

## Big, Biomedical Imaging Grid

GIOVANNI ALOISIO - CRISTINA BARBA - EURO BLASI - MASSIMO CAFARO - ITALO EPICOCO - SANDRO FIORE - MARIA MIRTO

Center for Advanced Computational Technologies/ISUFI, Dept. Of Innovation Engineering, University of Lecce - Lecce, Italy

*Questo lavoro descrive lo stato di avanzamento ed i risultati ottenuti nell'ambito del progetto BIG, realizzato all'interno del CAct dell'Università degli Studi di Lecce. Il progetto mira a fornire uno strumento per il trattamento di dati medici (cartella clinica ed esami volumetrici in formato DICOM) che offre la possibilità di accedere rapidamente ai dati, fornisce strumenti avanzati di elaborazione delle immagini (visualizzazione, analisi qualitativa e quantitativa, ricostruzioni tridimensionali) ed un ambiente integrato per il teleconsulto (canali audio/video e possibilità di visualizzare/manipolare contemporaneamente la stessa immagine su più client).*

**Keywords:** Grid Computing, Telemedicina, Teleconsulto, EPR, Immagini DICOM, Sistemi di visualizzazione.

### 1. Scenario

L'uso dell'imaging biomedico si è diffuso negli ultimi anni divenendo una pratica consueta. Esami TAC, MRI, PET sono divenuti fondamentali nella diagnosi di un elevatissimo numero di patologie, pertanto l'accesso rapido a questi dati e l'elaborazione degli stessi costituisce un fattore essenziale per l'attività del medico. La possibilità di scambiare immagini mediche corredate da varie informazioni attraverso reti telematiche, fa sorgere l'esigenza di uno standard di comunicazione globale. Ciò offrirebbe al radiologo la possibilità di consultare tutti gli esami dello stesso paziente contemporaneamente ed in un solo posto, ed al medico di reparto di accedere immediatamente alle immagini, attraverso un collegamento in rete locale. DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) rappresenta un modello di tale standardizzazione.

Ulteriore vantaggio di un approccio basato su possibilità di accesso remoto ai dati è la possibilità di effettuare un teleconsulto tra più medici, che possono condividere lo stesso desktop, visualizzare

gli stessi dati e le stesse immagini, e quindi esprimere un parere (canale audio/video) favorendo il confronto e migliorando le interazioni.

### 2. Obiettivi

Gli obiettivi del progetto possono riassumersi nei seguenti punti:

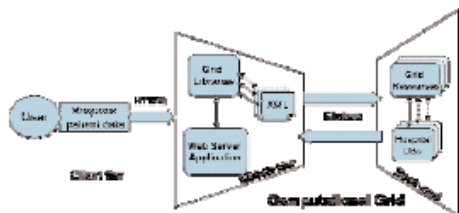
- 1) rendere possibile l'accesso alle informazioni del paziente (anagrafica, storia medica, patologia corrente, cure ed esami sostenuti indipendentemente dal presidio medico in cui sono stati eseguiti);
- 2) rendere possibile l'accesso ad esami semplici (radiografie, scintigrafie, ecc) visualizzandone le immagini ottenute dai repository in cui sono contenute;
- 3) rendere possibile l'accesso ad esami complessi (TAC, MRI, PET) fornendo uno strumento base che ne consenta la visualizzazione delle slides e la loro elaborazione base (variazione luminosità e contrasto, zoom, mappatura individuale della scala di grigi, ricostruzione delle immagini per piani assiali e transassiali ecc.);
- 4) rendere possibile l'accesso a tool di elaborazione avanzata di dati volumetrici (riconoscimento dei tessuti, estrazione di isosuperfici, ricostruzioni tridimensionali interattive ecc.);
- 5) fornire un ambiente integrato che consenta ad un medico di contattare uno o più colleghi (chat e canale audio/video) e condividere con loro la visualizzazione dell'esame per favorire la possibilità di consulto e la circolazione delle informazioni e delle esperienze.

### 3. Architettura

Il nostro sistema è basato su un'architettura a tre livelli: il browser al primo livello detto livello client, il Web Server (incluso un application server) al livello intermedio, il file system contenente gli esami ed il DBMS contenente le informazioni al

terzo livello. Il terzo livello, ovviamente, include alcuni sub-layer necessari per gestire le risorse di griglia (software ed hardware) necessari per l'esecuzione di funzionalità avanzate come elaborazioni di immagini, rendering ecc.

Fig. 1 Architettura di BIG



Al livello client l'interfaccia è studiata per presentarsi in modo semplice all'utilizzatore che può sfruttare tutta la sicurezza offerta dai servizi di Globus [1] per interagire con il livello sottostante ed accedere ai servizi ed alle risorse della griglia attraverso un approccio di tipo data-flow.

