

Laboratory for Advanced Planning
and Simulation Project

Sviluppo sistema per la prototipazione rapida

di modelli acquisiti da telecamera digitale:

*Linee guida per il porting su architettura Linux del sistema
di acquisizione tridimensionale sviluppato presso l'AILUN e
suo inserimento all'interno della pipeline di prototipazione LAPS*

Gianstefano Monni^a,

Piero Pili^a and

Janusz Kozłowski^b

a) Gems Area, EIP, CRS4

b) AILUN, Nuoro

Progetto Laboratorio Avanzato Per la Progettazione e la Simulazione al Calcolatore Work

Package 5:

Attivazione Laboratorio Periferico presso AILUN di Nuoro

Sviluppo sistema per la prototipazione rapida di modelli acquisiti da telecamera digitale:

Linee guida per il porting su architettura Linux del sistema di acquisizione tridimensionale sviluppato presso l'AILUN e suo inserimento all'interno della pipeline di prototipazione LAPS

Settembre 2002

G. Monni, P. Pili Area GEMS, CRS4

J Kozlowsky Ailun

In questo documento vengono descritte le linee guida per il porting del sistema di acquisizione tridimensionale sviluppato dall'AILUN per la piattaforma win32 su piattaforma Linux. Obiettivo del lavoro è quello di inserire il sistema di acquisizione tridimensionale all'interno della pipeline di elaborazione degli oggetti 3D prevista dal progetto LAPS

SOMMARIO

INTRODUZIONE 5

1 IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE AILUN 6

1.1 DESCRIZIONE GENERALE..... 6

2 IL NUOVO SISTEMA DI ACQUISIZIONE AILUN SU PIATTAFORMA LINUX..... 7

2.1 CAMPI DI APPLICAZIONE 7

2.2 SPECIFICHE SOFTWARE..... 8

2.3 SPECIFICHE HARDWARE 8

Modalità di acquisizione..... 8

Interfaccia di uscita 9

Sincronizzazione di (con) eventi esterni..... 9

2.4 TEMPI DI INTEGRAZIONE TEMPORALE CONTROLLATI VIA SOFTWARE 9

2.5 IL NUOVO SENSORE CCD PROPOSTO: SILICON IMAGING 1280 USB 10

3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..... 10

Introduzione

Il piano tecnico scientifico delle attività da attuarsi all'interno del Workpackage 5: "Costituzione e Manutenzione del Laboratorio Periferico" relativo al progetto Laboratorio Avanzato per la Progettazione e la Simulazione Assistita al Calcolatore (LAPS) prevede la realizzazione presso la struttura AILUN del laboratorio periferico secondo il piano della attività illustrato nell'allegato 1.

Nel mese di luglio 2002 è iniziata la fase esecutiva di realizzazione di detto piano come concordato con il responsabile dell'AILUN. Nel mese di gennaio 2003 il laboratorio periferico è stato collegato al laboratorio principale (locato al CRS4) ed è stato dotato delle principali attrezzature (computer) per rendere la sede periferica operativa sia dal punto di vista logistico che funzionale. Quest'azione consente di decentrare nell'area del Nuorese le attività di ricerca sviluppo e di formazione concordate. Le attività di ricerca a sviluppo in corso riguardano:

1. il completamento della formazione del borsista ricercatore;
2. la gestione operativa autonoma dei sistemi informatici nel laboratorio periferico AILUN: il sistema di calcolo è stato configurato al CRS4 ed è attualmente installato nel laboratorio periferico ed in rete geografica (Internet) con il laboratorio principale;
3. l'aggiornamento dell'hardware, lo sviluppo e gestione del sistema di calcolo complesso per la progettazione, produzione assistita dal calcolatore (CAD-CAM) e prototipazione rapida costituito da moduli per:
 - a) acquisizione di geometrie da immagini digitali;
 - b) la visualizzazione grafica interattiva 3D di modelli geometrici;
 - c) la prototipazione rapida di modelli geometrici triangolarizzati ricostruiti da immagini digitali.

Per realizzare le attività sopra elencate è necessario l'adeguamento delle macchine e del software che consentano al personale che opera nel Laboratorio periferico, di gestire in maniera autonoma le macchine, l'ambiente di sviluppo e la sequenza operativa delle fasi (pipeline) che consente di prototipare direttamente le geometrie acquisite da telecamere.

