LEZIONE 5

Planning III

Pianificatori

- Piano: sequenza di azioni che risolve un goal
- Pianificatore: algoritmo di generazione di un piano
  - ha in input una rappresentazione del mondo nel suo stato iniziale, delle azioni e dei goals
    - eventualmente in una delle rappresentazioni viste nella lezione precedente
  - genera un piano la cui esecuzione porta dal mondo iniziale ad un mondo finale nel quale il goal è raggiunto
  - distinguere fra piano ed esecuzione del piano
    - costi di calcolo del piano
    - costi di esecuzione del piano

1. Forward Planning

- Rappresentazione basata sugli stati (STRIPS, Situation C.)
- Ricerca di un piano come ricerca di un cammino nello spazio degli stati
  - neighboors(S,[S1,..,Sn]) con action(Ai,S,Si)
  - algoritmo: A* con una buona euristica (fattore di ramificazione alto!) o iterative deepening
- descrizione degli stati S:
  - descrizione completa del mondo: occupa spazio, richiede tempo per generare i mondi
  - descrizione tipo le situazioni del Situation Calculus: più compatta, ma: tempo calcolo se sono necessarie molte informazioni sul mondo, ad es. decidere se due mondi sono uguali per tagliare cicli

2. STRIPS Planner

- L'idea è la ricerca all'indietro del piano, a partire dal goal che si vuol conseguire, in modo simile a quanto accade con la ricerca di un albero di prova
- ma gli stati del mondo entrano nel procedimento di ricerca come informazioni essenziali
- nella rappresentazione che mostriamo, gli stati sono situazioni rappresentate come nel situation calculus, che usiamo come meta-linguaggio per formalizzare STRIPS e descrivere l'algoritmo
- Nota. L'algoritmo stesso può essere usato nel Situation Calculus, indipendentemente dalla rappresentazione di STRIPS

A. Rappresentazione di STRIPS nel situation calculus

```
/** i fatti che diventano veri perché nella addlist dell'azione A **/
holds(C, do(A,W)) :- preconditions(A,P),
                     holdsall(P,W),
                     addList(A,AL),
                     member(C,AL).
/** i fatti che rimangono veri per inerzia                        **/
holds(C, do(A,W)) :- preconditions(A,P),
                     holdsall(P,W),
                     deleteList(A,DL),
                     not(member(C,DL)),
                     holds(C,W).
/** gli altri fatti, quelli in DL, non valgono per CWA            **/
```

Esercizio: scrivere holdsall

B. Pianificatore STRIPS

```
/** achieve(G,W0,W1):  W1 è il mondo risultante avendo raggiunto
                       il goal G, a partire dal mondo W0          **/

/********** già raggiunto G ********************************/
      achieve(G,W,W) :- holds(G,W).

/********** G relazione dinamica derivata, definito da  G ← B  ****/
      achieve(G,W0,W1) :- clause(G,B),
                          achieve_all(B,W0,W1).

/********** G relazione dinamica primitiva ottenuta con Act      *****/
      achieve(G,W0,do(Act,W1)) :- achieves(Act,G),
                                  preconditions(Act,Pre),
                                  achieve_all(Pre,W0,W1).
```

ESERCIZIO:

- Dare achieve_all(ListaGoals,W0,W1), che cerca di raggiungere tutti i golas della lista nell'ordine in cui si trovano.
- Vedete dei problemi nel fatto di prendere per buono l'ordine con cui si trovano i goals nella lista? Confrontate con quanto accade nell'algoritmo top-down di ricerca di un albero di prova in DCL e il tipo di non-determinismo nella scelta del goal da risolvere:
  - era don't care
  - lo è ancora?
- Suggerimento: pensate a dover raggiungere la lista di goals:
  [in(s2,p), sporco(s1,0)]
  dove per ottenere sporco(s1,0) p si deve recare in s1;
  se va(p,s1,s2) è possibile ….

