

Short Term Mobility Program 2014

Relazione sui Risultati dell'Attività Scientifica svolta presso il Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS)

Antonio PETITTI

Istituto Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione, Bari

October 7, 2014

Inizio Periodo: 01 Settembre 2014
Fine Periodo: 21 Settembre 2014
Referente Estero: Dr. Antonio Franchi

1 Introduzione

Questa relazione mira a riassumere e descrivere l'attività di ricerca svolta dal fruitore dei fondi CNR per il programma di Short Term Mobility 2014 per il periodo di ricerca trascorso presso il Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS-CNRS) di Tolosa (Francia). Durante il soggiorno all'estero il fruitore si è occupato di estendere l'algoritmo (presentato in collaborazione con il Dr. Franchi in [1]) di stima distribuita di parametri inerziali di un carico durante operazioni di manipolazione e trasporto cooperativo effettuate da una rete di robot. In particolare, l'estensione dell'algoritmo tiene conto della presenza di rumore nelle misure, su cui si basa l'algoritmo, al fine di potere applicare lo stesso in contesti reali.

2 Presentazione del Problema

Si assuma una rete composta da n robot mobili. I robot possono muoversi in un piano e comunicare tra di loro attraverso una rete di comunicazione che rappresentiamo con un grafo $\mathcal{G} = (\mathcal{I}, \mathcal{E})$, dove indichiamo con $\mathcal{I} = \{1, \dots, n\}$ l'insieme dei robot e con $\mathcal{E} = \mathcal{I} \times \mathcal{I}$ l'insieme dei link di comunicazione. L'obiettivo della rete è stimare le proprietà inerziali di un carico sconosciuto B , modellato come un corpo rigido, di massa m e momento di inerzia J . Una rappresentazione del sistema è riportata in Fig. 1. Si supponga che il singolo robot sia in grado di controllare e applicare sul corpo, nel punto di contatto C_i , la forza \mathbf{f}_i e che sia in grado di misurare la velocità $\dot{\mathbf{p}}_{C_i}$ di C_i in riferimento ad un sistema di riferimento assoluto $\mathcal{W} = \{O_{\mathcal{W}} - \mathbf{x}_{\mathcal{W}}, \mathbf{y}_{\mathcal{W}}\}$. Il centro di massa di B è indicato con C , mentre il centro geometrico dei punti di contatto è indicato con G . L'assunzione di base è che la misura di velocità sia affetta da rumore e che, quindi, il robot sia in grado di misurare $\tilde{\mathbf{p}}_{C_i} = \dot{\mathbf{p}}_{C_i} + \boldsymbol{\nu}_i$, dove sia $\boldsymbol{\nu}_i \sim N(0, \boldsymbol{\Sigma}_i)$ un rumore gaussiano a media nulla con matrice di covarianza $\boldsymbol{\Sigma}_i$.

3 Presentazione dell'Algoritmo

L'algoritmo proposto riprende la procedura, composta da 7 steps, presentata in [1]. In particolare, i 7 steps sono stati raggruppati in 4 gruppi di task, dove ogni gruppo di task è preposto alla stima delle posizioni relative $\mathbf{z}_{ij} = \mathbf{p}_{C_i} - \mathbf{p}_{C_j}$, del momento di inerzia J , della posizione del centro di massa rispetto al centro geometrico $\mathbf{z}_C = \mathbf{p}_C - \mathbf{p}_G$ e della massa m .

Step 1: Ogni robot i applica una forza arbitraria $\mathbf{f}_i(t)$ sul corpo e usa le misure di velocità (scambiate in rete) $\tilde{\mathbf{p}}_{C_i}$ e $\tilde{\mathbf{p}}_{C_j}$, con j tale che $(i, j) \in \mathcal{E}$, al fine di stimare la distanza relativa. Il processo è effettuato attraverso una stima ai minimi quadrati al fine di minimizzare il contributo del rumore;

Step 2: Effettuato lo step 1, sono eseguiti 4 task concorrenti utili a stimare il momento di inerzia. Il primo task è la stima delle posizioni relative, sulla base delle distanze stimate allo step precedente, e il segno della velocità angolare.