L'attività di aggiornamento macchine e sviluppo riguarda specificatamente il porting del sistema di ricostruzione AILUN su piattaforma Linux. Il sistema sviluppato dall'AILUN per il dispositivo di acquisizione 3D è implementato in C/C++ e gira su architettura PC e piattaforma win32. Esso utilizza sia componenti hardware e i driver software specifici di questo ambiente. Si pone quindi il

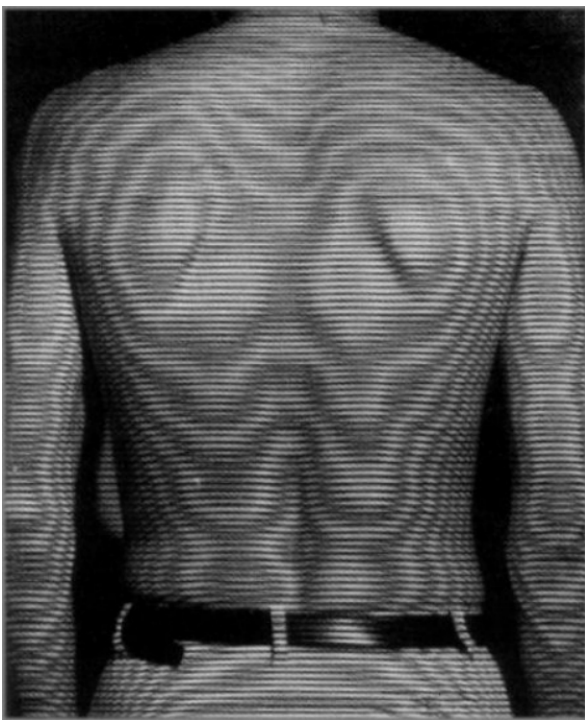
problema di individuare le specifiche hardware e software necessarie ad effettuare il porting del sistema di acquisizione di geometrie 3D dalla piattaforma win32 alla piattaforma Linux.

La sezione 1 del presente documento illustra le caratteristiche del sistema di acquisizione realizzato dall'AILUN. La sezione 2 illustra le caratteristiche del sistema operante nella piattaforma basata su hardware PC e sistema operativo Linux, con particolare riferimento al dispositivo di acquisizione immagini.

1 Il sistema di acquisizione AILUN

1.1 Descrizione generale

Il sistema di acquisizione sviluppato all'AILUN si basa sull'idea di analisi del sistema di frange moiré virtuali.



Il principio base è che la forma dell'oggetto da ricostruire modula la fase del sistema delle frange

Figura 1, immagine digitale acquisita dal sistema di ricostruzione geometrie dell'AILUN.

Immagine mostra la schiena di un paziente vista attraverso una griglia. Le frange moiré (reali) si ottengono in questo esempio, come risultato della demodulazione di fase tramite confronto con la struttura periodica (reale¹) della griglia.

una opportuna elaborazione, ne viene calcolata la curvatura, la fase e la triangolazione. Al termine

del calcolo della forma, l'utente può esportare i dati (sia la nuvola di punti che la rete di triangoli) in formato VRML 2.0 o salvarli in un database.

Le fasi dell'acquisizione sono le seguenti:

- Acquisizione (via CCD) di due immagini dell'oggetto a non più di 40 ms una dall'altra.
- Correzione della distorsione (vedi 2)
- Calcolo della distribuzione normalizzata.
- Filtraggio in dominio delle frequenze spaziali ed interferenza virtuale con il pattern di riferimento (vedi 2, 3 e 4)
- Ricostruzione della curvatura
- Ricostruzione della fase e correzione dell'errore (vedi 5 e 6)
- Triangolazione dell'oggetto

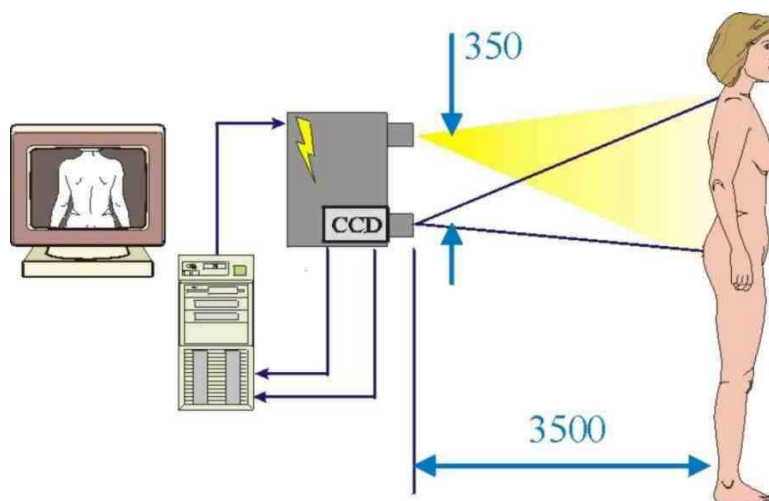


Figura 2 Schema dello strumento di acquisizione 3D sviluppato dall'AILUN.

