

Autore: Gianpaolo Palma

Titolo: Surface Appearance Estimation From Video Sequences

Relatori: Dr. Roberto Scopigno e Dr. Marco Callieri

Sommario

La ricostruzione e il rendering 3D foto-realistico di un oggetto del mondo reale, usando tecniche di Computer Graphics, richiedono un'acquisizione accurata sia della geometria 3D che dell'apparenza superficiale dell'oggetto. In particolare la possibilità di interagire in tempo reale con la riflettanza dell'oggetto, modificando virtualmente sia il punto di vista che le condizioni di illuminazione, è molto importante in diverse applicazioni, dove può risultare anche più utile della semplice manipolazione di una geometria 3D ad alta risoluzione. Infatti l'apparenza superficiale codifica una serie di dati cognitivi che non siamo in grado di acquisire e visualizzare con una semplice geometria 3D.

Purtroppo, in diversi contesti applicativi come i Beni Culturali, l'acquisizione e la stima della riflettanza superficiale può essere molto complessa e impegnativa a causa sia delle caratteristiche dell'oggetto da acquisire che delle condizioni di digitalizzazione. Sebbene siano state proposte diverse soluzioni, queste mostrano dei limiti intrinseci che rendono l'acquisizione di un oggetto d'arte particolarmente complessa, quali: l'utilizzo di strumenti di acquisizione altamente specializzati (ad esempio configurazioni speciali di macchine fotografiche e illuminanti), sviluppati per risolvere casi molto specifici (per esempio l'acquisizione della riflettanza del viso umano) e che richiedono lo spostamento dell'oggetto dalla sua sede abituale, cosa che non è sempre possibile nel campo dei Beni Culturali; la necessità di acquisire l'oggetto in un ambiente di illuminazione altamente controllato, ad esempio una camera oscura, condizioni difficilmente riproducibili in un museo o all'esterno; la difficoltà di estendere i metodi esistenti ad oggetti di qualsiasi forma e dimensione; l'alto livello di competenza richiesta all'operatore che effettua l'acquisizione per valutare sul campo la completezza e la qualità dell'acquisizione.

In questo contesto la tesi propone alcune soluzioni innovative per l'acquisizione e stima dell'apparenza superficiale di un oggetto usando video sequenze registrate con una illuminazione non controllata e costante. I principali passi dei metodi proposti sono:

1. Allineamento automatico delle video sequenze alla geometria 3D dell'oggetto acquisito tramite stima dei parametri di camera di ogni frame del video che descrivono le caratteristiche interne della videocamera e la posizione di essa rispetto allo spazio 3D definito dalla geometria dell'oggetto e consentono di proiettare in maniera accurata le informazioni di colore dal video alla geometria. L'algoritmo proposto è la prima soluzione in letteratura che consente un allineamento preciso di ogni frame del video rispetto al modello 3D dell'oggetto, garantendo una proiezione accurata dei dati dal video al modello 3D e viceversa con un errore di proiezione medio di un pixel;
2. Ricostruzione dell'apparenza superficiale secondo diversi modelli di riflettanza che la approssimano con differenti livelli di qualità. Si va dal semplice colore diffusivo dell'oggetto, alla stima del Surface Light Field, che consente la visualizzazione dell'oggetto da differenti punti di vista ma sempre nelle stesse condizioni di illuminazione presenti durante l'acquisizione, fino ad una più completa Spatially Varying Bidirectional Reflectance Distribution Function (SV-BRDF), che permette non solo di

interagire con il punto di vista ma anche di effettuare dei rendering foto-realistici in condizioni di illuminazione completamente differenti da quelle utilizzate e/o presenti durante l'acquisizione.

I metodi proposti sfruttano le caratteristiche che differenziano un video da una semplice acquisizione fotografica: la coerenza temporale e la ridondanza dei dati; la semplicità dell'acquisizione che permette di registrare molti punti di vista dell'oggetto in poco tempo. In particolare uno dei principali contributi innovativi delle metodi di stima dell'apparenza proposti è l'utilizzo di sole operazioni statistiche sui dati di colore proiettati dal video sul modello 3D, a differenza dei precedenti metodi dello stato dell'arte basati su complesse procedure di ottimizzazione non lineare, le quali richiedono dei dati ben distribuiti nello spazio del dominio di partenza del problema (ovvero un campionamento uniforme della direzione di vista e della direzione di illuminazione) per garantire la convergenza verso una ricostruzione dell'apparenza ottimale.

L'apparenza stimata può essere utilizzata insieme ad una geometria ad alta risoluzione dell'oggetto, acquisita ad esempio con tecniche di scansione 3D, per produrre dei rendering foto-realistici, anche in tempo reale, utili sia per la documentazione dello stato corrente dell'oggetto d'arte che per applicazioni interattive di ambito divulgativo. I rendering ottenuti con le diverse stime della apparenza mostrano un'alta similarità con l'apparenza reale dell'oggetto, con alcune differenze dovute ai modelli di riflettanza approssimati utilizzati. In particolare il compromesso tra la facilità di acquisizione e i risultati ottenuti rendono i metodi proposti utili per applicazioni che necessitano di un metodo semplice per acquisire e riprodurre in real-time e in maniera foto-realistica l'apparenza di un oggetto reale. Un esempio in cui i metodi proposti possono trovare applicazione è la progettazione virtuale dell'illuminazione di un museo, dove, una volta effettuata l'acquisizione e la stima della riflettanza degli oggetti di interesse, è possibile utilizzare quanto stimato per visualizzare in tempo reale l'apparenza dell'oggetto e determinare quale sia l'illuminazione migliore che consente di valorizzare al massimo la resa al pubblico dell'oggetto.

