

Tema 6: Programación lógica de segundo orden

José A. Alonso Jiménez
Miguel A. Gutiérrez Naranjo

Dpto. de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Modificación de la B.C.

- 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
- Ejemplos

```
?- hace_frio.  
[WARNING: Undefined predicate: 'hace_frio/0']  
No  
?- assert(hace_frio).  
Yes  
?- hace_frio.  
Yes  
?- retract(hace_frio).  
Yes  
?- hace_frio.  
No
```

Modificación de la B.C.

- El predicado listing

- listing(+Pred) lista las cláusulas en cuya cabeza aparece el predicado Pred

- Ejemplos

```
?- listing(select).
select([A|B], A, B).
select([A|B], C, [A|D]) :- select(B, C, D).
Yes
?- assert( (gana(X,Y) :- rapido(X), lento(Y))).
X = _G445
Y = _G446
Yes
?- listing(gana).
gana(A, B) :-
    rapido(A),
    lento(B).
Yes
?- assert(rapido(juan)),assert(lento(jose)),
    assert(lento(luis)).
Yes
?- 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 B.C.

- 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`
 - Ejemplos

```
?- 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 B.C.

- Los predicados `retractall` y `abolish`
 - `retractall(+Head)` elimina de la base de conocimientos todas las cláusulas cuya cabeza unifica con `Head`
 - `abolish(+SimbPred/+Aridad)` elimina de la base de conocimientos todas las cláusulas que en su cabeza aparece el símbolo de predicado `SimbPred/Aridad`
 - `abolish(+SimbPred, +Aridad)` es equivalente a `abolish(+SimbPred/+Aridad)`
- Ejemplo

```
?- assert(p(a)), assert(p(b)).
Yes
?- retractall(p(_)).
Yes
?- p(a).
No
?- assert(p(a)), assert(p(b)).
Yes
?- abolish(p/1).
Yes
?- p(a).
[WARNING: Undefined predicate: 'p/1']
No
```

Modificación de la B.C.

```
?- assert(f(a,b)).
Yes
?- f(X,Y).
X = a    Y = b ;
?- asserta(f(a,a)),assertz(f(b,b)).
Yes
?- f(X,Y).
X = a    Y = a ;
X = a    Y = b ;
X = b    Y = b ;
?- listing(f).
f(a, a).
f(a, b).
f(b, b).
?- retract(f(_,a)).
Yes
?- listing(f).
f(a, b).
f(b, b).
?- assert(f(b,a)).
Yes
?- listing(f).
f(a, b).
f(b, b).
f(b, a).
?- retractall(f(b,_)).
Yes
?- listing(f).
f(a, b).
?- abolish(f/2).
Yes
?- listing(f).
[WARNING: No predicates for 'f']
No
```

Modificación de la B.C.

- **Multiplicaciones (tabla.pl)**

- `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.

```
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.
```

- **Sesión:**

```
?- crea_tabla.  
Yes  
?- listing(producto).  
producto(0, 0, 0). producto(0, 1, 0). ...  
... producto(9, 8, 72). producto(9, 9, 81).  
Yes
```

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

```
?- producto(A,B,6).  
A = 1      A = 2      A = 3      A = 6  
B = 6 ;    B = 3 ;    B = 2 ;    B = 1 ;  
No
```

Modificación dinámica de la BC

- Programa

```
:- dynamic r/2.
```

```
relacionados(X,Y) :-  
    assert(r(X,Y)).
```

```
no_relacionados(X,Y) :-  
    retract(r(X,Y)).
```

- Sesión

```
?- r(X,Y).
```

No

```
?- relacionados(a,b).
```

Yes

```
?- r(X,Y).
```

X = a

Y = b ;

No

```
?- no_relacionados(a,b).
```

Yes

```
?- r(a,b).
```

No

```
?- relacionados(a,b), relacionados(c,d).
```

Yes

```
?- r(X,Y).
```

X = a

Y = b ;

X = c

Y = d ;

No

Todas las soluciones

- **El predicado findall**

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

Yes

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

```
X = _G331
```

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

Yes

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

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

Yes

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

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

Yes

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

```
X = _G355
```

```
L = []
```

Yes

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

```
X = _G373
```

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

Yes

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

```
X = _G373
```

```
L = []
```

Yes

Todas las soluciones

- El predicado bagof

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

```
X = _G331
```

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

```
Yes
```

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

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

```
X = _G343   Clase = con   L = [b, c] ;
```

```
No
```

```
% L = {X: (existe Y)[clase(X,Y)]}
```

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

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

```
No
```

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

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

```
No
```

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

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

```
Yes
```

```
?- 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] ;
```

```
No
```

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

```
No
```

Todas las soluciones

● El predicado setof

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

```
X = _G331
```

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

```
Yes
```

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

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

```
X = _G343   Clase = con   L = [b, c] ;
```

```
No
```

```
% L = {X: (existe Y)[clase(X,Y)]}
```

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

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

```
No
```

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

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

```
No
```

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

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

```
Yes
```

```
?- 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]
```

```
Yes
```

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

```
No
```

Todas las soluciones

• Operaciones conjuntistas

- `interseccion(S,T,U)` se verifica si `U` es la intersección de `S` y `T`. Por ejemplo,

```
?- interseccion([1,4,2],[2,3,4],U).  
U = [2,4]
```

```
interseccion(S,T,U) :-  
    setof(X, (member(X,S), member(X,T)), U).
```

