

DATI RGB E LASER SCANNER PER LA MODELLAZIONE DI PICCOLI OGGETTI COMPLESSI

M. Pontin (*), F. Pirotti(*), S. Girardi(**), F. Voltolini(**)

(*) CIRGEO – Centro Interdip. di Ricerca in Cartografia, Fotogrammetria, Telerilevamento e S.I.T. Università di Padova, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD); e-mail: cirgeo@unipd.it

(**) ITC IRST – Istituto Trentino di Cultura, Povo (TN); e-mail: (girardi, lgonzo)@itc.it

Riassunto

La realizzazione di modelli 3D digitali di beni architettonici o storici e la relativa visualizzazione al computer è oggi uno dei campi di ricerca a cui viene rivolto maggior interesse per le innumerevoli applicazioni pratiche che possono derivare da questi studi. Ancor oggi rimane incerto il problema fondamentale di come si possa unire al dato 3D, proveniente dal laser scanner, l'informazione di colore dell'oggetto rappresentato. Sebbene esistano in commercio alcuni software dedicati alla texturizzazione del modello 3D a partire da immagini digitali, i risultati non sempre risultano soddisfacenti, soprattutto nel caso di geometrie particolarmente complesse. Mentre infatti nel caso di scansioni di oggetti con sviluppo prevalentemente piano si ottengono buoni risultati, superfici caratterizzate da elevati valori di curvatura favoriscono l'insorgenza di discontinuità e imperfezioni nella texture finale inaccettabili.

In questo articolo si vogliono esporre i risultati di un'esperienza condotta in collaborazione tra il Cirgeo (Centro Interdip. di Ricerca dell'Università di Padova) e l'ITC (Istituto Trentino di Cultura) nell'ambito della produzione di modelli 3D, con texture, relativi ad oggetti di piccole dimensioni, mediante integrazione di tecniche laser scanner e fotogrammetria digitale applicata ad immagini ad alta risoluzione. I risultati ottenuti nella riproduzione virtuale degli oggetti considerati sembrano soddisfacenti dal punto di vista delle texture, la cui qualità appare comparabile se non superiore a quanto prodotto dai software di uso commerciale.

Abstract

The problem of generation and display of 3D models of cultural heritage objects represents today a very attractive research field given the countless practical applications which can be derived from such technology. Merging a point cloud, resulting from a laser scanner survey, with RGB information of the object surface is still an open issue. Some softwares allow for the texturing of laser scanner 3D models with digital color images, but the results are sometimes unsatisfying, overall when dealing with high complexity shapes. Though good results are often achieved in case of planar objects, unacceptable discontinuities and flaws can be still noticed on textures applied to surfaces featuring higher degree of curvature. In order to cope with this issue a joint work was undertaken between the research team of Cirgeo (Interdept. Research Center of Geomatics of the University of Padua) and the ITC (Istituto Trentino di Cultura of Trento). The research activity has been aimed to the production of textured 3D models of small objects, by integrating laser scanning technology with close-range digital photogrammetry applied to high resolution digital images. Texture quality achieved with the proposed

method seems to be quite satisfying and comparable with, or even better than, the end product of commercial softwares.

1. Introduzione

La modellazione tridimensionale, sia di origine fotogrammetrica che con tecniche laser scanner, assume oggi sempre più importanza per le innumerevoli applicazioni che ne derivano. In questo contesto, la risoluzione del modello e della texture associata è di fondamentale importanza per poterne usufruire in talune particolari applicazioni.

Se l'origine del modello è fotogrammetrica, la tessitura applicata al modello tridimensionale dipende dalla risoluzione di acquisizione delle immagini fotografiche e non presenta particolari difficoltà. Rimane tuttavia il problema di ricostruire con tecniche fotogrammetriche un oggetto complesso, per il quale dovrebbero essere individuati moltissimi punti sulle immagini, rendendo il processo molto impegnativo, per non dire impossibile in taluni casi. La tecnica laser scanner appare quindi come la logica sostituta in molti casi particolari. Nonostante l'elevata risoluzione che è possibile ottenere con la scansione laser, rimane tuttora il problema di ottenere una tessitura del modello sufficientemente apprezzabile. In commercio esistono da qualche anno dei software che associano immagini digitali a scansioni laser; tale operazione non sempre risulta semplice per l'operatore e talvolta la qualità del risultato finale appare piuttosto scarsa. Si vogliono in questo articolo presentare le esperienze ed i risultati ottenuti nella realizzazione di modelli tridimensionali a cui è stato opportunamente associato il dato di informazione RGB proveniente da una camera digitale ad alta risoluzione. Ciò può essere utile sia per un modello grezzo molto più realistico dell'oggetto, sia per facilitare l'associazione delle immagini digitali alla scansione laser con un software commerciale.

