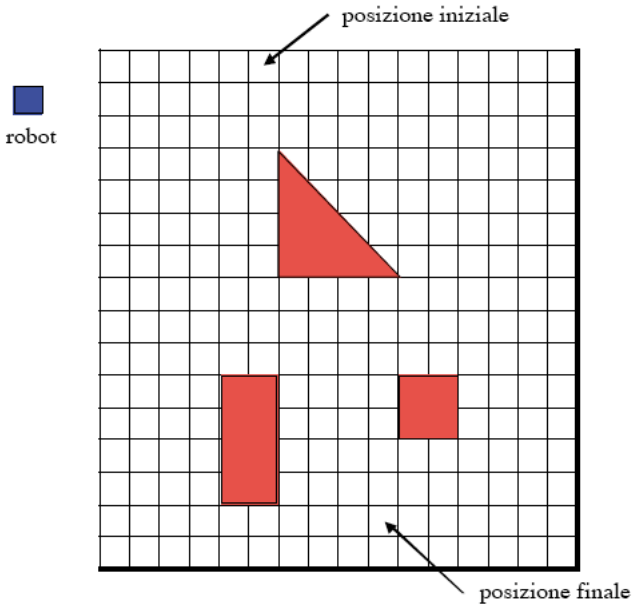
Prova Scritta di Robotica II[1]

6 Aprile 2004

Si consideri il seguente problema di pianificazione del moto tra ostacoli. Un robot di forma quadrata e lato unitario può traslare sul piano senza cambiare orientamento. Sia nota la posizione degli ostacoli come in figura.



Mostrare graficamente tutti i passi associati con il metodo di pianificazione basato sulla decomposizione in celle regolari nello spazio delle configurazioni del robot. La massima risoluzione della decomposizione è pari al doppio del lato del robot. In particolare, determinare i *canali* esistenti tra la posizione iniziale e quella finale indicate in figura, utilizzando il grafo di adiacenza tra celle. Proporre infine una pesatura degli archi di tale grafo per ottenere un cammino a distanza totale cartesiana minima (nella classe di cammini scelti) ed una possibile euristica informata per tale ricerca.

[90 minuti di tempo; libri aperti]

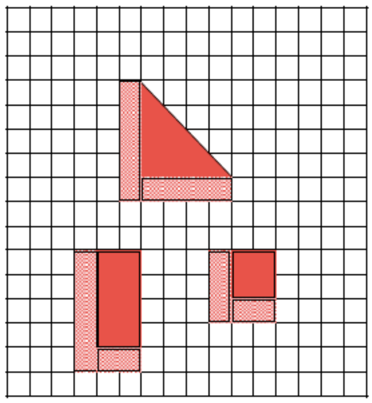
[1]Seconda parte dello scritto di "Robotica Industriale"

Soluzione

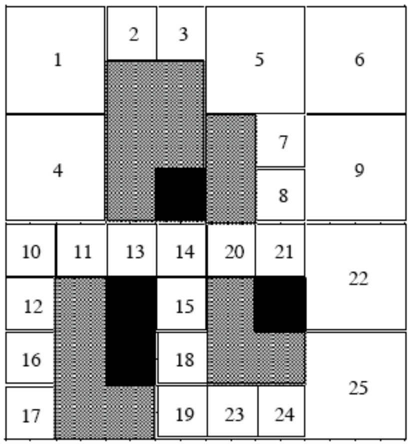
6 Aprile 2004

La soluzione è illustrata graficamente.

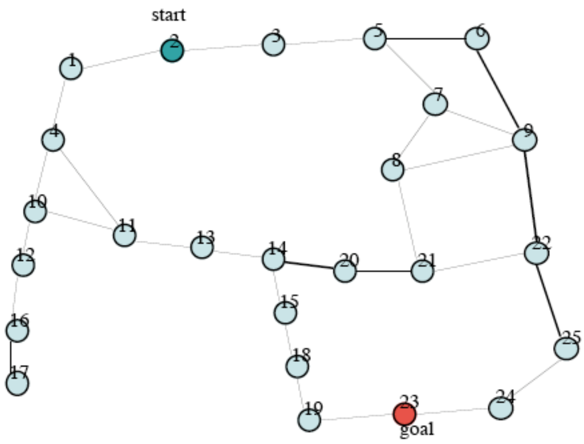
Accrescimento degli ostacoli nello spazio delle configurazioni. Il robot è ridotto ad un punto rappresentativo (il suo vertice inferiore sinistro) con i C-ostacoli accresciuti come in figura.



