lógicas útiles para garantizar implementaciones computacionales correctas.

Nuestro trabajo

- Marco lógico
  - Estructura del MAS

$$\mathfrak{F} = \langle A, W, \{B_i\}_{i\in A}, \{G_i\}_{i\in A}, \{I_i\}_{i\in A}, \{D_i\}_{i\in A} \rangle$$

  - A es un conjunto de agentes.
  - W es un conjunto de situaciones, puntos o mundos posibles.
  - $\{B_i\}_{i\in A}, \{G_i\}_{i\in A}, \{I_i\}_{i\in A}, \{D_i\}_{i\in A}$ son las relaciones de accesibilidad resp. a Bel, Goal, Int y Does.

Fibrado

- Sintaxis

  - Llamamos **N** a la restricción de $\mathfrak{F}$ a su parte normal y Does a la restricción de $\mathfrak{F}$ a su parte no-normal.

  - Identificamos dos conjuntos en la lógica del Does:
    - **Formulas booleanas (BDoes):** su operador externo es booleano. Ejemplo: $(Does_i\mathscr{A} \wedge Does_i\mathscr{B})$
    - **Fórmulas Monolíticas (MDoes):** cualquier otro caso. Ejemplo: $Does_i\mathscr{A}$.

  - Llamamos **N**(Does) al fibrado de **N** a través de Does.

Fibrado

- Lenguaje
  - Sea $\mathscr{L}_{\mathrm{Does}}$ el lenguaje de la lógica de la acción (Does).
  - Sea $\mathscr{L}_{\mathsf{N}}$ el lenguaje de la parte normal.
  - El lenguaje $\mathscr{L}_{\mathsf{N}(\mathrm{Does})}$ del fibrado $\mathsf{N}(\mathrm{Does})$ se obtiene reemplazando letras proposicionales por "fórmulas monolíticas de $\mathscr{L}_{\mathrm{Does}}$" (Fuzzling, Finger & Gabbay 1996).

Fibrado

- Modelo
  - Un modelo para $\mathbf{N}(\mathrm{Does})$ tiene la estructura:

    $$\mathfrak{M} = \langle A, W, \{B_i\}_{i \in A}, \{G_i\}_{i \in A}, \{I_i\}_{i \in A}, V', \{d_i\} \rangle$$

  - $A, W, \{B_i\}_{i \in A}, \{G_i\}_{i \in A}, \{I_i\}_{i \in A}$ como definimos en $\mathfrak{F}$.
  - V' es la función de valuación V restringida a operadores modales normales, donde:
    - condiciones booleanas estándar;
    - $V'(w, Bel_i, \mathscr{A}) = 1$ iff $\forall v \in W$(if wB_iv then $V'(v, \mathscr{A}) = 1$);
    - $V'(w, Goal_i, \mathscr{A}) = 1$ iff $\forall v \in W$(if wG_iv then $V'(v, \mathscr{A}) = 1$);
    - $V'(w, Int_i, \mathscr{A}) = 1$ iff $\forall v \in W$(if wI_iv then $V'(v, \mathscr{A}) = 1$);

