

VALIDAZIONE DI ALGORITMI DI CALIBRAZIONE ESTRINSECA BASATI SU SKELETONIZATION DEL CORPO UMANO

S. Pasinetti⁽¹⁾, C. Nuzzi⁽¹⁾, M. Lancini⁽¹⁾, G. Sansoni⁽¹⁾

⁽¹⁾Dip. di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università di Brescia, Via Branze, 38- 25123 Brescia
mail autore di riferimento: simone.pasinetti@unibs.it

1. INTRODUZIONE

La presente memoria descrive le procedure utilizzate per la valutazione metrologica di procedure di calibrazione estrinseca di sistemi di visione composti da più telecamere. Viene definita calibrazione estrinseca quella procedura che consente di calcolare posizione ed orientamento di ogni telecamera presente in un sistema multicamera rispetto a tutte le altre. I metodi di calibrazione estrinseca si possono dividere principalmente in tre gruppi: tradizionali, basati sul riconoscimento di forme tridimensionali e basati su *skeletonization*. I metodi di calibrazione tradizionali si basano sull'utilizzo di target di calibrazione noti (scacchiere, griglie di punti, frange, etc) che vengono riconosciuti automaticamente dal sistema. Il sistema misura la posizione dei punti caratteristici del target ottenendo in questo modo i parametri di rotazione e traslazione desiderati [1]. I metodi basati sul riconoscimento di forme tridimensionali (*3D shape matching*) sono invece fondati sulla coerenza geometrica di un oggetto 3D posizionato nel campo di vista delle varie telecamere [2]: ciascun dispositivo registra una parte dell'oggetto target e successivamente, allineando ciascuna vista con le rimanenti, ed analizzando la traiettoria dell'oggetto vista da ogni telecamera è possibile risalire alle matrici di calibrazione. I metodi di calibrazione tradizionali, così come quelli basati su 3D shape matching risultano svantaggiosi in termini di tempo di esecuzione. Inoltre, queste tipologie necessitano di un target di calibrazione.

Infine, i metodi basati sul riconoscimento dello scheletro umano (*skeleton based*) utilizzano come target di calibrazione direttamente le articolazioni (*joint*) di un operatore che si posiziona all'interno del campo di vista delle telecamere [3]. I metodi *skeleton based* rappresentano quindi un'evoluzione dei metodi di 3D shape matching in quanto è come se venissero considerate forme 3D multiple rappresentate dai segmenti corporei dell'operatore stesso. Risulta quindi possibile ottenere una calibrazione estrinseca senza alcun oggetto caratteristico, ma semplicemente utilizzando il corpo dell'operatore umano come oggetto stesso. Nonostante in letteratura siano presenti lavori relativi alla valutazione dell'accuratezza nella misura dei *joint* [4], non sono presenti lavori che mostrano come questa accuratezza venga propagata a livello di matrici di rototraslazione risultanti dalla procedura di calibrazione. Il presente lavoro descrive le procedure utilizzate per valutare l'affidabilità della calibrazione estrinseca ottenuta tramite le posizioni dei *joint* misurate tramite il metodo di *skeletonization* descritto in [3].

2. SETUP SPERIMENTALE

Per valutare l'affidabilità delle matrici di calibrazione ottenute a partire dal metodo descritto in [4] sono state svolte diverse prove di misura posizionando un sistema di visione composto da due telecamere Kinect One in tre diverse posizioni all'interno di un volume di lavoro (figura 1): (i) una accanto all'altra (prova 1), (ii) poste con un angolo di 90° (prova 2), e (iii) di 180° (prova 3). Per ogni posizione è stata svolta la procedura di calibrazione utilizzando i punti ottenuti tramite [5] ottenendo quindi tre diverse matrici di calibrazione. Le matrici così ottenute sono state poi utilizzate per riferire (o allineare) le nuvole di punti 3D acquisite da ogni Kinect rispetto ad un sistema di riferimento globale e comune. Per la valutazione delle performance di calibrazione si è deciso di misurare le dimensioni

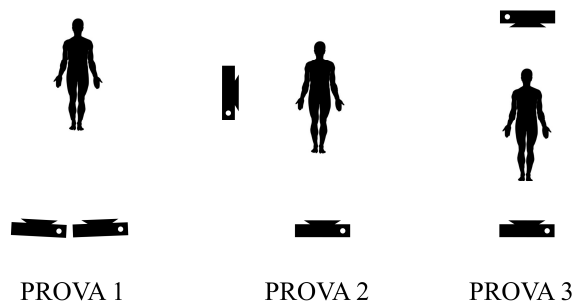


Figura 1 – Setup sperimentale. Posizioni Kinect analizzate: una accanto all'altra (prova 1), poste con un angolo di 90° (prova 2), e di 180° (prova 3).

