
Programación declarativa (2004–05)

Tema 5: Programación lógica de segundo orden

José A. Alonso Jiménez

Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad de Sevilla

Modificación de la base de conocimiento

- Predicados `assert` y `retract`:
 - `assert(+Term)` inserta un hecho o una cláusula en la base de conocimientos. `Term` es insertado como última cláusula del predicado correspondiente.
 - `retract(+Term)` elimina la primera cláusula de la base de conocimientos que unifica con `Term`.

```
?- hace_frio.
```

```
No
```

```
?- assert(hace_frio).
```

```
Yes
```

```
?- hace_frio.
```

```
Yes
```

```
?- retract(hace_frio).
```

```
Yes
```

```
?- hace_frio.
```

```
No
```

Modificación de la base de conocimiento

- El predicado `listing`:
 - `listing(+Pred)` lista las cláusulas en cuya cabeza aparece el predicado `Pred`, Por ejemplo,

```
?- assert((gana(X,Y) :- rápido(X), lento(Y))).
?- listing(gana).
gana(A, B) :- rápido(A), lento(B).
?- assert(rápido(juan)),assert(lento(jose)),
      assert(lento(luis)).
?- gana(X,Y).
X = juan   Y = jose ; X = juan   Y = luis ;
No
?- retract(lento(X)).
X = jose ;
X = luis ;
No
?- gana(X,Y).
No
```

Modificación de la base de conocimiento

- Los predicados `asserta` y `assertz`:
 - `asserta(+Term)` equivale a `assert/1`, pero `Term` es insertado como primera cláusula del predicado correspondiente.

- `assertz(+Term)` equivale a `assert/1`.

```
?- assert(p(a)), assertz(p(b)), asserta(p(c)).
```

```
Yes
```

```
?- p(X).
```

```
X = c ;
```

```
X = a ;
```

```
X = b ;
```

```
No
```

```
?- listing(p).
```

```
p(c).
```

```
p(a).
```

```
p(b).
```

```
Yes
```

Modificación de la base de conocimiento

- Los predicados `retractall` y `abolish`:
 - `retractall(+C)` elimina de la base de conocimientos todas las cláusulas cuya cabeza unifica con `C`.
 - `abolish(+SimbPred/+Aridad)` elimina de la base de conocimientos todas las cláusulas que en su cabeza aparece el símbolo de predicado `SimbPred/Aridad`.

```
?- assert(p(a)), assert(p(b)).
```

```
?- retractall(p(_)).
```

```
?- p(a).
```

```
No
```

```
?- assert(p(a)), assert(p(b)).
```

```
?- abolish(p/1).
```

```
?- p(a).
```

```
[WARNING: Undefined predicate: `p/1']
```

```
No
```

Modificación de la base de conocimiento

- Multiplicaciones:

- `crea_tabla` añade los hechos `producto(X,Y,Z)` donde `X` e `Y` son números de 0 a 9 y `Z` es el producto de `X` e `Y`. Por ejemplo,

```
?- crea_tabla.
```

```
Yes
```

```
?- listing(producto).
```

```
producto(0,0,0).
```

```
producto(0,1,0).
```

```
...
```

```
producto(9,8,72).
```

```
producto(9,9,81).
```

```
Yes
```

Modificación de la base de conocimiento

- Multiplicaciones(cont.):

- Definición:

```
crea_tabla :-
```

```
    L = [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9],
```

```
    member(X,L),
```

```
    member(Y,L),
```

```
    Z is X*Y,
```

```
    assert(producto(X,Y,Z)),
```

```
    fail.
```

```
crea_tabla.
```

- Determinar las descomposiciones de 6 en producto de dos números.

```
?- producto(A,B,6).
```

```
A=1 B=6 ; A=2 B=3 ; A=3 B=2 ; A=6 B=1 ; No
```

Todas las soluciones

- `findall(T,O,L)` se verifica si `L` es la lista de las instancias del término `T` que verifican el objetivo `O`.

```
?- assert(clase(a,voc)), assert(clase(b,con)),
    assert(clase(e,voc)), assert(clase(c,con)).
```

```
?- findall(X,clase(X,voc),L).
```

```
X = _G331    L = [a, e]
```

```
?- findall(_X,clase(_X,voc),L).
```

```
L = [a, e]
```

```
?- findall(_X,clase(_X,_Clase),L).
```

```
L = [a, b, e, c]
```

```
?- findall(X,clase(X,vocal),L).
```

```
X = _G355    L = []
```

```
?- findall(X,(member(X,[c,b,c]),member(X,[c,b,a])),L)
```

```
X = _G373    L = [c, b, c]
```

```
?- findall(X,(member(X,[c,b,c]),member(X,[1,2,3])),L)
```

```
X = _G373    L = []
```

