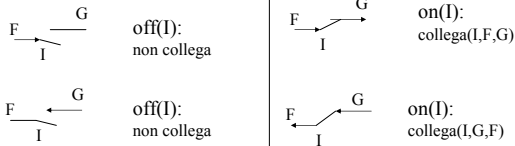


- Se una lampadina è collegata ad un filo e questo è in tensione, la lampadina è accesa
accesa(X) :- lampadina(X), connesso(X,F), tensione(F).
- Se una presa è collegata ad un filo e questo è in tensione, la presa porta corrente:
corrente(X) :- presa(X), connesso(X,F), tensione(F).

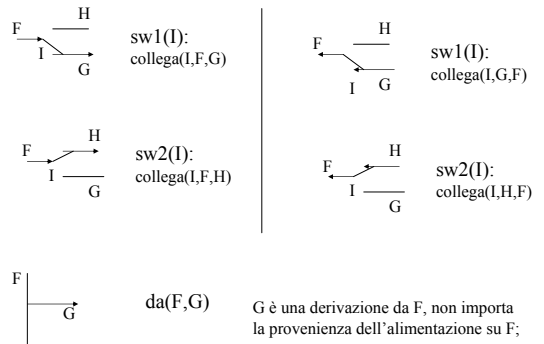
- Quando un filo è in tensione? Quando è collegato alle valvole e queste non sono saltate; oppure quando è in contatto con un altro filo in tensione, direttamente o tramite un interruttore chiuso a una o due vie.
- Conviene prima formalizzare gli interruttori e i contatti:



La direzione è dalla alimentazione (le valvole) al filo messo in contatto dall'interruttore

15/03/2004

7



G è una derivazione da F, non importa la provenienza dell'alimentazione su F;

15/03/2004

8

- Possiamo ora raccogliere i vari casi in un concetto:
contatto(F,G): il filo F è in contatto con il filo G e l'alimentazione proviene da G
ORIENTAMENTO: G è più vicino ad una valvola di F
- L'assiomatizzazione di contatto:

contatto(F,G) :- filo(F), filo(G), da(G,F).
contatto(F,G) :- filo(F), filo(G), interruttore(I), collega(I,G,F).

15/03/2004

9

- Ora possiamo tornare ai fili in tensione. Un filo è in tensione quando è collegato alle valvole e queste non sono saltate; oppure quando è in contatto con un altro filo in tensione collegato all'alimentazione (direttamente, o tramite un interruttore)

tensione(F) :- filo(F), valvola(V), connesso(F,V), ok(V).
tensione(F) :- filo(F), filo(G), contatto(F,G), tensione(G).

RICORSIVA
Termina se G
è più vicino ad una
valvola, rispetto ad F

15/03/2004

10

KKB. Regole generali.

Le nostre conoscenze generali sono codificate da questo piccolo "sistema esperto", che chiameremo

elettricista:

accesa(X) :- lampadina(X), connesso(X,F), tensione(F).
corrente(X) :- presa(X), connesso(X,F), tensione(F).

tensione(F) :- filo(F), valvola(V), connesso(F,V), ok(V).
tensione(F) :- filo(F), filo(G), contatto(F,G), tensione(G).

contatto(F,G) :- filo(F), filo(G), da(G,F).
contatto(F,G) :- filo(F), filo(G), interruttore(I), collega(I,G,F).

15/03/2004

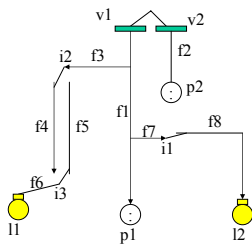
11

A5. Vediamo la rappresentazione di un particolare impianto.

Bisogna rispettare la condizione di orientamento

15/03/2004

12



impianto:

```

lampadina(l1).
connesso(l1,f6).
lampadina(l2).
connesso(l2,f8).
valvola(v1).
da(f1,f3).
valvola(v2).
filo(f4).
presa(p1).
connesso(p1,f1).
presa(p2).
connesso(p2,f2).
filo(f1).
connesso(f1,v1).
filo(f2).
connesso(f2,v2).
filo(f3).
da(f1,f3).
filo(f4).
filo(f5).
filo(f6).
filo(f7).
da(f1,f7).
filo(f8).

interruttore(i1).
collega(i1,f7,f8) :- on(i1).
interruttore(i2).
collega(i2,f3,f4) :- sw1(i2).
collega(i2,f3,f5) :- sw2(i2).
interruttore(i3).
collega(i3,f4,f6) :- sw1(i3).
collega(i3,f5,f6) :- sw2(i3).