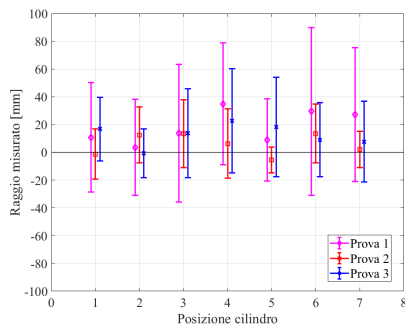


Figura 2 – Media e deviazione standard della differenza tra raggio misurato e di riferimento nelle tre diverse configurazioni analizzate.

3. RISULTATI

In figura 2 è rappresentata la media e la deviazione standard del raggio della differenza tra raggio misurato e di riferimento nelle varie posizioni analizzate e nelle tre diverse configurazioni di telecamere. I grafici mostrano come in tutti i casi la misura del raggio sia compatibile con il valore di riferimento. Si nota che nella prova numero 1 (Kinect poste una accanto all'altra) si hanno valori di deviazione standard maggiori, probabilmente perché l'oggetto viene visto da entrambe le telecamere frontalmente e quindi l'algoritmo di fitting cilindrico ha maggiori difficoltà nell'individuare il modello ottimale. Nelle altre prove si ottengono invece viste più complete del cilindro e quindi un modello di fitting migliore. Una volta valutate le performance di ricostruzione di oggetti tridimensionali è stata anche valutata la qualità dell'allineamento di nuvole di punti rappresentanti soggetti in movimento. Per fare ciò un operatore è stato ripreso all'interno del campo di misura delle telecamere e le nuvole di punti sono state nuovamente allineate tramite le matrici di rototraslazione ottenute tramite la procedura di calibrazione. In figura 3 è visibile un esempio di allineamento. La distanza media tra i punti allineati è di 3.5 cm, con una deviazione standard di circa 1 cm. Questi valori sono in linea con i valori di accuratezza delle nuvole di punti ottenute dai sensori Kinect [5].

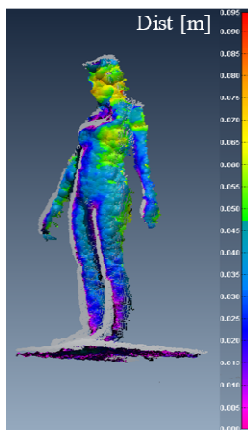


Figura 3 –Esempio di due nuvole di punti allineate tramite le matrici di calibrazione calcolate.

4. CONCLUSIONI

Nella presente memoria vengono descritte le procedure di validazione di un algoritmo di calibrazione estrinseca basato su skeletonization. L'algoritmo fornisce buoni risultati: la distanza media dei punti allineati tramite le matrici di calibrazione ottenute risulta in linea con l'accuratezza di misura delle nuvole di punti acquisite dai sensori utilizzati.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] E. Auvinet, J. Meunier, F. Multon, "Multiple depth cameras calibration and body volume reconstruction for gait analysis", in *Information Science, Signal Processing and their Applications*, 2012.
- [2] A. Fornaser, P. Tomasin, M. De Cecco, M. Tavernini, M. Zanetti, "Automatic graph based spatiotemporal extrinsic calibration of Multiple Kinect V2 ToF cameras", *Rob. Auton. Syst.*, vol 98, 2017.
- [3] C. Zimmermann, T. Welschehold, C. Dornhege, W. Burgard and T. Brox, "3D Human Pose Estimation in RGBD Images for Robotic Task Learning", in *2018 International Conference Robotics and Automation*, 2018.
- [4] T. Wei, B. Lee, Y. Qiao, A. Kitsikidis, K. Dimitropoulos, N. Grammalidis, "Experimental study of skeleton tracking abilities from microsoft kinect non-frontal views," in *IEEE True Vision-Capture, Transmission and Display of 3D Video conference*, 2015.
- [5] S. Pasinetti, M. M. Hassan, J. Eberhardt, M. Lancini, F. Docchio, and G. Sansoni, "Performance Analysis of the PMD Camboard Picoflexx Time-of-Flight Camera for Markerless Motion Capture Applications," *IEEE Trans. Instr. Meas.*, in press.

caratteristiche di un oggetto noto, individuato in un cilindro avente raggio pari a 95 mm. Una volta calcolate le matrici di calibrazione l'oggetto di misura è stato posizionato fisso in sette diverse posizioni all'interno del campo di vista delle telecamere e sono stati acquisiti 100 frame dell'oggetto stesso. Le nuvole di punti 3D (in questa fase ancora riferite al sistema di riferimento locale di ogni Kinect utilizzata) sono state poi allineate rispetto ad un sistema di riferimento comune (che si è scelto coincidente con uno dei sistemi di riferimento locali). Infine, dalle nuvole di punti allineate, è stato sviluppato un algoritmo per misurare il raggio del cilindro utilizzato.