Todas las soluciones

- `setof(T,O,L)` se verifica si `L` es la lista ordenada sin repeticiones de las instancias del término `T` que verifican el objetivo `O`.

```
?- setof(X, clase(X, Clase), L).
```

```
X = _G343      Clase = voc      L = [a, e] ;
```

```
X = _G343      Clase = con      L = [b, c] ; No
```

```
?- setof(X, Y^clase(X, Y), L).
```

```
X = _G379      Y = _G380      L = [a, b, c, e]
```

```
?- setof(_X, _Y^clase(_X, _Y), L).
```

```
L = [a, b, c, e]
```

```
?- setof(letra(_X), _Y^clase(_X, _Y), L).
```

```
L = [letra(a), letra(b), letra(c), letra(e)]
```

```
?- setof(X, clase(X, vocal), L).
```

```
No
```

```
?- setof(X, (member(X, [c, b, c]), member(X, [c, b, a])), L).
```

```
X = _G361      L = [b, c]
```

```
?- setof(X, (member(X, [c, b, c]), member(X, [1, 2, 3])), L).
```

```
No
```

Todas las soluciones

- `bagof(T,O,L)` se verifica si `L` es el multiconjunto de las instancias de término `T` que verifican el objetivo `O`.

```
?- bagof(X, clase(X, Clase), L).
```

```
X = _G343      Clase = voc      L = [a, e] ;
```

```
X = _G343      Clase = con      L = [b, c] ; No
```

```
?- bagof(X, Y^clase(X, Y), L).
```

```
X = _G379      Y = _G380      L = [a, b, e, c]
```

```
?- bagof(_X, _Y^clase(_X, _Y), L).
```

```
L = [a, b, e, c]
```

```
?- bagof(letra(_X), _Y^clase(_X, _Y), L).
```

```
L = [letra(a), letra(b), letra(e), letra(c)]
```

```
?- bagof(X, clase(X, vocal), L).
```

```
No
```

```
?- bagof(X, (member(X, [c, b, c]), member(X, [c, b, a])), L).
```

```
X = _G361      L = [c, b, c]
```

```
?- bagof(X, (member(X, [c, b, c]), member(X, [1, 2, 3])), L).
```

```
No
```

Todas las soluciones

- Operaciones conjuntistas:

- `setof0(T, O, L)` es como `setof` salvo en el caso en que ninguna instancia de `T` verifique `O`, en cuyo caso `L` es la lista vacía. Por ejemplo,

```
?- setof0(X,  
          (member(X, [c, a, b]), member(X, [c, b, d])),  
          L).
```

```
L = [b, c]
```

```
?- setof0(X,  
          (member(X, [c, a, b]), member(X, [e, f])),  
          L).
```

```
L = []
```

Definición:

```
setof0(X, O, L) :- setof(X, O, L), !.  
setof0(_, _, []).
```

Todas las soluciones

- Operaciones conjuntistas (cont.):

- $\text{intersección}(S, T, U)$ se verifica si U es la intersección de S y T .

Por ejemplo,

?- $\text{intersección}([1, 4, 2], [2, 3, 4], U)$.

$U = [2, 4]$

Definición:

$\text{intersección}(S, T, U) :-$

$\text{setof}(X, (\text{member}(X, S), \text{member}(X, T)), U)$.

- $\text{unión}(S, T, U)$ se verifica si U es la unión de S y T . Por ejemplo,

?- $\text{unión}([1, 2, 4], [2, 3, 4], U)$.

$U = [1, 2, 3, 4]$

Definición:

$\text{unión}(S, T, U) :-$

$\text{setof}(X, (\text{member}(X, S); \text{member}(X, T)), U)$.

