

# La multistrategia nella pianificazione delle traiettorie in ambienti non noti a priori

Giovanni Bianco<sup>1</sup>, Riccardo Cassinis<sup>2</sup>

## Sommario

*Vengono esposte alcune considerazioni riguardanti il Robot Path Planning per ambienti non noti a priori, utilizzando più di una strategia per raggiungere l'obiettivo. Le idee esposte hanno trovato supporto grazie all'implementazione di un simulatore di strategie e ad esperimenti svolti presso il C.E.S.I. nell'ambito del Progetto Finalizzato Robotica del C.N.R.*

## 1.- Considerazioni riguardanti l'approccio multistrategico al Path Planning

La ricerca riguardante il Path Planning per la robotica autonoma si rifà essenzialmente a due modelli di ambienti, considerando ipotesi diverse in relazione alla conoscenza o non conoscenza (anche parziale) a priori delle caratteristiche ambientali [1, 2, 3, 8].

Lo studio svolto si riferisce al Path Planning in ambienti non noti a priori. In questi ambienti le strategie classicamente proposte non sempre garantiscono l'ottimalità del percorso e/o la convergenza verso l'obiettivo. Per questo motivo molti ricercatori hanno introdotto diversi metodi per migliorare sia la strategia che la convergenza [5].

Per la soluzione proposta [7] si assume che siano le caratteristiche ambientali locali che influenzano l'ottimalità, l'efficienza e la convergenza del Path Planning.

L'ipotesi che sta alla base dell'approccio multistrategico stabilisce, infatti, che per ogni strategia che noi possiamo considerare esista almeno una configurazione ambientale locale in cui un'altra strategia è maggiormente efficiente. Questo è particolarmente vero se si include, nella definizione di "efficienza" della strategia, il carico computazionale richiesto dall'elaborazione dei dati sensoriali.

L'idea permette di considerare l'intero percorso, dalla posizione di partenza alla posizione finale, come una sequenza ordinata di celle, di dimensione paragonabile al massimo ingombro orizzontale del robot, non necessariamente adiacenti

$$A_s \square A_1 \square A_2 \square \dots \square A_T$$

perciò l'intero percorso consiste di sequenze primitive di cammini

---

<sup>1</sup>Centro di Informatica e di Calcolo Automatico - Università di Verona

<sup>2</sup>Dipartimento di Elettronica per l'Automazione - Università di Brescia

$$A_i \square A_j$$

Ogni singolo cammino può essere pianificato usando strategie diverse e l'uso di una particolare strategia è demandato al motore strategico del robot il quale sceglie la più efficiente basandosi su alcuni parametri informativi derivati dall'ambiente e dalla strategia stessa.

I parametri associati alla strategia sono: applicabilità in un dato contesto ambientale locale; efficienza presunta; efficienza reale.

L'applicabilità di una strategia si riferisce all'eventuale esistenza di caratteristiche ambientali locali che non permettono al robot di usarla per raggiungere la posizione finale. L'informazione che se ne ottiene è booleana.

L'efficienza presunta è data dal rapporto tra il minimo tempo di navigazione teoricamente occorrente e il tempo stimato che occorrerà per compiere il percorso usando una data strategia.

L'efficienza reale, come la precedente, è definita dal rapporto tra il tempo minimo di navigazione e il tempo effettivo speso. Ovviamente l'efficienza reale può essere calcolata solo dopo aver applicato ed eseguito una data strategia di navigazione

Risulta chiaro che il robot deve poter estrarre le informazioni necessarie dal contesto ambientale locale e, per far ciò, possono essere definiti, senza perdita di generalità, sensori virtuali che servono allo scopo.

Un effetto della multistrategia è l'accumulo di conoscenza relativa all'ambiente che potrà servire quando saranno necessarie altre pianificazioni. In ogni caso, il raffinamento di questa conoscenza non rende statica la sequenza di strategie che il robot usa per la pianificazione, in quanto si è introdotto un concetto definito "curiosità" che dà modo al motore strategico del robot di scegliere casualmente la strategia da utilizzare tra quelle applicabili nel contesto locale e, quindi, esplorare nuove alternative e affrontare cambiamenti dell'ambiente [7].

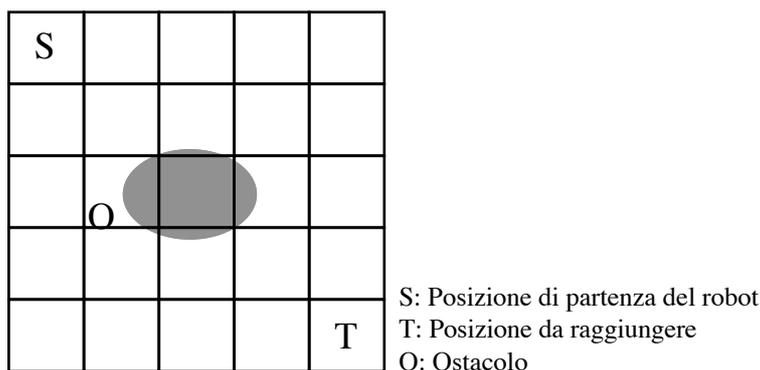
## 2.- Realizzazione sperimentale

La necessità di trovare conferme alle ipotesi sopra considerate ha portato innanzitutto alla realizzazione di un simulatore di un robot mobile, su cui è stato poi sviluppato il software relativo alla pianificazione multistrategica. Il simulatore è in grado di ricavare, da una descrizione dell'ambiente di lavoro, dati sensoriali (principalmente letture di sonar), e di simulare il movimento del robot nell'ambiente.

