

CONFRONTO METROLOGICO TRA TELECAMERE A TEMPO DI VOLO PER LA MISURA DELLA CINEMATICA DEL CORPO UMANO

S. Pasinetti⁽¹⁾, M. M. Hassan⁽²⁾, C. Nuzzi⁽¹⁾, M. Lancini⁽¹⁾, F. Docchio⁽¹⁾, G. Sansoni⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dip. di Ingegneria Meccanica e Industriale (DIMI),
Università degli Studi di Brescia, Brescia, Italia

⁽²⁾ Dip. di Tecnologia e Management,
Università di Scienze Applicate Ravensburg-Weingarten, Weingarten, Germania
mail autore di riferimento: simone.pasinetti@unibs.it

1. INTRODUZIONE

Lo sviluppo della medicina e il miglioramento delle condizioni di vita hanno portato ad un innalzamento dell'aspettativa di vita che a sua volta ha generato un aumento del numero di persone che necessitano di assistenza medica (ospedaliera o domiciliare). Questo fenomeno ha generato una richiesta sempre più alta di figure assistenziali quali infermieri, fisioterapisti, etc.).

Sempre più spesso tali figure soffrono di disturbi muscoloscheletrici dovuti a procedure scorrette assunte durante il proprio lavoro di assistenza all'anziano. Risulta quindi sempre più importante sviluppare sistemi di misura per il training e il monitoraggio ergonomico dei cosiddetti "caregiver".

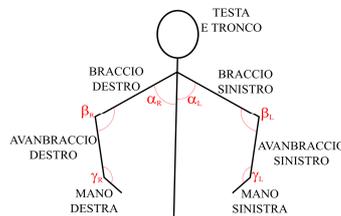
In questo ambito si colloca il lavoro di ricerca descritto nella presente memoria, il cui obiettivo è quello di illustrare lo sviluppo di un sistema di misura della cinematica del corpo umano basato su telecamere a tempo di volo (Time-Of-Flight, TOF). La telecamera scelta per il sistema di misura è la *Camboard Picoflexx* (PmdTM, figura 1.a), una telecamera TOF che grazie alle dimensioni ridotte e all'assenza di alimentazione esterna (la telecamera viene alimentata direttamente tramite porta USB2.0) consente la massima portabilità, unita ad una buona risoluzione e sensibilità di misura. La presente memoria descrive le metodologie utilizzate e i risultati ottenuti nell'ambito della caratterizzazione metrologica della telecamera *Picoflexx* e della sua comparazione rispetto alle performance del dispositivo *Kinect V2* (MicrosoftTM, figura 1.b), considerato il *golden standard* tra le telecamere TOF in commercio [1].

2. SETUP SPERIMENTALE

L'intera procedura di caratterizzazione è stata svolta all'interno di una "dark room" avente dimensioni 4 x 6 x 2 m completamente ricoperta di Duvetyne, un materiale che assorbe la maggior parte della radiazione luminosa incidente su di esso. In questo modo è stato possibile ridurre al



(a)



(b)

Figura 2. (a) Manichino usato per la misura della cinematica del corpo umano e (b) definizione degli angoli misurati.

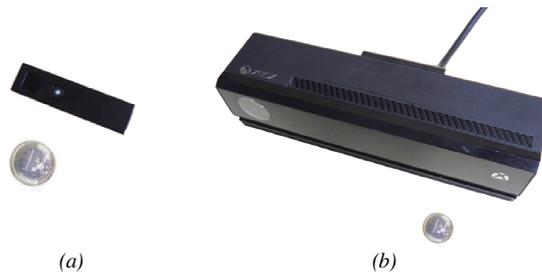


Figura 1. Telecamere a tempo di volo analizzate: (a) *Camboard Picoflexx* e (b) *Microsoft Kinect v2*.

minimo gli errori di misura dovuti alla riflessione dell'impulso luminoso emesso dalle telecamere sulle pareti della dark room.