```

15/03/2004

13

- L'impianto può avere diversi stati
 - $v1, v2$: **ok**(vj) o **saltata**(vj), mutuamente esclusivi
 - $i1$: **on**(i1) o **off**(i1), mutuamente esclusivi
 - $i2, i3$: **sw1**(ij) o **sw2**(ij), mutuamente esclusivi.
 - In tutto: N stati, quanto vale N?

```

ok(v1).
ok(v2).
stato1:
on(i1).
sw1(i2).
sw2(i3).

```

15/03/2004

14

Osservazioni

- Nell'esempio abbiamo 3 livelli di conoscenza:*
 - generale:** regole di ragionamento valide in un'intera classe di modelli, che corrispondono i **mondi** del dominio di problema; rappresentano la conoscenza di un "esperto";
 - KB **elettricista**
 - correttezza:** Le regole sono vere in tutti i mondi?
 - copertura:** abbiamo dimenticato qualche ragionamento che porta un elettricista a risolvere i problemi in esame?

15/03/2004

15

- particolare statica:** rappresenta le proprietà statiche rilevanti di un particolare modello, corrispondente ad un particolare mondo:
 - KB **impianto**
- correttezza:** le proprietà rappresentate sono vere nel modello (mondo) considerato?
- copertura:** abbiamo dimenticato qualche proprietà statica che è necessario conoscere per applicare le regole generali?
- particolare contingente:** ha le stesse caratteristiche di quella statica, ma rappresenta proprietà dinamiche
 - KB **stato1, stato2,**

15/03/2004

16

A.6) Esempio di fallimento

Non abbiamo ancora visto la nozione di fallimento finito: si ha quando ogni albero di prova ha almeno una foglia marcata FAIL.

Corrisponde alla risposta NO

falso se vale l'ipotesi del mondo chiuso
tale ipotesi ha senso per l'RRS Elettricista?

Vediamo un esempio di computazione con fallimento

```

accesa(Xi) :- lampadina(Xi), connesso(Xi,Fi), tensione(Fi).

```

```

accesa(l1)?

```

15/03/2004

17

15/03/2004

18

[illegible]

connesso(11,f6).

lampadina(11) connesso(11,F₁)? tensione(F₁)?

—————

 accesa(11)?

prendo

tensione(F2) :-
tensione(F) :-

filo(F2), valvola(V2), connesso(F2,V2), ok(V2).
filo(F), filo(G), contatto(F,G), tensione(G).

lampadina(11) connesso(11,f6) tensione(f6)?

 accesa(11)?

filo(f6).

filo(f6)? valvola(V2)? connesso(f6,V2)? ok(V2)?

lampadina(11) connesso(11,f6) tensione(f6)

accesa(11)?

prendo → valvola(v1).
valvola(v2).

filo(f6) valvola(V2)? connesso(f6,V2) ok(V2).

↓

lampadina(11) connesso(11,f6) tensione(f6)

accesa(11)?

Nessuna testa unifica:
FALLISCE e
Backtrak

_____ _____
filo(f6) valvola(v1) **connesso(f6,v1)?** ok(v1).

lampadina(11)

_____ _____
connesso(11,f6) tensione(f6)

accesa(11)?

fallita:valvola(v1).

prendo

valvola(v1).
valvola(v2).

filo(f6) valvola(V2)? connesso(f6,V2) ok(V2).

lampadina(l1) connesso(l1,f6) tensione(f6)
accesa(l1)?

15/03/2004

25

FALLISCE:
BACKTRACK

filo(f6) valvola(v2) connesso(f6,v2)? ok(v2).

lampadina(l1) connesso(l1,f6) tensione(f6)
accesa(l1)?

15/03/2004

26

Ogni scelta fallita,
Backtrack:

valvola(v1).
valvola(v2).

filo(f6) valvola(V2)? connesso(f6,V2) ok(V2).

lampadina(l1) connesso(l1,f6) tensione(f6)
accesa(l1)?