Soluzioni al problema evidenziato nell'esercizio

- Provare per diverse permutazioni dei golas
  - costoso
- Stabilire una relazione di precedenza
  - se l'azione per ottenere un goal G disfa un goal G', G deve precedere G';
  - così [in(s2,pulitore), sporco(s1,0)] va riordinato: [sporco(s1,0), in(s2,pulitore)]

3. Altra soluzione: regression planner

- Idea: organizzare la ricerca di un piano in uno spazio di ricerca basato sulle pre-condizioni più deboli wp (weakest pre-condition)
  - nei programmi (Dijkstra):
    - wp({H(x)}, x:=t) = {H(t)}, ecc.
  - nelle azioni Act rappresentate alla STRIPS, con pre(Act), addList(Act), delList(Act):

    wp(Goals, Act) = pre(Act) ∪
    {G | G ∈ Goals e G ∉ delList(Act)}

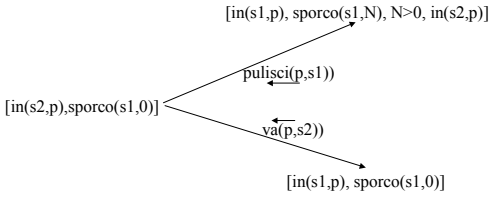
azione pulisci(P,S): pre: [in(S,P), sporco(S,N), N>0]
del: [sporco(S,N)]
add: [sporco(S,0)]

wp([in(s2,p),sporco(s1,0)], pulisci(p,s1))
= [in(s1,p), sporco(s1,N), N>0, in(s2,p)]

azione va(P,S,S1): pre: [in(S,P)]
del: [in(S,P)]
add: [in(S1,P)]

wp([in(s2,p),sporco(s1,0)], va(p,s2))
= [in(s1,p), sporco(s1,0)]

Spazio ricerca: nodi collegati in base a wp:



Scopo: raggiungere lo stato iniziale all'indietro
(dimostrare dallo stato iniziale si raggiunge la situazione desiderata)

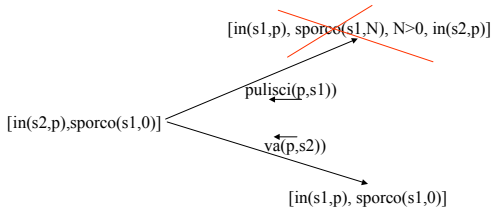
Un planner di regressione

```
/*  solve(Goals, W) : i goal in Goals sono veri in W  */

solve(Goals, init) :- holdsall(Goals,init).
solve(Goals, do(A,W)) :-  consistent(Goals),
                          chooseGoal(G,Goals),
                          chooseAct(Act,G),
                          wp(Act,Goals,NewGoals),
                          solve(NewGoals,W).

/*  chooseAct(Act,G):   Act  è un'azione che raggiunge G */
```

Il problema della consistenza

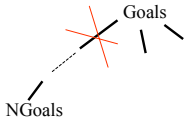
- Può accadere che una wp sia inconsistente, cioè contenga coppie A, ¬A; questo caso si riconosce e si taglia
- Può accadere che una wp sia inconsistente nel dominio di problema, ad esempio il pulitore non puo' trovarsi contemporaneamente in 2 stanze
  - andrebbe tagliata dallo spazio di ricerca
  - ma il problema di derivare le inconsistenze dimostrabili nel dominio di problema può non essere facile; può convenire mantenere un'opportuna base di conoscenza sul dominio

p non può trovarsi in s1 e in s2:



Tagliare i cicli

- Aggiungere meccanismo per tagliare cicli: se un antenato è contenuto nell'insieme di goals correnti, basta risolvere l'antenato



se Goals $\subseteq$ NGoals

4. Partial order planning, cenni

- Abbiamo visto che, nel caso del planner STRIPS, è utile stabilire una relazione di precedenza
  - se l'azione per ottenere un goal G disfa un goal G', G deve precedere G';
  - così [in(s2,pulitore), sporco(s1,0)] va riordinato: [sporco(s1,0), in(s2,pulitore)]
- In realtà solo certe precedenze sono obbligate, mentre in molti casi non vi è un ordine imposto e la scelta è dont'care
  - su quest'osservazione si basano i Partial Order Planner o pianificatori non lineari presentati sul libro

- In un pianificatore non lineare si mantiene un ordinamento parziale fra le azioni:
  A < B A supporta (rende vera) la pre-condizione di B
- Un piano deve
  - rispettare l'ordine parziale
  - se A1 < A2 e A rende falsa la pre-condizione di A2, allora A deve occorrere prima di A1 o dopo A2
  - per il resto la scelta dell'ordine è libera