

## ***Novel models and methods for structured light 3D Scanners***

Il lavoro svolto durante il corso di dottorato in Ingegneria dell'Informazione, si è concentrato sulla possibilità di scoprire nuove tecniche per la calibrazione veloce di uno scanner 3D a basso costo. Tali scanner sono costituiti da una semplice macchina fotografica e un proiettore commerciale, al fine di sviluppare dispositivi a basso costo con elevata affidabilità in grado di acquisire rapidamente grandi superfici.

Esistono molti sistemi basati su questa configurazione, tali dispositivi hanno vantaggi e svantaggi. Essi possono acquisire oggetti con ampia superficie in pochi secondi e con una precisione adeguata. D'altra parte, hanno bisogno di una calibrazione lunga e sono molto sensibili al rumore dovuto alla sfarfallio della sorgente luminosa. Considerando questi problemi, ho cercato di trovare nuove tecniche robuste di calibrazione per ridurre la sensibilità al rumore, e, in questo modo, avere alte prestazioni per scanner 3D a basso costo aventi brevi tempi di calibrazione e di riconfigurazione.

Esistono molte tecniche di calibrazione disponibili per questi sistemi. Molte necessitano, come prima cosa, di calibrare la fotocamera e quindi il sistema complessivo tramite la proiezione di pattern codificati o analogici, tipicamente sinusoidali, o digitale, ad esempio codici di Gray. Queste tecniche sono molto dispendiose dal punto di vista temporale in quanto richiedono una precedente fase di calibrazione della telecamera separata dalla calibrazione del sistema ed inoltre il rumore della luce ambientale introduce un fattore di disturbo che influisce sulla proiezione delle frangie codificate. Infatti, molti modelli per la calibrazione di sistemi a luce strutturata, utilizzano la proiezione di tali patterns all'interno del volume di calibrazione per mappare in maniera empirica tale volume, così da creare una look-up table delle corrispondenze fase-profondità, questo è un ulteriore fattore che appesantisce gli algoritmi dal punto di vista della facilità di implementazione e ne allunga a dismisura i tempi.

Per raggiungere l'obiettivo, diversi tipi di scanner a luce strutturata sono stati studiati e realizzati, secondo gli schemi proposti in letteratura. Ad esempio, esistono scanner basati su modelli sinusoidali e altri sulla base di modelli digitali, che hanno anche permesso la realizzazione di acquisizioni profilometriche in tempo reale. In questi sistemi sono state implementate tecniche classiche di calibrazione ne sono state valutate le prestazioni come compromesso tra il tempo di acquisizione e la precisione che il sistema ha in fase di ricostruzione.

La calibrazione classica prevede quindi l'acquisizione delle mappe di fase nel volume di calibrazione a seguito di una pre-calibrazione della telecamera. All'inizio, è stato implementato un algoritmo che consente la calibrazione attraverso l'acquisizione di sole due vedute, comprendendo nell'algoritmo di calibrazione one-step anche la fotocamera, modellata tramite modello pin-hole. Per fare questo, è stato assunto per il proiettore un modello geometrico, che è stato verificato mediante la valutazione dei dati sperimentali. Il proiettore viene quindi modellato come una seconda telecamera, anche esso modellato tramite il modello pin-hole, e si è proceduto con la calibrazione di

telecamera-proiettore come una coppia di telecamere stereo, utilizzando una calibrazione DLT. Grazie all'acquisizione di due viste del target nel volume di calibrazione, è possibile estrarre i parametri dei due dispositivi attraverso i quali può essere simulata la proiezione di patterns, e la loro successiva acquisizione da parte della telecamera, così da eliminare il problema del rumore causato dalla luce ambiente.

Questo sistema è un buon compromesso tra la riduzione del tempo di calibrazione, che passa da mezz'ora ad un paio di minuti, e una riduzione in termini di incertezza dell'ordine di un punto percentuale del volume di calibrazione che è stato scelto di una profondità di 10 centimetri .

Gli errori percentuali potrebbero essere ridotti considerando la distorsione della lente. Durante il periodo in visita presso il Machine Vision Group di Oulu in Finlandia, sotto la supervisione del Prof. J. Heikkilä, sono stati studiati i problemi legati alla variazione dei parametri di distorsione nel modello pin-hole in funzione della distanza tra target e fotocamera. Dopo diverse prove sperimentali, in simulazione e successivamente su immagini reali, si è concluso che le variazioni di tali parametri può essere giustificata a causa dell'utilizzo di un modello semplice come quello pin-hole. L'utilizzo di modelli geometrici avanzati, come il modello Assiale, e successivamente il modello Generico, possono incorporare queste variabili all'interno del modello stesso, per rendere la telecamera e il proiettore più precisi calibrandoli all'interno di un volume di calibrazione più esteso.

Infine, un algoritmo di autocalibrazione per sistemi stereo è stato applicato al sistema scanner 3D per una più veloce riconfigurare in loco, ossia per calibrare al di fuori del laboratorio uno scanner precedentemente calibrato in laboratorio.