

Cálculo de Predicados

- Elementos de representación:
 - Términos: Constantes (UGR), Variables (X), Funciones (siguiente(X))
 - Fórmulas atómicas: Predicados definidos sobre términos
 - trabaja-como(empleado1,director)
 - tiene-hijos(empleado1,1)
 - Fórmulas bien formadas (fbf): Fórmulas atómicas unidas por conectivas ($\wedge, \vee, \neg, \rightarrow$) y cuantificadas (\forall, \exists)
 - $\forall X,Y$ trabaja-como(X,director), tiene-hijos(X,Y), $Y \leq 2 \rightarrow$ gana(X,60000)
 - $\forall X,Y$ trabaja-como(X,director), tiene-hijos(,;Y), $Y > 2 \rightarrow$ gana(X,70000)

Reglas de inferencia

- Inferencia: Todas las de lógica proposicional + instanciación universal
- Instanciación universal: si tenemos $\forall X p(X)$ entonces se puede deducir $p(a)$, $p(Y)$. . .
- Ejemplo: Todos los hombres son mortales, Sócrates es un hombre, por tanto Sócrates es mortal:
 - a. $R1: \forall X \text{ hombre}(X) \rightarrow \text{mortal}(X)$
 - b. $\text{hombre}(\text{sócrates})$
 - c. $R1 \text{ y } X=\text{sócrates}: \text{hombre}(\text{sócrates}) \rightarrow \text{mortal}(\text{sócrates})$
 - d. $(b \text{ y } c) \text{ mortal}(\text{sócrates})$

Representación

- Una universidad imparte un conjunto de titulaciones en un conjunto de centros y campus.
 - imparte(Universidad,Titulación,Centro,Campus)
 - imparte(UGR,Informática,ETSIIT,Aynadamar)
 - Imparte(UGR,Matemáticas,FC,Ciencias)
- La representación no es única, alternativa:
 - imparte-titulación(Universidad,Titulación)
 - imparte-titulación(UGR,Informática)
 - imparte-titulación(UGR,Matemáticas)
 - imparte-centro(Informática,ETSIIT)
 - imparte-centro(Matemáticas,FC)
 - centro-en-campus(ETSIIT,Aynadamar)
 - centro-en-campus(FC,Ciencias)

Sigue el ejemplo

- Cada titulación tiene un plan de estudios formado por un conjunto de asignaturas troncales, obligatorias, optativas y de libre elección.
 - asignatura-en-plan(Asignatura,Titulación)
 - asignatura-en-plan(IA,Informática)
 - tipo-asignatura(Asignatura,Tipo)
 - tipo-asignatura(IA,obligatoria) o
 - tipo-asignatura(IA,troncal)
 - Cada asignatura se imparte en un curso y cuatrimestre determinados y tiene un determinado numero de créditos.
 - curso-asignatura(Asignatura,Curso)
 - cuatrimestre-asignatura(Asignatura,Cuatrimestre)
 - créditos-asignatura(Asignatura,Créditos)
- O
- asignatura(Asignatura,Curso,Cuatrimestre,Creditos)

Inferencia

- Cuando un alumno se matricula por primera vez en primero, debe matricularse de todas las asignaturas del primer curso.

R1: $\forall X, U, Y$ primera-matrícula(X, U), curso-asignatura($Y, 1$) \rightarrow
matriculado-en(X, Y)

Inferencia: Deducción con Modus-Ponens

- En primero del grado en Informática de la UGR se imparte las asignaturas de FundamentosdeProgramación, . . .
 1. curso-asignatura(FundamentosdeProgramación,1)
 2. curso-asignatura(FundamentosdelSoftware,1)
- Ana Morales Pérez acaba de matricularse en primero de la titulación.
 - a) primera-matricula(anaMorales,UGR)
- Si $X=anaMorales$, $U=UGR$, e $Y =FundamentosdeProgramación$, (unificación) por el Modus-Ponens, a partir de la regla R1, de 1 y de a), se puede deducir que
$$\text{matriculado-en}(anaMorales, FundamentosdeProgramación)$$
- Si $X=anaMorales$, $U=UGR$, y $Y =FundamentosdelSoftware$, por el Modus-Ponens, a partir de la regla R1, de 2 y de a), se puede deducir que
$$\text{matriculado-en}(anaMorales, FundamentosdelSoftware)$$

Deducción hacia atrás

- Y si se desea conocer ¿en qué asignaturas se debe matricular Ana Morales?
- Pregunta: `matriculado-en(anaMorales,Y)`
- Se busca una implicación lógica en la que aparezca `matriculado-en(V, V1)` en la parte derecha (puede haber más de una).
- Si se pueden unificar, se intentan deducir los literales que aparezcan en la parte izquierda de la implicación.
- Si existe alguna asignación de valor a las variables de la parte izquierda que permita deducir como ciertas las condiciones, se podrá deducir la pregunta de diferentes formas (diferentes valores de Y: `FundamentosdeProgramación`, `FudamentosdelSoftware`, . . .)