In fine, la tesi analizza delle tecniche di acquisizione della riflettanza particolarmente usate nel campo dei Beni Culturali, le tecniche di Reflectance Transformation Imaging (RTI), che sono in grado di acquisire il Reflectance Field di oggetti quasi planari o con poco rilievo. Queste tecniche, basate solo su foto acquisite dallo stesso punto di vista ma con differenti condizioni di illuminazione, consentono di generare un'immagine dove l'utente può re-illuminare virtualmente l'oggetto, modificando in tempo reale la direzione della sorgente luminosa. In questo ambito la tesi approfondisce due importanti aspetti relativi alla visualizzazione delle immagini RTI. Il primo è fornire una serie di operatori di Multi-Light Detail Enhancement che consentano di migliorare la visualizzazione dei dettagli della superficie acquisita, attraverso l'uso virtuale di differenti condizioni di illuminazione sulle diverse aree della superficie. Questi operatori consentono di sfruttare ed utilizzare tutta l'informazione compressa in questo nuovo genere di immagini. Il secondo ambito è migliorare la diffusione di questi dati, consentendo la visualizzazione remota sul web ad un pubblico di esperti e non, attraverso un visualizzatore web interattivo realizzato in HTML5 e WebGL. Il visualizzatore web è stato utilizzato nella realizzazione di due chioschi informativi per la presentazione innovativa al pubblico delle collezioni di monete conservate presso il Museo Nazionale di San Matteo e il museo Palazzo Blu di Pisa. I due chioschi sono installati attualmente presso le esposizioni permanenti dei musei e inoltre il chiosco di Palazzo Blu è usufruibile online al seguente link (<http://vcg.isti.cnr.it/PalazzoBlu/>). Attualmente i due chioschi sono il primo tentativo di esporre al grande pubblico le immagini RTI, fino ad ora utilizzate prevalentemente da studiosi in campo dei Beni Culturali per documentare e analizzare virtualmente l'artefatto, inserendole in un sistema più complesso di storytelling.

La tesi è consultabile on-line al seguente indirizzo <http://etd.adm.unipi.it/t/etd-05212013-172635/>.

Un video dimostrativo dei risultati sperimentali della tesi è visibile al seguente indirizzo http://vcg.isti.cnr.it/~palma/videoMimos_palma.mp4.

Publicazioni

Gianpaolo Palma, Massimiliano Corsini, Paolo Cignoni, Roberto Scopigno, Mark Mudge
Dynamic Shading Enhancement for Reflectance Transformation Imaging
ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, Volume 3, Issue 2, pp.6:1-6:20, 2010

Mark Mudge, Carla Schroer, Graeme Earl, Kirk Martinez, Hembo Pagi, Corey Toler-Franklin, Szymon Rusinkiewicz, **Gianpaolo Palma**, Melvin Wachowiak, Michael Ashley, Nera Matthews, Tommy Noble, Matteo Dellepiane
Principles and Practices of Robust, Photography-based Digital Imaging Techniques for Museums
VAST 2010, The 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage - Short and Project Papers, Eurographics Association, pp. 111-137, 2010

Gianpaolo Palma, Marco Callieri, Matteo Dellepiane, Massimiliano Corsini, Roberto Scopigno
Geometry-aware Video Registration
VMV 2010: Vision, Modeling and Visualization Workshop, Eurographics Association, pp. 107-114, 2010

Gianpaolo Palma, Massimiliano Corsini, Matteo Dellepiane, Roberto Scopigno
Improving 2D-3D Registration by Mutual Information using Gradient Maps
Eurographics Italian Chapter Conference 2010, Eurographics Association, pp.89-94, 2010.

Gianpaolo Palma, Eliana Siotto, Marc Proesmans, Monica Baldassarri, Clara Baracchini, Sabrina Batino, Roberto Scopigno
Telling the Story of Ancient Coins by Means of Interactive RTI Images Visualization
CAA 2012: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Amsterdam University Press, pp. 177-185, 2013

Gianpaolo Palma, Marco Callieri, Matteo Dellepiane, Roberto Scopigno
A Statistical Method for SVBRDF Approximation from Video Sequences in General Lighting Conditions
Computer Graphics Forum (Proceeding of the 23th Eurographics Symposium on Rendering), Volume 31, Issue 4, pp. 1491-1500, 2012

Jaime Kaminski, Karina Rodriguez Echavarría, David Arnold, **Gianpaolo Palma**, Roberto Scopigno, Marc Proesmans, James Stevenson
Insourcing, Outsourcing and Crowdsourcing 3D Collection Formation: Perspectives for Cultural Heritage Sites
VAST 2012, The 13th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, Eurographics Association, pp. 81-88, 2012

Gianpaolo Palma, Nicola Desogus, Paolo Cignoni, Roberto Scopigno
Surface Light Field from Video Acquired in Uncontrolled Settings
Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage) 2013, IEEE, Volume 1, pp. 31-38, 2013