Fibrado

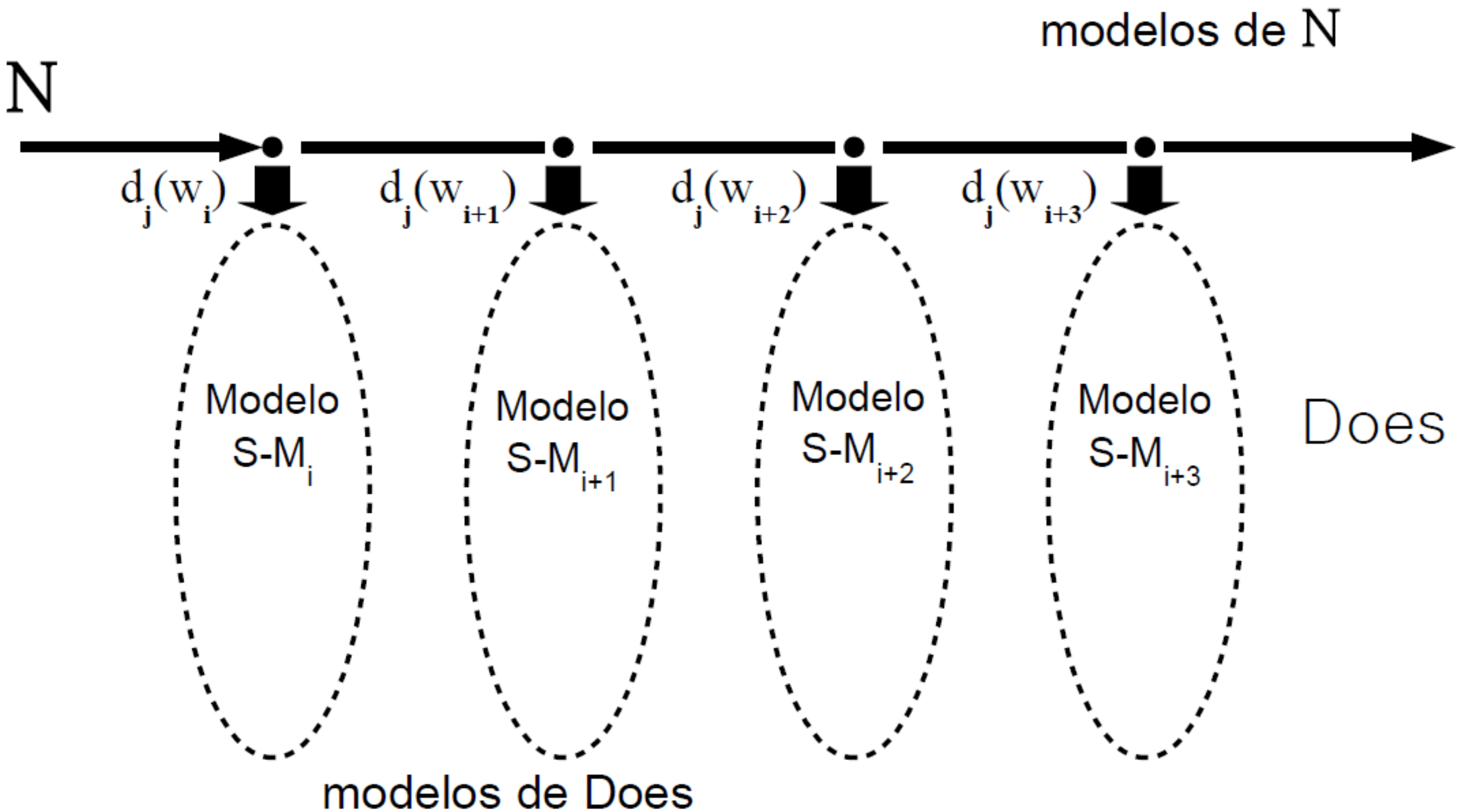
- Función de fibrado
  - Cada d_i es una función total de mapeo para cada mundo $w \in W$ y cada agente i:

$$d_i : W \to \eta$$

  - A cada punto w del modelo de Kripke le corresponde un modelo η de Scott Montague:

Fibrado

- Función de fibrado (cont.)



Fibrado

- Función de fibrado (cont.)
  - $\eta = \langle W, D_i, \mathrm{v} \rangle$ es un modelo de Scott Montague donde:
  - W es el mismo conjunto de mundos.
  - D_i es una familia de relaciones de accesibilidad D_i de cada agente i resp. al operador Does.
  - v es V restringida a operadores no-normales.
  - $Does_i \mathscr{A}$ es verdadera en algún w sii $\mathscr{A}$ es verdadera en todos los vecindarios de w.

Fibrado

- Función de mapeo (cont.)
  - Formalmente, definimos a $\mathbf{V}$:
    - condiciones booleanas estándar;
    - $\mathtt{v}(w, Does_i \mathscr{A}) = 1$ iff $\exists \mathtt{D}_i \in D_i$ such that $\forall u (w \mathtt{D}_i u$ iff $\mathtt{v}(u, \mathscr{A}) = 1)$

Fibrado

- Semántica
  - Dado un modelo $\mathfrak{M}$, dado un $w \in W$, y dadas las funciones d_i , la semántica esta dada por reemplazar la cláusula:

$$\mathfrak{M}, w \models p \text{ iff } p \in V'(w), \text{ whenever } p \in P$$

por la cláusula:

$$\mathfrak{M}, w \models \mathscr{A} \text{ iff } d_i(w) \models \mathscr{A}, \text{ whenever } \mathscr{A} \in \text{ MDoes.}$$

Fibrado

- Completitud y decidibilidad
  - $N(Does)$ es completa, si N y $Does$ son completas.
  - $N(Does)$ es decidible, si N y $Does$ son decidibles.
  - Para la lógica del Does estos resultados fueron probados en (Governatori, Rotolo 2005).
  - Para N, las pruebas están realizadas en este trabajo.