- `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]
```

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

- `n_union(S,T,U)` se verifica si `U` es la unión de `S` y `T`. Por ejemplo,

```
?- n_union([1,2,4],[2,3,4],U).  
U = [1,2,3,4]
```

```
n_union(S,T,U) :-  
    setof(X, (member(X,S); member(X,T)), U).
```

Todas las soluciones

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

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

```
partes(X,L) :-  
    setof(Y,subconjunto(Y,X),L).
```

```
subconjunto([],[]).  
subconjunto([X|L1],[X|L2]) :-  
    subconjunto(L1,L2).  
subconjunto(L1,[_|L2]) :-  
    subconjunto(L1,L2).
```

Todas las soluciones

- **Definición de findall**

- **Definición**

```
n_findall(X,Objetivo,_Lista_de_X):-
    Objetivo,
    assert(almacena(X)),
    fail.
n_findall(_X,_Objetivo,Lista_de_X):-
    assert(almacena(fin)),
    recoge(Lista_de_X).

recoge(L):-
    retract(almacena(X)),
    !,
    recoge_aux(X,L).

recoge_aux(fin,[]):- !.
recoge_aux(X,[X|L]):-
    recoge(L).
```

- **Sesión**

```
?- assert(p(a)), assert(p(b)).
Yes
?- listing(p).
p(a).
p(b).
Yes
?- n_findall(X,p(X),L).
X = _G163
L = [a, b]
Yes
```


Predicados de segundo orden

- El predicado `apply`

- `n_apply(+Term,+Lista)` se verifica si es demostrable `Term` después de aumentar el número de sus argumentos con los elementos de `Lista`

- Ejemplo

```
?- plus(1,2,X).
```

```
X = 3
```

```
Yes
```

```
?- n_apply(plus,[1,2,X]).
```

```
X = 3 ;
```

```
No
```

```
?- n_apply(plus(1),[2,X]).
```

```
X = 3
```

```
Yes
```

```
?- n_apply(plus(1,2),[X]).
```

```
X = 3
```

```
Yes
```

```
?- n_apply(append([1,2]),[X,[1,2,3,4,5]]).
```

```
X = [3, 4, 5] ;
```

```
No
```

- Programa `n_apply(+Term,+List)`

```
n_apply(Term,List):-
```

```
    Term =.. [Pred|Arg1],
```

```
    append(Arg1,List,Arg2),
```

```
    Atomo =.. [Pred|Arg2],
```

```
    Atomo.
```

- El predicado predefinido `apply`

Predicados de segundo orden

- Patrones aplicativos y maplist

- padre(X,P) se verifica si P es el padre de X

```
padre(beatriz, andres).  
padre(david, carlos).  
padre(elisa, ernesto).
```

- madre(X,M) se verifica si M es la madre de X

```
madre(beatriz, maria).  
madre(david, eva).  
madre(elisa, carmen).
```

- padres(L1,L2) se verifica si cada elemento de L2 es el padre del correspondiente elemento de L1. Por ejemplo,

```
?- padres([beatriz,david,elisa],L).  
L = [andres, carlos, ernesto]  
Yes
```

```
padres([], []).  
padres([X|R1], [P|R2]):-  
    padre(X,P),  
    padres(R1,R2).
```

Predicados de segundo orden

- `madres(L1,L2)` se verifica si cada elemento de `L2` es la madre del correspondiente elemento de `L1`. Por ejemplo,

```
?- madres([beatriz,david,elisa],L).  
L = [maria, eva, carmen]  
Yes
```

```
madres([], []).  
madres([X|R1],[M|R2]):-  
    madre(X,M),  
    madres(R1,R2).
```

- Preguntas con `maplist`

```
?- maplist(padre,[beatriz,david,elisa],L).  
L = [andres, carlos, ernesto]  
Yes
```

```
?- maplist(madre,[beatriz,david,elisa],L).  
L = [maria, eva, carmen]  
Yes
```

- Definición de `maplist`

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

Contenido

- Programación lógica de segundo orden:
 1. Modificación de la base de conocimiento:
 - (a) Relaciones para ampliar B.C.: `assert`, `asserta` y `assertz`.
 - (b) Relación para consultar la B.C.: `listing`.
 - (c) Relaciones para reducir la BC: `retract`, `retractall` y `abolish`.
 - (d) Ejemplo: producto mediante tabla de multiplicar.
 2. Modificación dinámica de la BC:
 - (a) La declaración `dynamic`.
 3. Todas las soluciones:
 - (a) Las relaciones `findall`, `bagof` y `setof`.
 - (b) Ejemplo: operaciones conjuntistas: intersección, diferencia, unión, partes.
 - (c) Definición de `findall`.
 4. Predicados de segundo orden:
 - (a) El predicado `apply`.
 - (b) El predicado `maplist`.

Bibliografía

- Bratko, I. *Prolog Programming for Artificial Intelligence (3th ed.)* (Addison–Wesley, 2001)
 - Cap. 7: “More Built–in Procedures”
- Van Le, T. *Techniques of Prolog Programming* (John Wiley, 1993)
 - Cap. 6: “Advanced programming techniques and data structures”
- Flach, P. *Simply Logical (Intelligent Reasoning by Example)* (John Wiley, 1994)
 - Cap. 3: “Logic programming and Prolog”.
- Clocksin, W.F. y Mellish, C.S. *Programming in Prolog (Fourth Edition)* (Springer Verlag, 1994)
 - Cap. 6: “Built–in Predicates”