

IL SISTEMA IPIIMAGE: UN NUOVO CONCETTO DI ESPLORAZIONE DI IMMAGINI AD ALTA RISOLUZIONE

1. INTRODUZIONE

Nuove tecniche di imaging producono enormi quantità di dati che devono essere adeguatamente gestiti, manipolati e sfruttati. Inoltre bisogna anche tenere in considerazione altre funzioni avanzate come la precisione colorimetrica, le immagini High Dynamic Images (immagini a 16 bit) e ad output multi-canale.

Per visualizzare queste immagini i sistemi di visualizzazione standard, che caricano semplicemente l'intera immagine in memoria, sono molto inefficienti. È inutile utilizzare tecnologie che permettono di raccogliere un'enorme quantità di informazioni se poi non siamo in grado di sfruttarne adeguatamente i risultati.

2. IL SISTEMA IPIIMAGE

Per visualizzare al meglio queste immagini molto grandi si utilizza il sistema open source IPIImage (IPIImage 2009; PITZALIS, PILLAY, LAHANIER 2006). IPIImage è un sistema client-server progettato per la visualizzazione remota di immagini ad altissima risoluzione attraverso Internet. La sua architettura offre la particolarità di essere performante anche su una lenta connessione dial-up. Il server è disponibile sia come modulo per server web (come Apache, lighttpd, myServer, IIS o qualsiasi altro server http che supporti CGI). Molteplici client sono disponibili, scritti in vari linguaggi: dai semplici ma efficaci client Javascript o Flash, ai programmi più complessi come il client Flex. Immagini JPEG possono anche essere generate dinamicamente alle dimensioni e alla risoluzione richieste dal server (MARTINEZ, CUPITT, PERRY 1998; 2000).

Il sistema è evoluto da un prototipo utilizzato in diversi progetti europei per visualizzare immagini ad alta risoluzione ed è stato notevolmente ampliato e ristrutturato per gestire le nuove tecniche di imaging descritte di seguito in questo documento.

2.1 *Come funziona*

Il sistema è veloce ed è ottimizzato per funzionare online e si basa sul concetto che il client ha bisogno di scaricare solo la porzione di immagine che è visibile nell'area dello schermo dell'utente all'attuale risoluzione di visualizzazione. Il sistema è quindi efficiente sia per l'utilizzo della memoria che per il consumo di banda visto che il *client* dell'utente non ha bisogno di

memorizzare tutte le informazioni sulla macchina locale. Solo la parte richiesta dell'intera immagine viene inviata.

I tiles richiesti ad una risoluzione precisa sono estratti dal file sorgente conservato sul server. I tiles vengono poi dinamicamente compressi in formato JPEG (o raw o PNG) e inviati al client. Il livello e il tipo di compressione da utilizzare può essere controllato dal cliente per ottimizzare la trasmissione in funzione della rete.

2.2 Formato delle immagini

Affinché il sistema sia il più efficiente possibile, le immagini devono essere memorizzate in uno speciale formato di tiff multi-risoluzione a tiles, che consente al server di accedere alle regioni delle immagini alle diverse risoluzioni molto rapidamente. IIPImage supporta anche altri formati come il formato proprietario Flash Pix, la struttura dati utilizzata da Zoomify e ottimi risultati si stanno ottenendo con jpeg2000. Si è scelto il tiff piramidale per garantire la migliore interoperabilità.

Il formato tiff è ampiamente utilizzato ed è sufficientemente flessibile per consentire questo tipo di strutturazione e di codifica. Risoluzioni multiple possono essere calcolate a priori e salvate all'interno di un unico file in una struttura a piramide utilizzando il tiff multi-page. Ciascuna risoluzione può essere quindi divisa in tile. Una immagine piramidale non compressa utilizza solo il 33% di spazio in più di un'immagine normale.