Fibrado

- Completitud y decibilidad (cont.)
  - Las pruebas de completitud y decidibilidad para **N** se realizaron utilizando los siguientes métodos:
  - **Completitud:** utilizando modelos canónicos (toda lógica es completa con respecto a su modelo canónico) (Blackburn 2001, cap. 4).
  - **Decidibilidad:** a través de la propiedad de modelo finito encontrado "via filtration" (cerrar las fórmulas en una estructura manejable) (Blackburn 2001, cap. 6).

Fibrado

- Chequeador de modelos
  - Dada una fórmula y un modelo, verificamos si la fórmula se satisface en el modelo.

Function $MC_{\mathbf{N}(\mathrm{Does})}((A, W, B_i, G_i, I_i, V', \{d_i\}), \varphi)$

input: a modalized model $\mathfrak{M}$ and a formula $\varphi \in \mathscr{L}_{\mathbf{N}(\mathrm{Does})}$

compute $\mathrm{MM}\mathscr{L}_{\mathrm{Does}}(\varphi)$

for every $\alpha \in \mathrm{MM}\mathscr{L}_{\mathrm{Does}}(\varphi)$

$\quad i :=$ *identify the agent involved in* α

$\quad$ *for every* $w \in W$

$\quad\quad$ *if* $(MC_{\mathrm{Does}}(d_i(w), \alpha) = true)$ *then*

$\quad\quad\quad V'(w) := V'(w) \bigcup \{p_\alpha\}$ $\quad$ /*fuzzling*/

build up φ' /* *systematically replace variables generated above* */

return $MC_{\mathbf{N}}((A, W, B_i, G_i, I_i, V', \{d_i\}), \varphi')$;/**calls to the normal checker**/

Unión

- Usando $\mathbf{N}(\text{Does})$ no podemos escribir fórmulas como $Does_i(Goal_j \mathscr{A})$ (una forma de persuasión).
- Nuevamente dividimos a $\mathfrak{F}$ en dos sub-estructuras: **N** y Does.
- Duplicamos y sub-indicamos los elementos de W para obtener un conjunto de situaciones W_N y otro W_D.
- Construimos la ontología $W_N \times W_D$ de pares (w_N, w_D).

Unión

- Sintaxis y semántica
  - Sintaxis

- Sea $\mathscr{L}_{\mathrm{N}}$ el lenguaje de **N** y $\mathscr{L}_{\mathrm{Does}}$ el lenguaje de la acción.

- El lenguaje $\mathscr{L}_{\mathrm{N} \times \mathrm{Does}}$ es obtenido tomando la unión de las reglas de formación de ambos lenguajes.

Unión

- Sintaxis y semántica (cont.)
  - Semántica

    - Supongamos dos sub-estructuras separadas:

      $$\langle A, W_N, \{B_i\}, \{G_i\}, \{I_i\}, V'\rangle \text{ y } \langle A, W_D, \{D_i\}, \mathrm{v}\rangle$$

    - Interpretamos $\mathscr{L}_{\mathrm{N}\times\mathrm{Does}}$ sobre un modelo combinado:

$$\mathfrak{C} = \langle A, W_N \times W_D, \{B_i\}_{i\in A}, \{G_i\}_{i\in A}, \{I_i\}_{i\in A}, \{D_i\}_{i\in A}, \mathrm{V}\rangle$$

Unión

- Semántica

$$\mathfrak{C} = \langle A, W_N \times W_D, \{B_i\}_{i\in A}, \{G_i\}_{i\in A}, \{I_i\}_{i\in A}, \{D_i\}_{i\in A}, \mathbb{V}\rangle$$

  - A es un conjunto de agentes.
  - $W_N \times W_D$ es un conjunto de pares de situaciones.
  - $\{B_i\}_{i\in A}, \{G_i\}_{i\in A}, \{I_i\}_{i\in A}$ definidas como antes.
  - $\{D_i\}_{i\in A}$ son las relaciones de accesibilidad resp. a la acción.
  - $\mathbb{V} : W_N \times W_D \to \mathcal{P}ow(P)$ es una función que asigna a cada par $(w_N, w_D) \in W_N \times W_D$ el conjunto de letras proposicionales P que son verdaderas.