Il livello intermedio, rappresentato dal web server e da altre librerie di alto livello come il GRB [2] e GRelC [3] (sviluppate nel nostro laboratorio), attraverso l'uso del Globus toolkit offre i servizi di sicurezza, coordinamento delle elaborazioni, individuazione delle risorse accessibili e loro gestione, trasferimento dati e comunicazione.

Il tool di elaborazione avanzata delle immagini mediche 3D si compone di una serie di moduli, che vengono eseguiti su richiesta sulle risorse della griglia gestite dal livello intermedio.

Inoltre il livello che gestisce la griglia si fa carico di interagire con differenti database, posti nelle diverse strutture mediche, per fornire un servizio ad alto livello integrato che, grazie alle elevate performance, consente di poter ottenere anche analisi statistiche.

L'ultimo livello, quello denominato di back-end, include le risorse computazionali accessibili agli utenti sulla griglia.

Nelle seguenti sezioni esporremo le funzionalità dei principali due moduli; il primo per l'accesso ai dati ed il secondo per il processamento delle immagini.

### 3.1 Cartella clinica virtuale in un ambiente GRID

Il servizio di informazione di una griglia di dati biomedici richiede una struttura che offra una visione aggregata dei sistemi locali sanitari. Dobbiamo immaginare il sistema costituito da una serie di organizzazioni virtuali, ognuna delle quali

comprende una o più strutture sanitarie costituite da dipartimenti per la raccolta delle informazioni e laboratori di analisi per la raccolta delle immagini. Uno degli approcci più comunemente utilizzato è il modello relazionale dei dati che offre metodologie standard per l'accesso e la modifica delle informazioni. Il contenuto di questi database, collezionato per un certo periodo di tempo, costituisce una importante risorsa strategica in quanto le informazioni delle strutture ospedaliere comprendono dati relativi all'attività clinica del paziente e quindi l'analisi potrebbe rivelare metodi migliori per trattamenti e cure specialistiche e per effettuare statistiche utili sia ai fini clinici che amministrativi.

La soluzione proposta in questo sistema prevede, localmente alle organizzazioni virtuali, uno o più servizi di informazione centralizzati che gestiscono informazioni relative alle risorse locali e tutti i servizi di informazione distribuiti globalmente sono connessi tra loro. L'ambiente grid risolverebbe in tal senso problemi legati all'eterogeneità delle risorse sanitarie offrendo una piattaforma comune alle numerose applicazioni proprietarie attualmente presenti nell'ambito sanitario; offrirebbe efficienti meccanismi di sicurezza attraverso tecniche di crittografia/compressione per proteggere i dati durante il trasferimento e inoltre consentirebbe la ricerca distribuita dei dati attraverso la progettazione di protocolli per interrogazioni distribuite nella griglia e l'utilizzo di linguaggi standard come SQL per le interrogazioni e XML per il trasporto dati.

La principale caratteristica di questo sistema è la possibilità di memorizzare, gestire e ricercare i dati relativi a un paziente, memorizzati in ospedali e laboratori, geograficamente distribuiti, senza la necessità di spostare i dati dal luogo fisico dove sono stati acquisiti. Con un semplice click di mouse, il medico potrebbe visualizzare tutti i dati relativi ad un paziente e gli esami effettuati, in uno o più centri, favorendo così la nascita di un ambiente collaborativi per la telemedicina.

Attualmente, il nostro sistema gestisce informazioni generali riguardo un paziente, come descritto in un precedente lavoro [4, 5], ma stiamo progettando di estendere il set di informazioni con l'obiettivo di personalizzare la cartella clinica per ogni dipartimento.

### 3.2 Sistema di visualizzazione

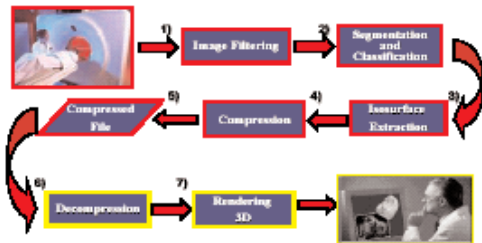
Di seguito sono descritte le tecniche utilizzate nel nostro portale per la visualizzazione di immagini

bi e tridimensionali.

Come possiamo osservare in Fig. 2, la prima fase è quella di acquisizione dei dati.

L'output di tale fase è costituito da una serie di matrici transassiali (slices) allineate perpendicolarmente all'asse definito dalla colonna vertebrale del paziente.

Fig 2 Fasi di elaborazione delle immagini DICOM.



Ogni slice tipicamente rappresenta una sezione, di un determinato spessore, del corpo del paziente.

Il processo di Filtering (Fase 1) consiste nell'eliminazione del rumore (dovuto ad esempio al disallineamento delle immagini dovuto al movimento del paziente durante l'acquisizione). Per risolvere questo problema abbiamo sperimentato una tecnica basata sull'uso degli algoritmi genetici e su funzioni di morphing per ridurre il disallineamento in tessuti elastici e descritta in un precedente lavoro [6].