Todas las soluciones

- Operaciones conjuntistas (cont.):

- `diferencia(S,T,U)` se verifica si `U` es la diferencia de los conjuntos de `S` y `T`. Por ejemplo,

```
?- diferencia([5,1,2],[2,3,4],U).
```

```
U = [1,5]
```

Definición:

```
diferencia(S,T,U) :-
```

```
    setof(X, (member(X,S), not(member(X,T))), U).
```

- `partes(X,L)` se verifica si `L` es el conjunto de las partes de `x`. Por ejemplo,

```
?- partes([a,b,c],L).
```

```
L = [[],[a],[a,b],[a,b,c],[a,c],[b],[b,c],[c]]
```

Definición:

```
partes(X,L) :-
```

```
    setof(Y, subconjunto(Y,X), L).
```

Todas las soluciones

- Operaciones conjuntistas (cont.):
 - `subconjunto(-L1, +L2)` se verifica si L1 es un subconjunto de L2. Por ejemplo,
?- `subconjunto(L, [a,b])`.
L = [a, b] ;
L = [a] ;
L = [b] ;
L = [] ;
No
- Definición:**
- `subconjunto([], [])`.
`subconjunto([X|L1], [X|L2]) :-`
 `subconjunto(L1, L2)`.
`subconjunto(L1, [_|L2]) :-`
 `subconjunto(L1, L2)`.

Procesamiento de términos

- Transformación entre términos y listas:
 - $?T = .. ?L$ se verifica si L es una lista cuyo primer elemento es el functor del término T y los restantes elementos de L son los argumentos de T . Por ejemplo,

```
?- padre(juan,luis) =.. L.  
L = [padre, juan, luis]  
?- T =.. [padre, juan, luis].  
T = padre(juan,luis)
```

Procesamiento de términos

- Transformación entre términos y listas (cont.):
 - $\text{alarga}(+F1, +N, -F2)$ se verifica si $F1$ y $F2$ son figuras geométricas del mismo tipo y el tamaño de la $F1$ es el de la $F2$ multiplicado por N , donde las figuras geométricas se representan como términos en los que el functor indica el tipo de figura y los argumentos su tamaño; por ejemplo,
?- $\text{alarga}(\text{triángulo}(3, 4, 5), 2, F)$.
 $F = \text{triángulo}(6, 8, 10)$

?- $\text{alarga}(\text{cuadrado}(3), 2, F)$.
 $F = \text{cuadrado}(6)$

Procesamiento de términos

- Transformación entre términos y listas (cont.):

- Definición:

```
alarga(Figura1,Factor,Figura2) :-  
    Figura1 =.. [Tipo|Arg1],  
    multiplica_lista(Arg1,Factor,Arg2),  
    Figura2 =.. [Tipo|Arg2].
```

```
multiplica_lista([],_,[]).  
multiplica_lista([X1|L1],F,[X2|L2]) :-  
    X2 is X1*F,  
    multiplica_lista(L1,F,L2).
```

Procesamiento de términos

- Los procedimientos `functor` y `arg`:
 - `functor(T, F, A)` se verifica si `F` es el functor del término `T` y `A` es su aridad.
 - `arg(N, T, A)` se verifica si `A` es el argumento del término `T` que ocupa el lugar `N`.
 - ?- `functor(g(b, c, d), F, A)`.
 - `F = g`
 - `A = 3`
 - ?- `functor(T, g, 2)`.
 - `T = g(_G237, _G238)`
 - ?- `arg(2, g(b, c, d), X)`.
 - `X = c`
 - ?- `functor(T, g, 3), arg(1, T, b), arg(2, T, c)`.
 - `T = g(b, c, _G405)`

Transformaciones entre átomos y listas

- La relación `name`:
 - `name(A,L)` se verifica si `L` es la lista de códigos ASCII de los caracteres del átomo `A`. Por ejemplo,
`?- name(bandera,L).`
`L = [98, 97, 110, 100, 101, 114, 97]`
`?- name(A,[98, 97, 110, 100, 101, 114, 97]).`
`A = bandera`

Transformaciones entre átomos y listas

- La relación `name` (cont.):
 - `concatena_átomos(A1, A2, A3)` se verifica si `A3` es la concatenación de los átomos `A1` y `A2`. Por ejemplo,
`?- concatena_átomos(pi, ojo, X).`

`X = piojo`

Definición:

```
concatena_átomos(A1, A2, A3) :-  
    name(A1, L1),  
    name(A2, L2),  
    append(L1, L2, L3),  
    name(A3, L3).
```

Procedimientos aplicativos

- `apply(T, L)` se verifica si es demostrable `T` después de aumentar el número de sus argumentos con los elementos de `L`; por ejemplo,