Características del cálculo de predicados

- Ventaja: representación de tipo general mas rica que la proposicional
- Características de un sistema de razonamiento lógico:
 - solidez: para estar seguro que una conclusión inferida es cierta.
 - completitud: para estar seguros de que una inferencia tarde o temprano producirá una conclusión verdadera.
 - decidibilidad: para estar seguros de que la inferencia es factible.
- La refutación mediante resolución es sólida y completa.
- Problema: el cálculo de predicados es semidecidible y además en los casos en que la refutación mediante resolución termina, el procedimiento es NP-duro.

Características del cálculo de predicados

- Solución: subconjuntos decidibles de lógica de predicados (clausulas de Horn)
- Existe un lenguaje de programación que permite crear y ejecutar programas en lógica de predicados: PROLOG

conectados(X,Y) :- conectados(Y,X).

alcanzable(X,Y) :- conectados(X,Y).

alcanzable(X,Y) :- conectados(X,Z), alcanzable(Z,Y).

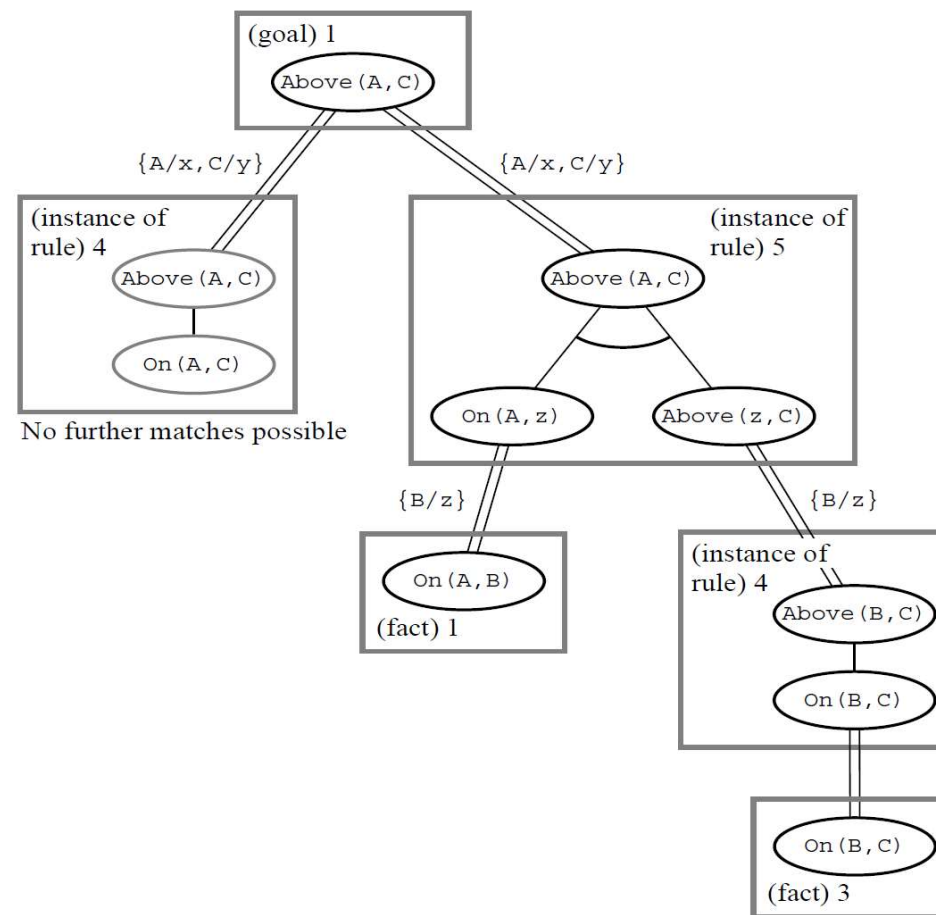
Ejemplo de PROLOG

$$(\forall x, y, z)[Sobre(x, y) \supset Encima(x, y)]$$

$$(\forall x, y)\{(\exists z)[Sobre(x, z) \wedge Encima(z, y)] \supset Encima(x, y)$$

1. :- Encima(A,C)
2. Sobre(A,B) :-
3. Sobre(B,C) :-
4. Encima(x,y) :- Sobre(x,y)
5. Encima(x,y) :- Sobre(x,z), Encima(z,y)

Ejemplo de Prolog



Otras lógicas

- Lógicas de segundo orden (o de orden superior)
 - tienen dos (o tres) tipos definidos: los objetos y los conjuntos o funciones sobre los mismos (o ambos)
 - es equivalente a decir que los predicados pueden tomar otros predicados como argumentos
- Lógicas modales y temporales
 - necesario y posible
- Lógica difusa
 - grados de pertenencia
- Otras: multi-valuadas, no-monótonas, cuánticas, .
..

Lógica difusa

- Extensión de la lógica clásica diseñada para permitir el razonamiento sobre conceptos imprecisos
 - “la velocidad del motor es muy alta”
 - “el paciente tiene fiebre moderada”
 - “si el paciente tiene fiebre muy alta y es muy joven, entonces la dosis debe de ser moderada”
- Ejemplo: control del movimiento de un robot