2. Calibrazione della camera ed orientamento esterno dei fotogrammi

I test sono stati condotti inizialmente su una tazza colorata di forma molto semplice e regolare (fig. 1) e successivamente nella riproduzione virtuale di volti umani (fig. 2).

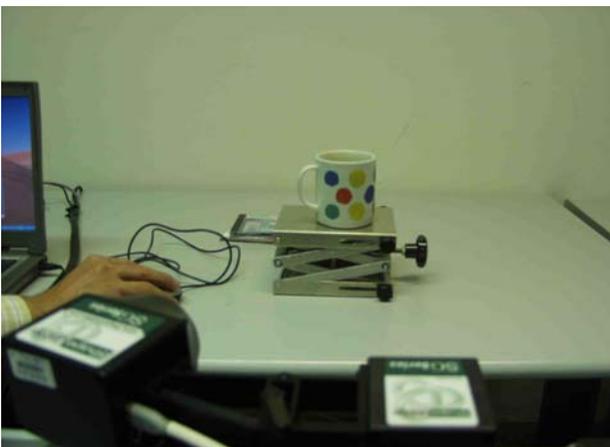


Figura 1 – Scansione di una tazza da tè colorata

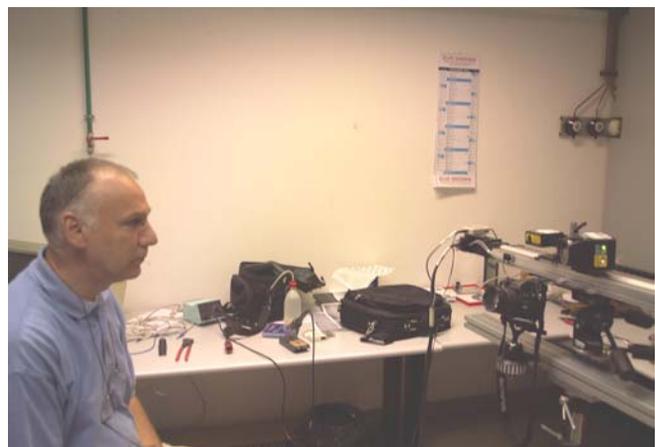


Figura 2 – Scansione di un volto umano

Le scansioni sono state effettuate con il laser scanner ShapeGrabber 100 ad una risoluzione di 1 mm. E' stata utilizzata inoltre una macchina fotografica Olympus E20P per l'acquisizione delle immagini digitali. Come si può osservare dalla figura 3, la fotocamera è stata fissata sul treppiede in modo tale da inquadrare la stessa scena ripresa dal laser scanner. Nella prima fase del lavoro è stata eseguita la calibrazione della camera digitale utilizzando un diedro di dimensioni opportune sul quale erano presenti 140 target riconoscibili sia nel fotogramma sia nella scansione laser. Conoscendo le coordinate di tali punti di controllo è stato possibile calcolare oltre che i parametri di orientamento interno della macchina (focale, centro ottico, parametri di distorsione delle lenti) anche l'orientamento esterno dei fotogrammi nel sistema di riferimento della strumentazione laser. Tali parametri risultano costanti nelle esperienze successive in quanto l'assetto e la posizione della camera è stata mantenuta volutamente invariata. Il sistema laser-macchina fotografica è stato quindi calibrato per le scansioni successive.



