

## CARATTERIZZAZIONE METROLOGICA DI UN SISTEMA DI TRACKING UOMO/OGGETTI PER APPLICAZIONI DI ROBOTICA COLLABORATIVA

S. Pasinetti<sup>(1)</sup>, R. Ferraresi<sup>(1)</sup>, C. Nuzzi<sup>(1)</sup>, M. Lancini<sup>(1)</sup>, F. Docchio<sup>(1)</sup>, G. Sansoni<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup> Dip. di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, Brescia  
mail autore di riferimento: simone.pasinetti@unibs.it

### 1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, il panorama industriale ha subito un forte cambiamento, muovendosi sempre più rapidamente verso processi automatizzati e intelligenti nell'ottica della quarta Rivoluzione Industriale, definita oggi anche come Industry 4.0. Tale approccio significa essere in grado di monitorare i processi aziendali in tempo reale, in modo da implementare soluzioni di coordinazione in grado di restituire valore aggiunto alla produzione. Le attività devono essere svolte in piena sicurezza per l'operatore, che si trova a dover condividere lo stesso spazio di lavoro con un robot industriale. Per tale ragione, risulta di vitale importanza studiare l'affidabilità di un sistema che, sfruttando le informazioni di colore e di profondità di una telecamera RGB-D, determini in tempo reale la presenza di persone e oggetti e ne restituisca la posizione nello spazio. A tal proposito, la presente memoria descrive le metodologie adottate per la caratterizzazione metrologica del sistema descritto in [1], in grado di affrontare le tematiche affrontate utilizzando due Kinect di seconda generazione (Kinect v2) basate su tecnologia TOF, considerate ancora oggi la scelta migliore in termini di qualità/prezzo.

### 2. SET-UP E PROCEDURA DI VALIDAZIONE

Per poter procedere correttamente alla caratterizzazione del sistema, due Kinect sono state poste su un treppiede professionale posizionandole agli angoli della stanza. Una volta ottenuta una completa visione dell'area di misura, si è passati alla calibrazione intrinseca dei sensori RGB e IR per migliorare l'accuratezza dei dispositivi e successivamente è stata effettuata una calibrazione estrinseca per riferire tutte le misure del sistema di visione rispetto a un sistema di riferimento comune chiamato Wd. Una volta calibrato il sistema, sono stati disposti sul pavimento 31 marker numerati, utilizzati come riferimento nei confronti della posizione baricentrale stimata dal sistema del soggetto rilevato. Una rappresentazione del set-up è mostrata Fig. 1.

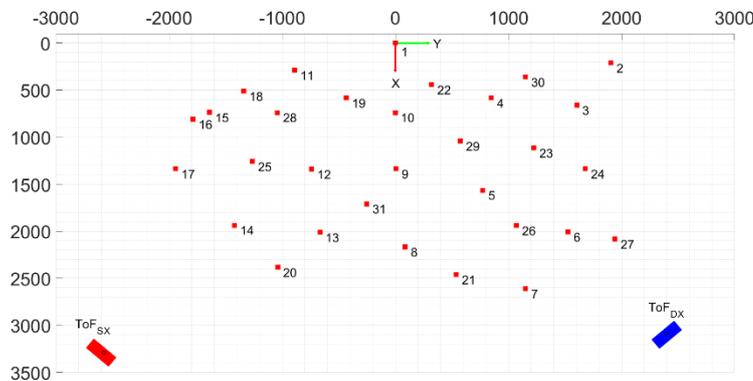


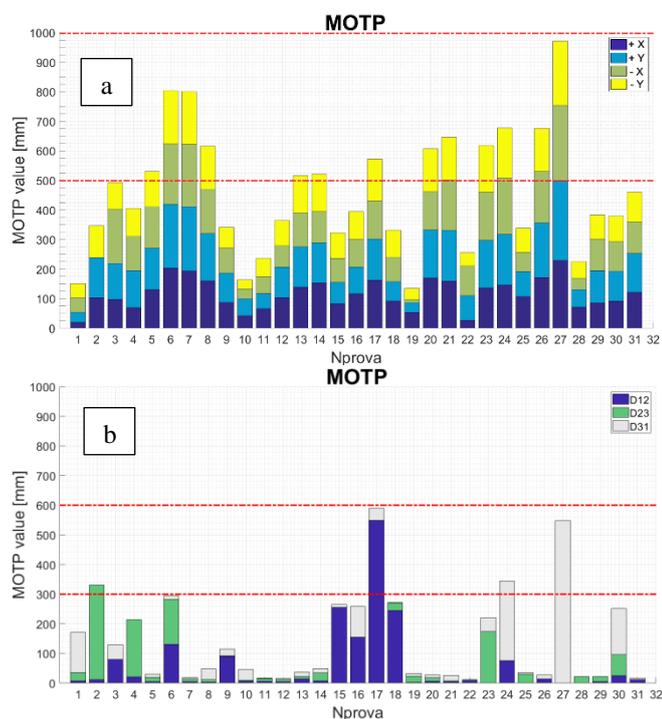
Fig 1. Rappresentazione del set up sperimentale visto dall'alto. Gli angoli del campo inquadrato sono posizionate le due Kinect, mentre i 31 marker sono evidenziati al centro della scena con un indicatore. Il Sistema di riferimento Wd è rappresentato in alto, in corrispondenza dello 0.