15/03/2004

27

Ogni scelta fallita,
Backtrack:

filo(f6).

filo(f6)? valvola(V2) connesso(f6,V2) ok(V2).

lampadina(l1) connesso(l1,f6) tensione(f6)
accesa(l1)?

15/03/2004

28

tensione(F2) :- filo(F2), valvola(V2), connesso(F2,V2), ok(V2).
tensione(F3) :- filo(F3), filo(G3), contatto(F3,G3), tensione(G3).
fallita
prendo

Potremmo andare avanti, ma alla fine tutto fallisce;
La risposta sarà NO

lampadina(l1) connesso(l1,f6) tensione(f6)?
accesa(l1)?

15/03/2004

29

7B) DCL (Definite Clause Logic)

- DCL estende DataLog consentendo **simboli di funzione e di costante**

In tal modo i termini non sono solo variabili e costanti, ma espressioni così definite:

- Termine** :

- costante ;
- variabile ;
- $f(t_1, \dots, t_n)$

– ESEMPIO: $f(g(X), Y)$

15/03/2004

30

Ora gli atomi possono contenere i nuovi termini:

• **Atomo:** $p(t_1, \dots, t_n)$

ESEMPIO: $p(f(g(X), Y), g(Z))$

• **Body, Clausola, KB** come in Datalog (ma atomi estesi come sopra)

• Si ottiene il frammento di Prolog delle **clausole definite** (“definite” vuol dire: non si usano negazione e disgiunzione)

• **SINTASSI PROLOG**

$A \leftarrow B_1 \wedge \dots \wedge B_n$ si scrive: $A :-$

$B_1, \dots, B_n.$

15/03/2004

31

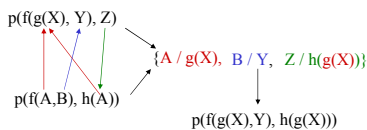
La procedura top-down e l'unificazione

- La procedura top down, basata sugli **unificatori più generali**, è quella vista per DataLog
- La determinazione dell' **mg** non è più banale.
- Vi sono algoritmi di unificazione ben noti. Ne ripareremo.
- Per ora vediamo un esempio

15/03/2004

32

ESEMPIO di calcolo del mgu



15/03/2004

33

L'algoritmo della procedura top-down

- È **lo stesso visto per DataLog**, con la stessa procedura **Applica**
 - Solo che si usa il calcolo dell'mgu sui termini contenenti funzioni
- Vediamo un esempio

15/03/2004

34

- $\text{sum}(X, 0, X).$
- $\text{sum}(X, s(Y), s(Z)) \leftarrow \text{sum}(X, Y, Z).$

2. $\text{sum}(X_1, s(Y_1), s(Z_1)) \leftarrow \text{sum}(X_1, Y_1, Z_1).$
mgu: $X_1/A, Y_1/s(0), Z_1/B$

$\text{sum}(A, s(s(0)), s(B))?$

15/03/2004

35

- $\text{sum}(X, 0, X).$
- $\text{sum}(X, s(Y), s(Z)) \leftarrow \text{sum}(X, Y, Z).$

2. $\text{sum}(X_2, s(Y_2), s(Z_2)) \leftarrow \text{sum}(X_2, Y_2, Z_2).$
mgu: $X_2/A, Y_2/0, Z_2/B$
BINDING $B = s(Z_2)$

$\text{sum}(A, s(0), B)?$

$\text{sum}(A, s(s(0)), s(B))$

15/03/2004

36

1. $\text{sum}(X,0,X).$
2. $\text{sum}(X,s(Y),s(Z)) \leftarrow \text{sum}(X,Y,Z).$

BINDING $B = s(Z2)$
1. $\text{sum}(X3,0,X3).$
 mgu: $X2/A, Z2/A$
BINDING $Z2=A$

sum(A, 0, Z2)?