Ogni livello può essere opzionalmente compresso con un algoritmo senza perdita come Deflate o lzw, o con perdita come jpeg. Se lo spazio è un problema, la compressione jpeg è in grado di ridurre la dimensione del file di un fattore dieci, senza una significativa perdita della qualità visiva (SAUNDERS *et al.* 1999). Quando ci sono più immagini (ad esempio, le lunghezze d'onda differenti nel caso di immagini multispettrali o più angolazioni per le immagini panoramiche, etc.) queste vengono salvate come file separati all'interno di una stessa directory.

2.3 Gestione del colore

Lo spazio colore RGB 8bit molto diffuso e comunemente usato ad oggi per la rappresentazione dei colori, è insufficiente per esprimere la ricchezza dei dati acquisiti da telecamere ad alta risoluzione come in CRISATEL (RIBÉS *et al.* 2003). Le informazioni riguardanti il colore sono quindi memorizzate nello spazio colore CIELab, il che ci permette di rappresentare i colori che sono al di fuori della gamma di RGB. Per poter però utilizzare correttamente queste informazioni di colore si ha bisogno di una maggiore gamma dinamica (16 bit) per visualizzare quei colori che altrimenti sarebbero saturi o invisibili usando solo 8 bit.

IIPImage è sufficientemente flessibile per gestire le immagini RGB standard a 8bit e a 16bit o più, spazio colore CIELab, immagini multispettrali e generiche. Tuttavia i monitor standard non sono in grado di rappresentare informazioni superiori a 8 bit per pixel per canale in spazio colore RGB, per questo prima di visualizzare le immagini a 16 bit o CIELab, i dati grezzi devono essere prima trasformati. Nel caso specifico di immagini a 16 bit, il contrasto viene controllato dall'utente per poter meglio navigare nelle informazioni nascoste o sature. Le immagini CIELab sono convertite invece tenendo conto del file ICC di calibrazione del monitor dell'utilizzatore (in sviluppo).

2.4 Internet Imaging Protocol

Lo stesso gruppo che nel 1997 ha creato il formato immagine FlashPix ha definito, allo stesso tempo, il protocollo IIP (Internet Image Protocol) con lo scopo di ottimizzare il trasferimento sul web dei file FlashPix. Il formato tiff piramidale che utilizziamo è simile al formato FlashPix ma è open, più diffuso e completamente compatibile con IIP. Inoltre il protocollo IIP lascia spazio ad una serie di personalizzazioni che ci hanno permesso di aggiungere delle specifiche per gestire le immagini multispettrali, quelle panoramiche e quelle di superficie topografica.

3. TIPI DI IMMAGINI SUPPORTATI

3.1 Visualizzazione multispettrale e ricostruzione dinamica dello spettro

Una delle tecnologie utilizzate al C2RMF è l'immagine multi spettrale della camera CRISATEL. L'acquisizione multi spettrale permette di studiare lo stato della superficie delle opere d'arte con una grande accuratezza. Con un'accurata analisi dell'immagine multi spettrale del dipinto i conservatori possono identificare zone che paiono invisibili a occhio nudo o che sono state restaurate o ritoccate (LAHANIER *et al.* 2005).

Inoltre facendo regolari scansioni delle opere d'arte i cambiamenti gradualmente della condizione fisica possono essere monitorati e i danni identificati rapidamente. La caratterizzazione dei materiali utilizzati, la valutazione dello stato di conservazione, la localizzazione dei precedenti interventi di restauro e monitoraggio continuo sono fra i temi più importanti nel campo dello studio e della conservazione delle opere d'arte.

Il sistema CRISATEL è in grado di produrre scansioni a una risoluzione di 20000×12000 pixel con una profondità di colore di 12bit/pixel. Per ogni acquisizione si compiono tredici scansioni ognuna a lunghezze d'onda differenti comprese tra 400nm e 1000nm. Questo significa circa 6 Gbytes di dati per ogni immagine multi spettrale. Dopo la calibrazione e il post trattamento dei dati, l'immagine risultante può essere considerata come la

simulazione dei colori sotto un determinato illuminante (D65 ad esempio). L'utente può anche essere interessato a navigare attraverso le varie immagini in bianco e nero che rappresentano le differenti lunghezze d'onda. Coppie di immagini possono essere sovrapposte per consentire di individuare più agilmente sottili cambiamenti. Questa tecnica può essere utilizzata anche con altre immagini associate, come ad esempio i raggi X o la fluorescenza ultravioletta.