Unión

- Semántica (cont.)
  - La definición de una fórmula $\mathscr{L}_{\mathrm{N}\times\mathrm{Does}}$ que se satisface en un modelo $\mathfrak{C}$ en un estado (w_N, w_D) se define formalmente:
  - Bel: $\mathfrak{C}, (w_N, w_D) \models Bel_i\ \mathscr{A}\ sii$

    $$\forall v_N \in W_N(\ si\ w_N B v_N\ entonces\ \mathfrak{C}, (v_N, w_D) \models \mathscr{A}).$$
  - Goal: $\mathfrak{C}, (w_N, w_D) \models Goal_i\ \mathscr{A}\ sii$

    $$\forall v_N \in W_N(\ si\ w_N G v_N\ entonces\ \mathfrak{C}, (v_N, w_D) \models \mathscr{A}).$$

Unión

- Semántica (cont.)
  - Int: $\mathfrak{C}, (w_N, w_D) \models Int_i\ \mathscr{A}\ sii$

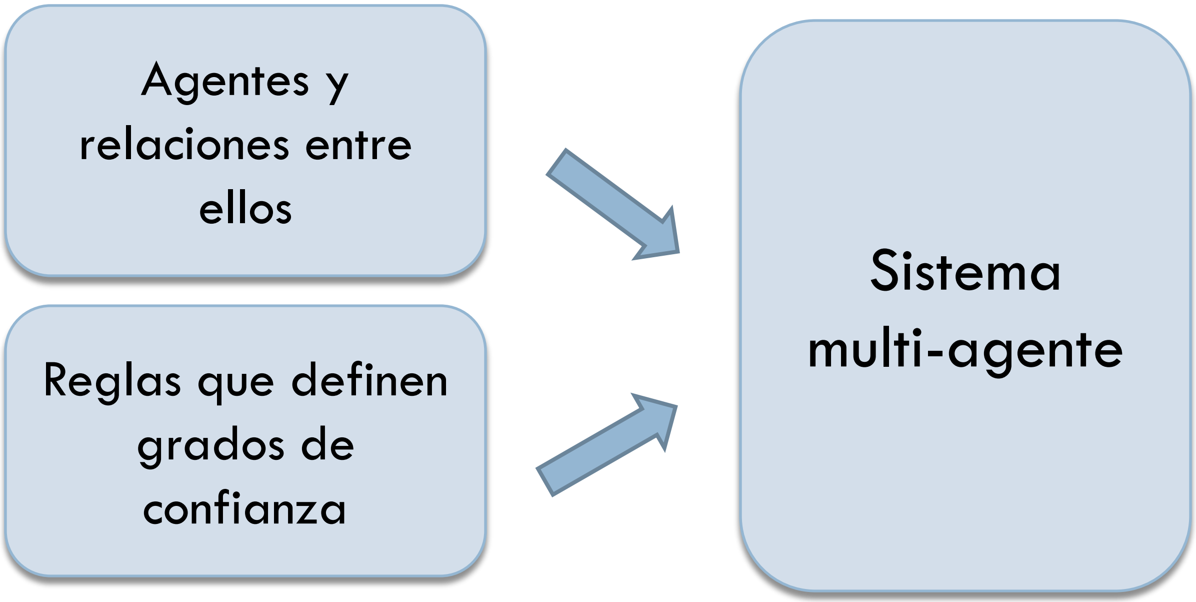
    $$\forall v_N \in W_N(\ si\ w_N I v_N\ entonces\ \mathfrak{C}, (v_N, w_D) \models \mathscr{A}).$$

  - Does: $\mathfrak{C}, (w_N, w_D) \models Does_i\ \mathscr{A}\ sii$ existe un vecindario n de w_D tal que:

    $$\forall v \in n\ (\mathfrak{C}, (w_N, v) \models \mathscr{A}).$$

Implementación - Prolog

- Implementamos en PROLOG un chequeador de modelo para el fibrado.



Implementación – Prolog

- Naturaleza declarativa de la lógica modal y del lenguaje computable.
- Facilidad en el manejo de reglas, hechos y axiomas.
- Versatilidad en el manejo de estructuras de datos.

Implementación - SPINdle

- Problemas:
  - Ausencia de datos complejas.
  - Falta de mecanismos de sustitución de variables.
  - Débil parametrización para manejar operadores modales.

Resultados logrados

- Reorganización de la teoría original
- Prueba de completitud y decidibilidad del fibrado.
- Construcción de chequeadores de modelos del fibrado.

Resultados logrados (cont.)

- Análisis de tiempos de ejecución del fibrado.
- Implementación de chequeador de modelo en PROLOG.
- Implementaciones de ejemplo en SPINdle.

Conclusiones

- Las combinaciones logradas llevan a diferentes niveles de expresividad.
- La combinación de lógicas sugirió la estrategia de diseño para la construcción de chequeadores de modelos.
- Las propiedades de completitud y modelo finito son sustento para implementaciones computacionales correctas.

Trabajos futuros

- Explorar otras posibles combinaciones.
- Explorar técnicas para mejoras en los tiempos de ejecución de las combinaciones logradas.
- Explorar implementaciones realísticas de la teoría de confianza en escenarios específicos.

Fin.