In un secondo tempo, il sistema è stato trasferito "sul campo" presso il C.E.S.I. su un robot mobile Robosoft.

L'esperienza vera e propria di verifica dell'approccio multistrategico, da attuarsi per l'ultimo trimestre di quest'anno, consisterà nella pianificazione delle traiettorie in un ambiente inizialmente semplice, del tipo di quello riportato in riportato in fig. 1, su cui saranno applicate tre semplici strategie:

1. Seguire una linea retta
2. Seguire un arco di circonferenza di raggio fissato a priori
3. Seguire un arco di ellisse di semiassi fissati a priori



**Fig. 1. - Il primo ambiente di prova**

La scelta di queste tre strategie è dettata principalmente da limitazioni sulla dimensione dell'ambiente che è possibile prendere in considerazione per le prove; ciò non consente l'uso di strategie più complesse quali BUG1 o BUG2.

La prima prova che si effettuerà dovrà ricalcare le seguenti azioni multistrategiche:

1. Il robot inizierà con la prima strategia a disposizione, cioè quella della traiettoria in linea retta: essa da S appare applicabile.
2. La strategia condurrà il robot sino in prossimità dell'ostacolo (punto O); qui il robot effettuerà la considerazione che la prima strategia non è più applicabile, perciò dovrà considerare la successiva strategia;
3. Il robot proseguirà con un arco di circonferenza e potrà arrivare al Target oppure fallire (ritornando in O); in quest'ultimo caso proverà con la successiva strategia.
4. Il robot proseguirà con un arco di ellisse e potrà arrivare al Target oppure fallire (ritornando in O); in quest'ultimo caso si considererà fallita la pianificazione.

Questa semplice esperienza fornirà l'indicazione su uno degli algoritmi di scelta della multistrategia: quando una strategia non risulta essere applicabile, ricorrere ad un'altra strategia. Nel frattempo il robot ha costruito, attraverso l'uso dei tre sensori virtuali prima citati, una base di dati relativa all'ambiente in cui si trova.

Nella seconda prova, l'ambiente verrà modificato eliminando l'ostacolo, ma lasciando l'esperienza accumulata dalla prova precedente. Perciò, si riprodurranno le seguenti azioni multistrategiche:

1. Partire con una strategia scelta a caso e tentare di arrivare all'obiettivo.
2. Continuare le pianificazioni, cambiando strategia all'occorrenza.

Quest'esperienza permetterà di verificare un effetto della libreria di strategie: la possibilità di scelta casuale di una strategia tra quelle applicabili in un contesto locale [7]. Ciò permette di affrontare i cambiamenti ambientali e di convergere verso una pianificazione ottima con le strategie a disposizione, evitando di staticizzare, una volta accumulata molta conoscenza, lo stesso comportamento nella pianificazione delle traiettorie.

### **3.- Conclusioni e ricerche future**

Si è brevemente introdotto l'approccio multistrategico alla pianificazione delle traiettorie in ambienti non noti a priori. La correttezza dell'approccio è stata dimostrata sia attraverso l'uso di un simulatore su Macintosh e viene ora verificata anche attraverso un'esperienza reale sul robot del C.E.S.I.

Le direttrici di ricerca che si intraprenderanno riguardanti l'approccio multistrategico saranno: l'approfondimento matematico dell'ipotesi di partenza, coinvolgendo conoscenze di discipline che già si

occupano di ottimalità, quale la Ricerca Operativa; lo studio dei sensori virtuali considerati e delle conoscenze sufficienti per caratterizzarne il corretto funzionamento senza l'interattività con un operatore umano; l'ampliamento del simulatore di strategie, attraverso un aumento del numero di strategie classiche; l'effettuazione di altre esperienze su robot considerando strategie classiche nell'uso della multistrategia.

## Bibliografia

- [1] V. Lumelsky , *Algorithmic Issues of Sensor-Based Robot Motion Planning*, 26th IEEE Conf. on Decision and Control in Los Angeles, December 1987.
- [2] T. Lozano-Péres, M. Wesley, *An Algorithm for Planning Collision Free Path Among Polyedral Obstacles*, Communication of ACM, vol. 22, NO. 10, October 1979.
- [3] V. Lumelsky, *On the Connection Between Maze-Searching and Robot Planning Algorithms*, Proc. of the 28th IEEE Conf. on Decision and Control, vol. 2, December 1989.
- [4] V. Lumelsky, A.A. Stephanov, *Effect of Uncertainty on Continuous Path Planning for an Auntonomous Vehicle*, 23th IEEE Conf. on Decision and Control in Los Angeles, vol. 3, December 1984.
- [5] V. Lumelsky, A.A. Stephanov, *Dynamic Path Planning for a Mobile Automaton with Limited Information on the Environment*, IEEE Trans. on Automatic Control, vol. AC-31, NO. 11, November 1986.
- [6] V. Lumelsky, T. Skewis, *Incorporating Range Sensing in the Robot Navigation Function*, IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, vol. 20, September-October 1990.
- [7] G. Bianco, R. Cassinis, *Approccio Multistrategico alla Navigazione in Ambienti Incogniti*, AI\*IA II Workshop sulla Percezione, 28-30 October 1992.
- [8] T.Lozano-Perez, *Parallel robot motion planning*. In Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Automaton, 1991.