Un altro strumento importante è la capacità di ricostruire la dinamica dello spettro in qualsiasi punto dell'immagine. Questo è possibile grazie alla precisione dei dati acquisiti dalla camera CRISATEL (RIBÉS, SCHMITT, BRETTEL 2004).

3.2 *Visualizzazione panoramica*

Un'altra importante tecnica di imaging utilizzata al C2RMF è l'acquisizione panoramica di oggetti con calibrazione colorimetrica. Immagini 3D di oggetti e quadri sono un nuovo e potente strumento di analisi per restauratori, conservatori e storici dell'arte. Una texture ad alta risoluzione di un oggetto 3D contiene informazioni che possono essere utilizzate per la visualizzazione, il confronto, la misurazione e l'analisi. Una grande collezione di statue e oggetti è stata digitalizzata utilizzando il sistema ACOHIR.

L'acquisizione panoramica consiste in una sequenza di immagini dello stesso oggetto posto su una tavola rotante. La tavola ha una precisione di circa un micro-grado e di solito 36 immagini (una ogni 10 gradi) sono prese. Queste immagini sono calibrate utilizzando un MacBeth ColorChecker DC di riferimento e luce tarata in un ambiente controllato. Il sistema di visualizzazione IPIImage permette all'utente di navigare attorno all'oggetto, di fare zoom in/out e di cliccare su link alle aree di interesse.

3.3 *Scansione 3D della superficie delle pitture*

La scansione laser 3D colore si basa sull'acquisizione diretta con un laser di bassa potenza (TAYLOR *et al.* 2002). La caratteristica unica di questa tecnologia è la possibilità di esaminare la rugosità della superficie dei dipinti come pure la forma della tela o del legno. I dati registrati dallo scanner sono quelli dall'immediata superficie dello strato di pittura, sotto la vernice. Questo significa che le informazioni che otteniamo sono quelle dello strato pittorico: i dettagli del pennello e la rete di cretture per esempio.

Per gestire questo tipo di immagini IPIImage utilizza le normali calcolate sulla superficie della pittura. In questo modo si può simulare non solo la rugosità, ma anche permette all'esperto di simulare la luce rasante o differenti sorgenti. Questo permette agli utenti di distinguere più chiaramente le caratteristiche di superficie.

4. CONCLUSIONI

Queste tecniche di immagine utilizzate al C2RMF sono considerate analisi non distruttiva e servono per analizzare e monitorare lo stato delle opere d'arte a dei livelli di dettaglio senza precedenti. Immagini multi spettrali forniscono dati per misurare con precisione la superficie di riflessione, il colore e di eseguire clustering dei pigmenti e dei materiali. L'immagine panoramica è utilizzato per documentare ad alta risoluzione statue e oggetti. Infine la scansione laser è un utile strumento per lo studio della superficie dei dipinti che permette di misurare, con grande precisione, la rugosità della superficie.

L'utilizzo di tali tecniche si è rivelata di grande utilità e contribuirà a garantire che le opere d'arte siano mantenute in ottime condizioni. Il sistema IPIImage fornisce un flessibile ed efficiente mezzo per diffondere e trattare i risultati di queste nuove tecniche di imaging e fornisce un potente strumento per la ricerca e lo studio delle opere d'arte. Nel caso dei restauratori e conservatori del C2RMF il sistema si è dimostrato essere di grande aiuto.

Ringraziamo l'Unione Europea per il sostegno dato ai progetti che hanno visto IPIImage come protagonista.