Per valutare le performance metrologiche della telecamera *Picoflexx* in relazione alla telecamera *Kinect V2* entrambe le telecamere sono state posizionate di fronte ad un target di misura posizionato a diverse distanze note, nel range 1.5÷4.5 m. Per ogni distanza,

tramite le due telecamere, sono state acquisite diverse immagini di profondità (durata di ogni acquisizione 30 s, frequenza di acquisizione pari a 30 fps) ed è stato valutato il rapporto tra posizione nominale e posizione misurata, per ogni pixel di ogni immagine acquisita. Le performance delle telecamere sono state poi valutate in relazione alla capacità di quest'ultime di ricostruire oggetti tridimensionali in diverse posizioni all'interno della dark room e in presenza di sorgenti di interferenza derivanti da altre telecamere dello stesso tipo. Infine, le telecamere sono state utilizzate per la misura della cinematica di un manichino posizionato in diverse configurazioni (figura 2.a). In quest'ultimo caso le telecamere sono state utilizzate per la misura degli angoli tra i vari segmenti corporei degli arti superiori (figura 2.b). Gli angoli così misurati sono stati poi confrontati con quelli derivanti da un sistema commerciale di scansione basato su lama laser (Vivid 910, Konica Minolta), avente accuratezza di misura pari a 0.4 mm, e considerato come riferimento.

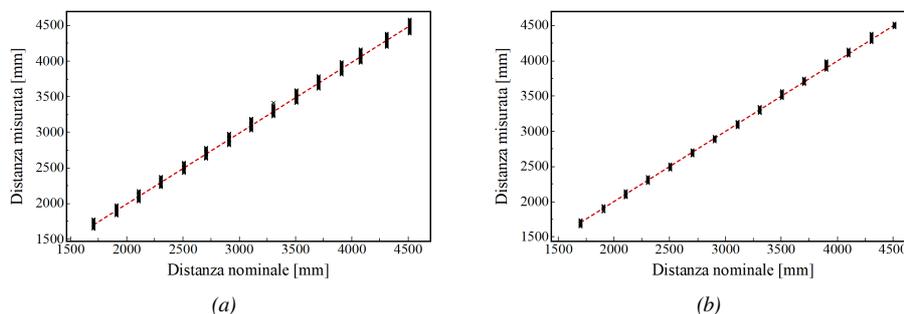


Figura 3. Confronto tra distanze misurate e reali ottenute con (a) telecamera Picoflexx e (b) Kinect v2.

3. RISULTATI

La figura 3 mostra i risultati della caratterizzazione metrologica delle due telecamere. I punti ottenuti tramite la Picoflexx possiedono una dispersione maggiore rispetto a quelli ottenuti tramite Kinect V2 (σ_0 pari a 37 mm per la Picoflexx e σ_0 pari a 18 mm per la Kinect V2), nonostante l'andamento sia lineare per entrambe le telecamere ($R^2=99.82\%$ per la Picoflexx e $R^2=99.96\%$ per la Kinect V2).

La figura 4 mostra i risultati della misura della cinematica del manichino. Si nota come gli angoli ottenuti tramite Picoflexx siano compatibili sia con quelli ottenuti tramite il sistema commerciale, che con quelli ottenuti tramite Kinect V2, nonostante l'accuratezza media di quest'ultima, come detto precedentemente sia migliore.

4. CONCLUSIONI

I risultati mostrano come la telecamera Picoflexx, nonostante un'accuratezza di misura peggiore rispetto alla Kinect V2, garantisce performance nella misura della cinematica del corpo umano in linea con quest'ultima, unitamente a ingombri e consumi di energia notevolmente ridotti. Per questi motivi la telecamera Picoflexx risulta essere un'ottima scelta per lo sviluppo di un sistema di misura della cinematica che possa essere estremamente portatile e performante.

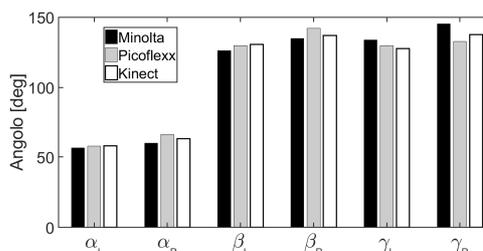


Figura 4. Angoli cinematici ottenuti con il sistema Minolta (barre nere), con la telecamera Picoflexx (barre grigie) e con la telecamera Kinect (barre bianche).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] P. Fursattel, S. Placht, M. Balda, C. Schaller, H. Hofmann, A. Maier, C. Riess, "A comparative error analysis of current Time-of-Flight sensors", *IEEE Trans. Comp. Imag.*, vol. 2, no. 1, pp. 27-41, 2016.
- [2] S. Foix, G. Alenya, C. Torras, "Lock-in Time-of-Flight (ToF) cameras: a survey", *IEEE Sens. J.*, vol. 11, no. 9, 2011.
- [3] S. Pasinetti, M. M. Hassan, J. Eberhardt, M. Lancini, F. Docchio, G. Sansoni, "Comparative analysis of the Picoflexx and the Kinect TOF cameras for human motion capture measurements", *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, submitted.