2 Il nuovo sistema di acquisizione AILUN su piattaforma Linux

2.1 Campi di applicazione

Il sistema di acquisizione deve poter essere:

- usato in laboratorio per acquisizioni dettagliate di più oggetti;
- trasportato in loco per fare acquisizioni sul campo.

Per poter effettuare entrambi questi tipi di acquisizione la camera non deve richiedere schede da inserire all'interno del PC (frame grabber o CameraLink), in questo modo infatti lo stesso sistema di

acquisizione può essere installato sia su un PC portatile (adatto per le acquisizioni sul campo) che, ad esempio, su un desktop multiprocessore (più adatto per acquisizioni in laboratorio).

2.2 Specifiche software

Il codice di calcolo della forma tridimensionale è interamente sviluppato in C++. Il sistema sostanzialmente si basa su un processo realizzato con un Macchina a stati finiti (FSM) che, ad ogni transizione, ovvero per ognuno dei tre passi di calcolo (curvatura, fase e triangolazione), manda un messaggio alla Graphics User Interface (GUI) sotto forma di messaggio `postMessage()` asincrono non bloccante. Alla ricezione del messaggio, il message handler corrispondente può elaborarlo in modo del tutto indipendente dal processo di calcolo.

Per quanto riguarda il processo di calcolo, l'uso di librerie indipendenti dalla piattaforma (platform-dependent) è limitato alle funzionalità di Inter-Process Communication (IPC) e alla realizzazione della FSM.

Per l'IPC viene utilizzato il paradigma dell'*Event Handling - Message Passing*, appare quindi verosimile che sotto Linux si possa usare un sistema simile (ad esempio con le message queues Unix System V o con MPI)

Il multithreading può essere realizzato o con i lightweight processes oppure tramite `fork()` o con l'uso di MPI..

2.3 Specifiche hardware

L'acquisizione delle immagini per l'elaborazione e il calcolo della forma 3D, nella versione corrente, viene effettuata tramite una scheda frame-grabber che pilota una camera CCD (al momento si acquisiscono immagini a 768x576 pixel a 256 livelli di grigio). Il controllo dell'apertura dell'IRIS avviene attraverso la linea seriale.

Modalità di acquisizione

Per un buona resa dello strumento, la camera deve garantire l'acquisizione a 1024x768 a 10 bit con una frequenza di almeno 20 Hz., ovvero è necessaria una banda teorica minima di circa 158Mbps. La camera deve inoltre supportare l'acquisizione di due immagini consecutive con una distanza temporale non maggiore di 40 ms.

L'intervallo della prossima doppia acquisizione (ovvero dello scan tridimensionale), sebbene sia un parametro di qualità, non è critico.

Deve essere possibile aumentare la frequenza di acquisizione diminuendo la frequenza di campionamento verticale, così da sfruttare al meglio la banda: l'operatore deve poter visualizzare

l'oggetto in tempo reale ad una risoluzione inferiore a quella di acquisizione e poi decidere l'acquisizione tridimensionale.

Interfaccia di uscita

Visto che la banda teorica minima é di 158Mbps, le scelte possibili si riducono a

- PCI ;
- Firewire;
- USB 2.0 ;

Tutte e tre queste soluzioni garantiscono il transfer rate necessario, tuttavia l'interfaccia USB 2.0 appare più adatta per le seguenti ragioni:

il sistema di acquisizione deve essere installabile anche su un PC portatile (vedi paragrafo 2.1);

Larga banda a disposizione: USB 2.0 rende disponibile un transfer rate di 480Mbps, il 20% in più di Firewire: con USB 2.0 é possibile acquisire immagini a 1280x1024x12bit (4096 livelli di grigio contro i 256 attuali) a circa 30Hz;

possibilità di utilizzare Video4Linux, un livello di astrazione dell'hardware definito e supportato nei kernel di ultima generazione.

Sincronizzazione di (con) eventi esterni

La camera digitale deve avere la possibilità di generare eventi esterni, in modo tale da ridurre la logica di controllo delle tempistiche dello strumento di acquisizione: questo permette di sincronizzare l'accensione delle lampade flash senza usare un microcontrollore, semplicemente stabilendo un protocollo di attivazione/disattivazione e implementando una piccola rete logica.