`plus(2, 3, X)` . \Rightarrow `X=5`

`apply(plus, [2, 3, X])` . \Rightarrow `X=5`

`apply(plus(2), [3, X])` . \Rightarrow `X=5`

`apply(plus(2, 3), [X])` . \Rightarrow `X=5`

`apply(append([1, 2]), [X, [1, 2, 3, 4, 5]])` . \Rightarrow `X=[3, 4, 5]`

- **Definición de `apply`:**

```
n_apply(Término, Lista) :-  
    Término =.. [Pred|Arg1],  
    append(Arg1, Lista, Arg2),  
    Átomo =.. [Pred|Arg2],  
    Átomo.
```

Procedimientos aplicativos

- `maplist(P, L1, L2)` se verifica si se cumple el predicado `P` sobre los sucesivos pares de elementos de las listas `L1` y `L2`; por ejemplo,

```
?- succ(2, X).           => 3
?- succ(X, 3).          => 2
?- maplist(succ, [2, 4], [3, 5]). => Yes
?- maplist(succ, [0, 4], [3, 5]). => No
?- maplist(succ, [2, 4], Y).    => Y = [3, 5]
?- maplist(succ, X, [3, 5]).    => X = [2, 4]
```

- Definición de `maplist`:

```
n_maplist(_, [], []).
n_maplist(R, [X1|L1], [X2|L2]) :-
    apply(R, [X1, X2]),
    n_maplist(R, L1, L2).
```


Predicados sobre tipos de término

- Definir `suma_segura(X, Y, Z)` que se verifique si `X` e `Y` son enteros y `Z` es la suma de `X` e `Y`. Por ejemplo,

```
?- suma_segura(2, 3, X).
```

```
X = 5
```

```
Yes
```

```
?- suma_segura(7, a, X).
```

```
No
```

```
?- X is 7 + a.
```

```
[WARNING: Arithmetic: `a' is not a function]
```

Definición:

```
suma_segura(X, Y, Z) :-  
    number(X),  
    number(Y),  
    Z is X+Y.
```

Comparación y ordenación de términos

- Comparación de términos:
 - $T1 = T2$ se verifica si $T1$ y $T2$ son unificables.
 - $T1 == T2$ se verifica si $T1$ y $T2$ son idénticos.
 - $T1 \neq T2$ se verifica si $T1$ y $T2$ no son idénticos.

?- $f(X) = f(Y)$.

$X = _G164$

$Y = _G164$

Yes

?- $f(X) == f(Y)$.

No

?- $f(X) == f(X)$.

$X = _G170$

Yes

Comparación y ordenación de términos

- Definir el predicado `cuenta(A, L, N)` que se verifique si `N` es el número de ocurrencias del átomo `A` en la lista `L`. Por ejemplo,

```
?- cuenta(a, [a, b, a, a], N).
```

```
N = 3
```

```
?- cuenta(a, [a, b, X, Y], N).
```

```
N = 1
```

Definición:

```
cuenta(_, [], 0).
```

```
cuenta(A, [B|L], N) :-
```

```
    A == B, !,
```

```
    cuenta(A, L, M),
```

```
    N is M+1.
```

```
cuenta(A, [B|L], N) :-
```

```
    % A \== B,
```

```
    cuenta(A, L, N).
```

Comparación y ordenación de términos

- Ordenación de términos:

- $T1 @< T2$ se verifica si el término $T1$ es anterior que $T2$ en el orden de términos de Prolog.

?- ab @< ac. => Yes

?- 21 @< 123. => Yes

?- 12 @< a. => Yes

?- g @< f(b). => Yes

?- f(b) @< f(a,b). => Yes

?- [a,1] @< [a,3]. => Yes

- Ordenación con `sort`:

- `sort(+L1, -L2)` se verifica si $L2$ es la lista obtenida ordenando de manera creciente los distintos elementos de $L1$ y eliminando las repeticiones.

?- sort([c4, 2, a5, 2, c3, a5, 2, a5], L).

L = [2, a5, c3, c4]

Bibliografía

- J.A. Alonso y J. Borrego
Deducción automática (Vol. 1: Construcción lógica de sistemas lógicos)
(Ed. Kronos, 2002)
 - Cap. 2: “Introducción a la programación lógica con Prolog”
- I. Bratko *Prolog Programming for Artificial Intelligence (3 ed.)*
(Addison–Wesley, 2001)
 - Cap. 7: “More Built–in Procedures”
- T. Van Le *Techniques of Prolog Programming* (John Wiley, 1993)
 - Cap. 6: “Advanced programming techniques and data structures”
- W.F. Clocksin y C.S. Mellish *Programming in Prolog (Fourth Edition)*
(Springer Verlag, 1994)
 - Cap. 6: “Built–in Predicates”