DENIS PITZALIS

The Cyprus Institute, STARC, Nicosia, Cyprus
C2RMF, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
Paris, France

RUVEN PILLAY

C2RMF, Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
Paris, France

BIBLIOGRAFIA

- LAHANIER C., PILLAY R., BREUCKMANN B., COLANTONI P., PITZALIS D. 2005, *Multispectral Imaging and 3D Modelling of Canvas Painting*, in *Proceedings of the Electronic Imaging & the Visual Arts (EVA) 2009 Florence Conference (29-30 April)*, Bologna, Pitagora, 148-153.
- MARTINEZ K., CUPITT J., PERRY S. 1998, *High resolution Colorimetric Image Browsing on the Web*, «Computer Networks and ISDN Systems», 30, 399-405.
- MARTINEZ K., CUPITT J., PERRY S. 2000, *Object browsing using the Internet Imaging Protocol*, «Computer Networks and ISDN Systems», 33, 803-810.
- PITZALIS D., PILLAY R., LAHANIER C., 2006, *A new Concept in high Resolution Internet Browsing*, in B. MARTENS, M. DOBREVA (eds.) *Proceedings of the 10th International Conference on Electronic Publishing (ELPUB), June 2006*, Sofia, ELPUB, 291-298.
- RIBÉS A., BRETTEL H., SCHMITT F., LIANG H., CUPITT J., SAUNDERS D. 2003, *Color and Spectral Imaging with the CRISATEL Acquisition System*, in *Proceedings of The Digital Photography Conference (Rochester, USA)*, Springfield VA, The Society for Imaging, Science and Technology, 215-219.
- RIBÉS A., SCHMITT F., BRETTEL H. 2004, *Calibration and Spectral Reconstruction for an Art Painting Multispectral Acquisition System* in *CGIV 2004 – Proceedings of the Second European Conference on Color in Graphics, Imaging and Vision (Aachen, Germany)*, Springfield VA, The Society for Imaging Science and Technology, 403-408.

- SAUNDERS D., CUPITT J., PILLAY R., MARTINEZ K. 1999, *Maintaining color accuracy in images transferred across the Internet*, in L.W. MACDONALD, M.R. LUO (eds.) *Color Imaging: Vision and Technology*, San Francisco, John Wiley, 215-231.
- TAYLOR J., BERARDIN J.A., GODIN G., COURNOYER L., RIOUX M., DOMEY J. 2002, *NRC 3D Imaging Technology for Museum and Heritage*, in *Proceedings of The First International Workshop on 3D Virtual Heritage (Geneva, Switzerland)*, Geneva, Miralab, 70-75.
- THE ACOHIR PROJECT 1996, <http://www.ecs.soton.ac.uk/~km/projs/acohir>.
- THE IIPIMAGE HIGH RESOLUTION REMOTE IMAGE VIEWING SYSTEM 2009, <http://iipimage.sourceforge.net>.

ABSTRACT

Many pioneering imaging techniques have been used at the C2RMF in order to acquire artworks in digital form. These techniques are considered non-destructive and non-invasive analyses and they offer extensive and detailed information about works of art and include multispectral imaging, panoramic acquisition of objects, 3D laser scanning of painted surfaces, photogrammetry and 3D modeling. These techniques are widely used in the restoration and conservation world and are considered valuable tools that allow us to perform regular and accurate monitoring of works of art, in order to measure their state of conservation and compare them with previous analyses.

Unfortunately, the level of accuracy in acquiring information produces huge quantities of data, which need to be visualized and disseminated in several different ways. The resulting images must also be accessible to various partners around the world via the Internet, but the data needs to be protected and, because of the vast quantity involved, requires careful handling and management. This paper describes several new developments that have been made at the C2RMF in order to make extremely high-resolution images available on-line using the IIP protocol. In this paper we are presenting a case study based on the use, the manipulation and the sharing of high-resolution colorimetric images among members of the museum research community. The resulting system is a lightweight client-server architecture that efficiently streams image data to the client, allowing the user to quickly view very large images even over a slow Internet connection. These developments have been released as open source software in the IIPImage project.