I marker sono stati quindi misurati rispetto allo stesso sistema di riferimento Wd ottenuto in fase di calibrazione. Una volta conclusa la fase di set-up è stato realizzato il target di misura per lo *human detection*, montando la parte superiore di un manichino su un supporto rigido dotato di ruote per facilitare il suo spostamento. Il manichino è stato collocato poi in corrispondenza delle varie posizioni dei marker, e orientato secondo i 4 punti cardinali. Per ogni orientamento è stata effettuata una acquisizione di 30 secondi per valutare il comportamento del sistema nel tempo.

In post processing, volendo adattare i dati ottenuti ai parametri MOTA (Multiple Object Tracking Accuracy) e MOTP (Multiple Object Tracking Precision) descritti in [2], per tutte le 124 prove sono state distinte le stime attendibili da quelle anomale. La caratterizzazione dell'*object detection* è stata

eseguita con la stessa procedura già descritta, ma utilizzando al posto di un manichino un totem a tre braccia, allestendolo con tre sfere di colore differente di diametro di 20, 16, 10 cm, in modo da valutare l'accuratezza del sistema in relazione alle dimensioni dell'oggetto e alle possibili incongruenze nell'identificazione degli oggetti. Contrariamente a quanto fatto per l'*human detection*, non avendo un'informazione affidabile della posizione reale delle tre sfere, è stato scelto di valutare la capacità dell'algoritmo nel rilevare correttamente la loro mutua distanza. Come già descritto per la caratterizzazione dell'*human detection*, i dati ottenuti dal sistema sono stati differenziati per ognuna delle prove e, sui dati ritenuti validi, è stata calcolata la distanza mediamente stimata dal sistema sulle 3 coppie di sfere. Queste distanze sono state poi utilizzate come riferimento di misura, confrontandole con la distanza stimata dal sistema.

### 3. RISULTATI



Alcuni risultati ottenuti sono mostrati in Fig. 2. Essendo i risultati ottenuti tipicamente ottimali per tutte le prove, l'andamento del MOTP non è stato riportato. Risulta invece di interesse mostrare l'andamento del MOTP, che presenta un errore euclideo della stima della posizione baricentrale nello spazio variabile a seconda della posizione assunta dal manichino.

Fig. 2: In entrambe le figure in ascissa è riportato il numero della prova corrispondente, in ordinata il valore di MOTP espresso in [mm]. (a) Rappresentazione dei risultati ottenuti per lo *human detection*. Ogni barra corrisponde a uno dei 4 orientamenti del manichino. (b) Rappresentazione dei risultati ottenuti per l'*object detection*. Ogni barra corrisponde a una delle tre distanze reciproche stimate.

### 4. CONCLUSIONI

Il sistema si comporta molto bene nel determinare la presenza dell'uomo e la sua relativa posizione nello spazio, in quanto la posizione del baricentro stimata risulta essere all'interno della circonferenza corporea della persona. Per quanto riguarda la rilevazione di oggetti, nella maggior parte delle prove il sistema si comporta molto bene nello stimare la distanza reciproca tra le sfere, mentre in alcuni casi vi è una perdita di informazione sulle distanze, che si verifica quando si nota l'assenza di una delle 3 barre.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Matteo Munaro, Filippo Basso, Emanuele Menegatti. *OpenPTrack: open source multi-camera calibration and people tracking for RGB-D camera networks*.
- [2] Keni Bernardin, Rainer Stiefelhagen. *Evaluating multiple object tracking performance: the CLEAR MOT metrics*.