Figura 3 – Calibrazione del sistema laser scanner-fotocamera

3. Associazione dell'informazione RGB al punto

Essendo noti i parametri di orientamento esterno dei fotogrammi, è possibile associare alle coordinate tridimensionali del punto rilevato dal laser la corrispondente coordinata immagine nel sistema di riferimento del fotogramma. Tale collegamento consente di associare in modo immediato il dato RGB di colore all'informazione spaziale. Per molte applicazioni il risultato fin qui ottenuto può già essere sufficiente se non viene richiesta una tessitura dell'oggetto ad elevata definizione. In ogni caso i software in commercio che permettono l'associazione delle immagini digitali alla scansione laser prevedono il riconoscimento di punti omologhi sul fotogramma e sulla nuvola di punti. Tale operazione, nel caso di oggetti con geometria di tipo simmetrico o senza particolari caratteristiche morfologiche che caratterizzino univocamente parti differenti dell'oggetto, risulta molto difficile da eseguirsi per l'operatore e talvolta il risultato finale non è soddisfacente. Nel caso in cui si disponga di una nuvola di punti "colorata", l'operatore è in grado di individuare facilmente i punti omologhi e di procedere in modo molto più veloce e proficuo.

4. Test e risultati

Nella prima prova è stata riprodotta una tazza da tè caratterizzata dalla presenza sulla propria superficie di alcuni cerchi diversamente colorati. Dopo aver calibrato il sistema con l'apposito pannello di calibrazione (fig. 3), la tazza è stata sottoposta a scansione e successivamente il dato RGB è stato associato a ciascuna delle nuvole di punti acquisite, utilizzando allo scopo uno script sviluppato in ambiente Matlab. Infine si è proceduto all'allineamento delle varie scansioni ed alla generazione del modello tridimensionale finale (fig. 4 e 5).

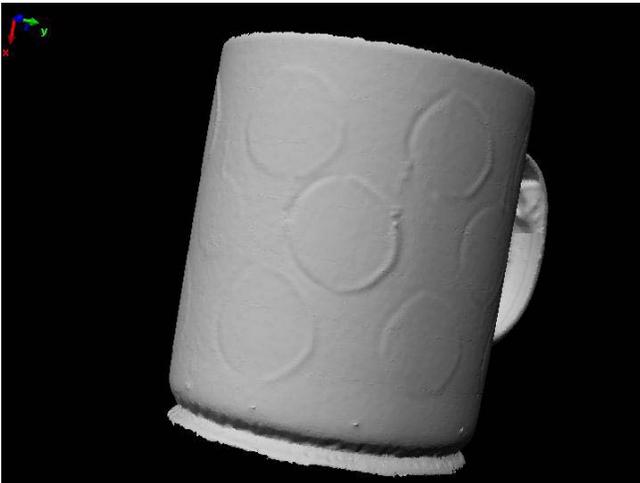


Figura 4 – Modello 3D della tazza in scala di grigio



Figura 5 – Modello 3D della tazza a colori

Come si può facilmente osservare, nella scansione in scala di grigio è molto difficile per l'operatore associare a ciascun cerchio colorato quello corrispondente nell'oggetto, non essendo individuabile alcuna particolare caratteristica che li renda distinguibili l'uno dall'altro. Utilizzando il risultato ottenuto mediante il metodo proposto, tale operazione risulta invece molto più semplice e se viene richiesta una tessitura più definita di quella derivante da tale metodo, che comunque appare già molto buona per molteplici utilizzi, il lavoro dell'operatore risulta molto facilitato.

In una seconda fase del lavoro, la procedura sviluppata è stata applicata alla ricostruzione virtuale di volti umani; l'esperimento è stato condotto con le medesime modalità operative del precedente. Unica difficoltà aggiuntiva consiste nel fatto che durante la scansione laser il viso della persona interessata dovrebbe essere perfettamente immobile e talvolta questo non accade per ovvi motivi, introducendo dei disturbi nel risultato finale. A differenza del caso precedente, si può notare anche come influisca l'effetto di illuminazione sulla parte di volto interessata dalla scansione che può risultare differente a seconda della posizione assunta. Tutto ciò influisce negativamente sul modello e rende necessario un processo di equalizzazione delle immagini per ottenere un risultato più soddisfacente (fig. 6).