Decomposizione regolare in celle. La decomposizione dello spazio delle configurazioni crea la struttura ad albero detta *octree*, con celle di dimensione mam mano decrescente a partire dalla radice e scendendo lungo i rami. Ad un dato livello, le celle sono libere (bianche), occupate (nere), o miste (grigie). Quelle miste vengono ulteriormente decomposte. Quando si raggiunge la minima dimensione ammessa (pari qui a due unità di lato), le celle grigie sulle foglie dell'albero sono trattate come occupate. La numerazione delle celle libere avviene da sinistra verso destra e dall'alto in basso, visitando l'albero in profondità.



Grafo di adiacenza. Il grafo di adiacenza delle celle libere ha 25 nodi e 30 archi, risultando piuttosto sparso. Il moto da pianificare va dal nodo 2 (start) al nodo 23 (goal).

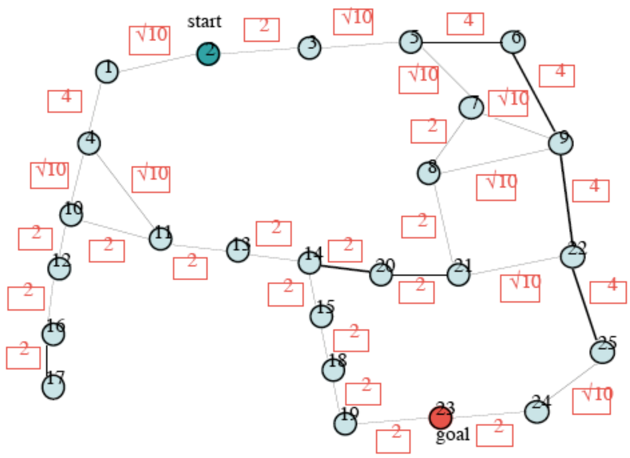


Canali e ricerca ottima. I possibili canali utili (senza cicli) si ricercano sul grafo di adiacenza. Si ha

$$\begin{aligned} C_1 &= \{2, 1, 4, SC_{4,11}, 13, 14, 15, 18, 19, 23\} \\ C_2 &= \{2, 1, 4, SC_{4,11}, 13, 14, 20, 21, 22, 25, 24, 23\} \\ C_3 &= \{2, 3, 5, SC_{5,22}, 25, 24, 23\} \\ C_4 &= \{2, 3, 5, SC_{5,21}, 20, 14, 15, 18, 19, 23\}, \end{aligned}$$

dove $SC_{4,11}$ sono i sottocanali $\{4, 10, 11\}$ oppure $\{4, 11\}$, $SC_{5,21}$ sono tutti i sottocanali dal nodo 5 al nodo 21 (senza cicli) e analogamente per $SC_{5,22}$. Si può pesare ogni arco del grafo con la distanza tra i centri geometrici delle celle adiacenti corrispondenti ai nodi del grafo connessi dall'arco (il segmento individuato è certamente privo di collisioni). Tali distanze assumono qui solo tre valori:

$$\begin{aligned} 2 &= \text{distanza tra celle appartenenti al livello basso (più piccole)} \\ 4 &= \text{distanza tra celle appartenenti al livello alto (più grandi)} \\ \sqrt{10} &= \text{distanza tra celle appartenenti a diversi livelli.} \end{aligned}$$



Sul grafo così pesato mostrato in figura si calcola il canale di lunghezza minima dalla cella start a quella goal:

$$C_{opt} = \{2, 1, 4, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 23\}, \qquad L_{opt} = 2\left(\sqrt{10} + 8\right).$$

Si può infine pesare ogni nodo del grafo con una funzione *euristica informata* da utilizzare per velocizzare la ricerca con l'algoritmo $A^\star$. Ad esempio, si può usare la distanza euclidea tra il centro della cella libera corrispondente al nodo ed il centro della cella che contiene la posizione finale (cella 23).