2.4 Tempi di integrazione temporale controllati via software

Lo strumento sviluppato all'AILUN opera in due modalità distinte: visualizzazione real-time e acquisizione 3D. Durante la visualizzazione real-time le condizioni di luminosità sono quelle ambientali, durante l'acquisizione 3D é necessario ridurre il contributo della luminosità dell'ambiente. Questa condizione può essere soddisfatta riducendo il tempo d'integrazione ed usando le lampade flash.

Per poter mettere in pratica questo principio é indispensabile avere la possibilità di controllare i tempi di integrazione della camera CCD via software.

2.5 Il nuovo sensore CCD proposto: Silicon Imaging 1280 USB

La camera proposta risponde a tutte le specifiche richieste:

Modalità di acquisizione : 1280x1024x12bit @20Hz con possibilità di aumentare il frame-rate diminuendo la risoluzione (come ci é stato confermato dalla SI stessa)

Interfaccia USB 2.0: la SI1280U è dotata di uscita USB 2.0

External events: è possibile interagire con eventi esterni tramite un circuito di questo tipo.

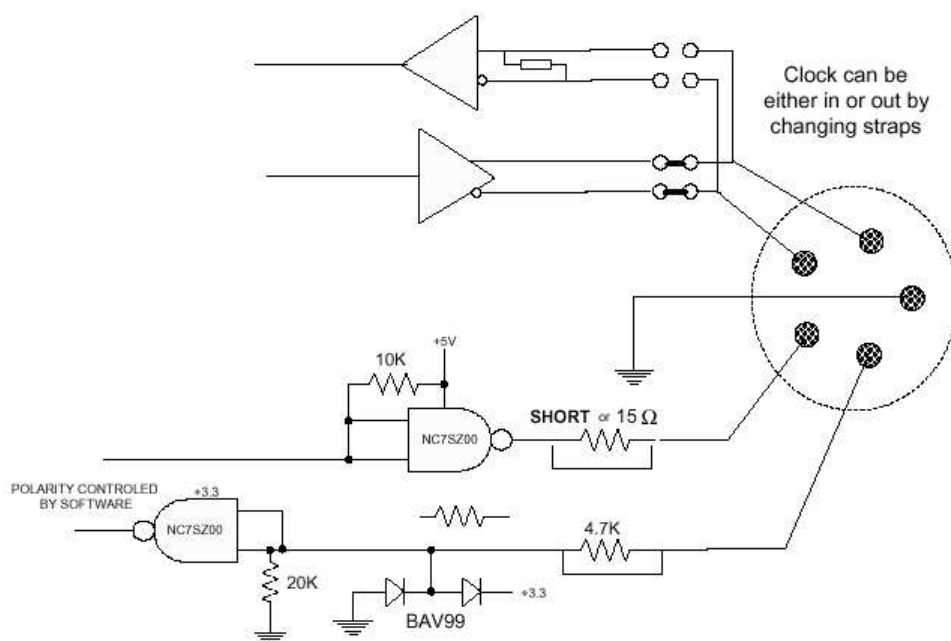


Figura 3. Schema elettrico del sensore CCD adatto per il porting su Linux

Tempi di integrazione: la SI ci ha confermato che é possibile gestire i tempi di integrazione via software. **Costo indicativo**: la SI1280 costa al pubblico 2199\$, l'SDK costa 495 \$.

3 Riferimenti bibliografici

1. K. Patorski, *Handbook of the Moiré Fringe Technique*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, (1993).
2. J. Kozłowski, *Automated out-of-phase raster projection method and its application to postural deformity studies – PhD thesis – Warsaw Politechnic - 1999*

-
3. J. Kozlowski, M. Fiore, P. Boccardi "A novel interferometric method for contour mapping of optically rough surfaces", *Opt. Lasers in Eng.*, 31, 41-50, (1999)
 4. M. Takeda, H. Ina, S. Kobayashi, "Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry," *J. Opt. Soc. Am.*, 72, 56-160, (1982).
 5. J. Kozlowski, S. Bonaglia, R.Krabatyn, "Analysis and correction of the phase error caused by application of the Hilbert transform to demodulation of fringe patterns with linear and radial carrier frequencies", *Proc. SPIE* **3744**, 279-283, (1999)
 6. J. Kozlowski, G. Serra, "The Complex Phase Tracing method for fringe pattern analysis", *Appl. Opt.*, 38, 2256-62, (1999)