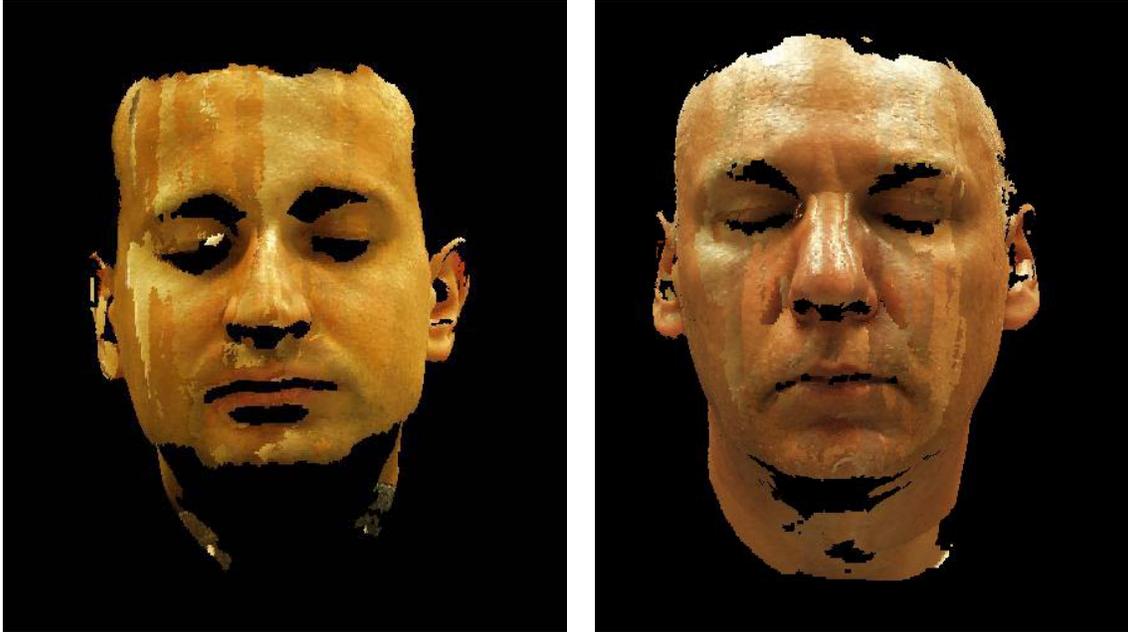


Figura 6 – Modelli 3D di due volti umani

Conclusioni

In questo articolo è stato presentato un metodo alternativo volto ad ottenere delle scansioni laser di piccoli oggetti che posseggano un livello di informazione più elevato associando ad esse il dato di colore RGB e che rendano il lavoro di tessitura successivo più facile e veloce per l'operatore.

Le esperienze svolte permettono di osservare che tale procedura, sebbene richieda più attenzione ed un impegno maggiore durante le fasi di scansione, permette di ottenere delle nuvole di punti meglio interpretabili nel successivo processo di tessitura o addirittura capaci di fornire di per sé un modello completo di un oggetto. Particolari accorgimenti all'atto di presa fotografica vanno tenuti in considerazione affinché le immagini associate alle scansioni risultino omogenee dal punto di vista del colore; per ottenere un effetto migliore è anche preferibile procedere ad un'equalizzazione delle stesse prima dell'elaborazione.

Bibliografia

Balis V., Karamitsos S., Kotsis I., Liapakis C. and Simpas N., (2004), "3D - Laser Scanning: Integration of Point Cloud and CCD Camera Video Data for the Production of High Resolution and Precision RGB Textured Models: Archaeological Monuments Surveying Application in Ancient Ilida", *Proc. of the FIG Working Week 2004, Athens, Greece.*

Beraldin J.- A., Picard M., El-Hakim S.F., Godin G., Valzano V., Bandiera A., Lataouche D., (2002), "Virtualizing a Byzantine Crypt by Combining High-Resolution Textures with Laser Scanner 3D Data", *Proceedings of VSMM 2002, Gyeongju, Korea.*

Bhoeler W., Heinz G., Marbs A., (2001), "The potential of non-contact close range laser scanners for cultural heritage recording", *Proc. of CIPA Int. Symposium, Ptsdam, Germany*.

Callieri M., Cignoni P., Scopigno R., (2002), "Reconstructing Textured Meshes from Multiple Range RGB Maps", *Proc. of 7th Int. Fall Workshop on Vision, Modeling, and Visualization, Erlangen, Germany*.

Heckbert P, (1986), "Survey of texture mapping", in *IEEE Computer Graphics and Applications*, Nov. 1986, pp. 56-67.

Kurazume R., Nishino Ko, Zhang Z., Ikeuchi K., (2002), "Simultaneous 2D images and 3D geometric model registration for texture mapping utilizing reflectance attribute", *Proc. of ACCV2002: The 5th Asian Conference on Computer Vision, 23–25 January 2002, Melbourne, Australia*.

Shapegrabber, (2005), <http://www.shapegrabber.com>