$\text{sum}(A, s(0), s(Z2))$

$\text{sum}(A, s(s(0)), s(s(Z2)))$

15/03/2004

37

1. $\text{sum}(X,0,X).$
2. $\text{sum}(X,s(Y),s(Z)) \leftarrow \text{sum}(X,Y,Z).$

BINDING:
 $B = s(Z2), Z2=A$
STOP

$\text{sum}(A, 0, A)$

$\text{sum}(A, s(0), s(A))$

$\text{sum}(A, s(s(0)), s(s(A)))$

Query di partenza:

sum(A,s(s(0)),s(B))

Answer: **B = s(A)**

15/03/2004

38

Modelli di Herbrandt e procedura bottom up.

- Vediamo ora validità e completezza. Dobbiamo prima estendere la semantica alla nuova sintassi
- Interpretazione $I = (D, \Phi, \pi)$
 - D : dominio di individui
 - Φ : simbolo di costante $c \mapsto \text{elemento } c^\Phi \in D$
 - simbolo di funzione n-aria
 - $f \mapsto (\text{funzione } f^\Phi: D^n \rightarrow D)$
 - π : simbolo di predicato n-ario
 - $p \mapsto (\text{predicato } p^\pi: D^n \rightarrow \{\text{v}, \text{f}\})$

15/03/2004

39

Interpretazioni di Herbrandt

- **Universo di Herbrandt** $U(KB)$ di una KB: insieme dei termini ground ottenuti con costanti e funzioni di KB
- **Base di Herbrandt** $B(KB)$: insieme degli atomi ground ottenuti con costanti, funzioni e predicati di KB
- **Interpretazione di Herbrandt** $H = (U(KB), \Phi_H, I)$:
 - $c^{\Phi_H} = c$
 - $f^{\Phi_H}(t_1, \dots, t_n) = f(t_1, \dots, t_n)$
 - $I \subseteq B(KB)$ con il significato:
 - $p(t_1, \dots, t_m) = \text{v}$ sse $p(t_1, \dots, t_m) \in I$

15/03/2004

40

- Siccome il dominio di ogni interpretazione di Herbrandt è sempre $U(KB)$ e le costanti e funzioni sono interpretate sempre allo stesso modo, *un'interpretazione di Herbrandt è univocamente rappresentata dall'insieme degli atomi ground veri in essa.*

15/03/2004

41

Esempio

- $U(\text{sum}) = \{0, s(0), s(s(0)), \dots\}$
- $B(\text{sum}) = \{ \text{sum}(s^n(0), s^m(0), s^h(0)) \mid n, m, h \geq 0 \}$
- $H_+ = \{ \text{sum}(s^n(0), s^m(0), s^{n+m}(0)) \mid n, m \geq 0 \}$
- $H_s = \{ \text{sum}(s^n(0), s^m(0), s^{n*m}(0)) \mid n, m \geq 0 \}$
- ecc.
- Naturalmente il programma `sum` calcola H_+ e non H_s .
- Il modello minimo si genera, al solito, con la procedura bottom up

15/03/2004

42

La procedura Bottom-up

- È sempre quella, calcola le conseguenze immediate usando le istanze ground delle calusole.
 - si possono avere infinite istanze.
- C conseguenza immediata di H e di $A \leftarrow B_1 \wedge \dots \wedge B_n$ se esiste un'istanza ground $A\sigma \leftarrow B_1\sigma \wedge \dots \wedge B_n\sigma$ tale che $C = A\sigma$

15/03/2004

43

Esempio

$\text{sum}(X, 0, X).$
 $\text{sum}(X, s(Y), s(Z)) \leftarrow \text{sum}(X, Y, Z).$

$T_{\text{sum}}(\{\}) = I_1 = \{\text{sum}(s^n(0), 0, s^n(0)) \mid n \geq 0\}$
 $T_{\text{sum}}(I_1) = I_2 = I_1 \cup \{\text{sum}(s^n(0), s(0), s^{n+1}(0)) \mid n \geq 0\}$
.....

$\text{sum}^* = \{\text{sum}(s^n(0), s^m(0), s^{n+m}(0)) \mid n, m \geq 0\}$

15/03/2004

44

Valgono i soliti teoremi su KB*
già visti per DLP e DataLog

- **Validità e completezza**
- **Minimo punto fisso**
- **Modello minimo.**
- Non ha più senso parlare di complessità circa il calcolo di di KB* : se il minimo modello di Herbrandt è infinito, while “termina” solo dopo ω passi (ω è il primo ordinale infinito).

15/03/2004

45