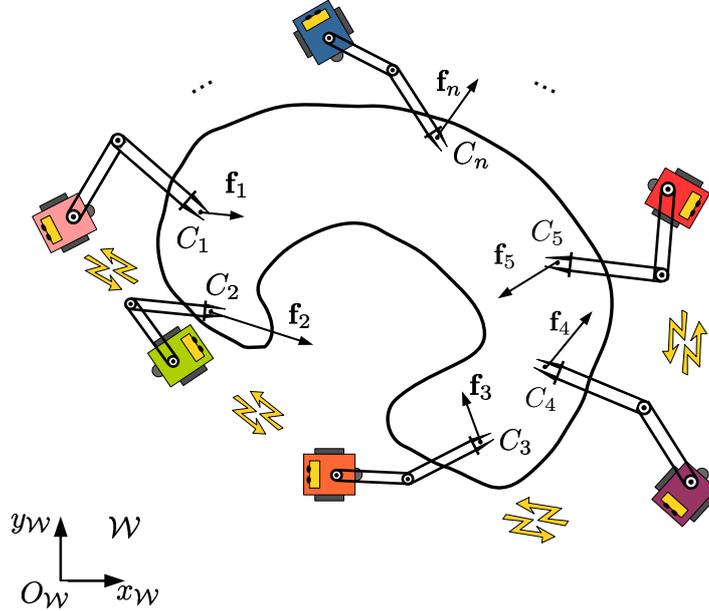


Figure 1: Un task di manipolazione effettuato da n robot (di cui solo sei sono rappresentati). Ogni robot è in grado di applicare una data forza al corpo per mezzo di un manipolatore. L'obiettivo della rete robotica è stimare i parametri inerziali del carico in maniera distribuita.

Il secondo task prevede che ogni robot calcoli la stima delle posizioni relative del punto di contatto rispetto alla posizione del centro geometrico \mathbf{p}_G . Sulla base di queste ultime stime, ogni robot può applicare la forza $\mathbf{f}_i = \mathbf{z}_i(t)$. Come conseguenza delle forze applicate, il corpo inizia a muoversi ed ogni robot può calcolare una stima locale della velocità angolare che, attraverso un algoritmo di dynamic consensus, converge ad un'unica stima nella rete. Sulla base della velocità angolare stimata, ogni robot effettua la stima del momento di inerzia che, attraverso un algoritmo di average consensus, converge ad un'unica stima nella rete. Tale processo è effettuato attraverso una stima ai minimi quadrati al fine di minimizzare il contributo del rumore.

Step 3: In questo step, ogni robot applica una forza arbitraria al fine di stimare la posizione relative del centro di massa con riferimento al centro geometrico. Tale processo di stima è effettuato attraverso un adeguato osservatore non lineare.

Step 4: Ogni robot applica una forza arbitraria e stima la velocità del centro di massa. Sulla base di questa stima è possibile effettuare una stima locale della massa che, attraverso un algoritmo di average consensus, converge ad un'unica stima nella rete. Tale processo è effettuato attraverso una stima ai minimi quadrati al fine di minimizzare il contributo del rumore.

Per la descrizione dettagliata dell'algoritmo e delle simulazioni numeriche si rimanda a [2].

4 Conclusioni

In conclusione, si può dire che il periodo di mobilità breve trascorso al LAAS-CNRS, sotto la guida del Dr. Antonio Franchi, ha portato a:

- estendere un algoritmo di stima distribuita di parametri inerziali per fini di cooperazione cooperativa;
- sottomettere il paper in [2] ad un'importante conferenza di robotica;
- rinsaldare la collaborazione con il gruppo di ricerca di cui il Dr. Franchi fa parte.

References

- [1] **Franchi, A., Petitti, A., Rizzo, A.**, *Distributed Estimation of the Inertial Parameters of an Unknown Load via Multi-Robot Manipulation*, Decision and Control Conference (CDC), the 53th IEEE Conference on, 15-17 Dec. 2014.
- [2] **Franchi, A., Petitti, A., Rizzo, A.**, *Decentralized Estimation of Kinematics and Dynamics Properties of an Unknown Load via Multi-Robot Manipulation*, Submitted to, 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).