Per quanto riguarda la fase 2 (Segmentazione e Classificazione), essa consiste nella suddivisione dell'immagine in regioni omogenee (segmentazione) e nella catalogazione di ogni singola regione, aggregando quelle regioni che corrispondono allo stesso tessuto (classificazione). Per quanto riguarda la segmentazione abbiamo sperimentato un approccio che utilizza le reti neurali mentre per la classificazione, utilizziamo un metodo semi-automatico che si avvale dell'esperienza e delle conoscenze di un operatore esperto (tipicamente un radiologo).

Esistono diverse tecniche di visualizzazione volumetrica; qui descriviamo la tecnica implementata per il portale BIG, sottolineando i risultati ottenuti. La fase 3, chiamata "Estrazione delle isosuperfici", è usata per l'estrazione di una forma 3D; noi abbiamo usato l'algoritmo Marching Cubes [7] (che prende in input le regioni classificate) per l'estrazione delle mesh di triangoli; inoltre, le immagini mediche sono dei files di dimensioni molto grandi e l'ampiezza di banda a disposizione della maggior parte degli utenti è limitata; di conseguenza è

necessario ridurre le dimensioni dei files utilizzando un algoritmo di compressione. La compressione (fase 4) del file contenente la mesh di triangoli ottenuta è realizzata attraverso l'uso dell'algoritmo Edgebreaker [8] specifico per questo tipo di dati, che offre livelli di compressione maggiori degli algoritmi general purpose riducendo considerevolmente il tempo di compressione/trasferimento/decompressione. Questo processo è realizzato sul lato server. Mentre sul lato client è usato l'algoritmo di decompressione Edgebreaker (fase 6). Infine il browser renderizza l'oggetto sfruttando appieno la potenza delle attuali schede grafiche sempre più performanti nella gestione della grafica 3D; il tool fornisce anche le funzionalità di base per l'interazione con il modello 3D così ottenuto (navigazione in un ambiente virtuale per lo studio del modello necessario per individuare aree patologiche e pianificare un intervento chirurgico o semplicemente per fare training).

Per quanto riguarda la visualizzazione 2D, BIG utilizza una semplice mappatura dei valori associati ad ogni elemento della matrice transassiale su una scala di grigi o su scale personalizzabili dall'utente. Inoltre l'accesso ai dati grezzi presenti all'interno del formato DICOM consente di conoscere puntualmente il valore di ogni voxel, consentendo analisi quantitative oltre che qualitative.

#### 4 Conclusioni e sviluppi futuri

Questa esperienza ci ha permesso di identificare come sviluppo futuro, non tanto il potenziamento delle funzionalità fino a ora rese disponibili, ma un processo di standardizzazione del software realizzato. Infatti, così come l'introduzione di uno standard nel settore delle immagini mediche (DICOM) ne ha permesso una rapida diffusione, così una standardizzazione delle interfacce dei software realizzati ne consentirà la facile integrazione all'interno di sistemi complessi che integrino funzioni di gestione delle strutture a funzioni di gestione del paziente e della sua cartella clinica. Questa integrazione porterà vantaggi su tutti i livelli:

1- Contenimento della spesa sanitaria grazie ad una migliore gestione delle strutture ed alla riduzione del numero degli esami inutili, ottenuta grazie al facile reperimento degli stessi effettuati presso altri centri.

2- Semplificazione del lavoro del medico che può sfruttare accessi distribuiti alle risorse (dati e sistemi di elaborazione) riducendo i tempi di interven-

to sul paziente grazie ad una migliore capacità diagnostica ottenuta con le nuove e più evolute funzionalità offerte.

3- Miglioramento della qualità dei servizi percepiti dal paziente grazie alla riduzione dei tempi di attesa per un esame ed al miglioramento della qualità della cura derivante dal maggiore potere diagnostico offerto al medico.

4- Adattamento del sistema di gestione dei dati sanitari al fine di integrare tutte le necessità derivanti dalle differenti metodiche di lavoro presenti in reparti differenti dei centri medici (adattamento delle interfacce per i vari reparti mantenendo funzionalità e basi dati comuni).

#### **Bibliografia**

[1] The Globus Project, URL: [<http://www.globus.org/>].  
[2] G. Aloisio, E. Blasi, M. Cafaro, I. Epicoco, "The GRB Library: Grid Programming with Globus in C", Proc. HPCN Europe 2001, Amsterdam, Netherlands, Lecture Notes in

Computer Science, Springer-Verlag, N. 2110, pp. 133-140, 2001

[3] G. Aloisio, M. Cafaro, S. Fiore, M. Mirto, "The GRB Library: A Basic Pillar in the Grid Relational Catalog Architecture", Proceedings of Information Technology Coding and Computing (ITCC), April 5 to 7, 2004, Volume I, pp.372-376, Las Vegas, Nevada.

[4] M. Mirto, G. Aloisio, M. Cafaro, S. Fiore, "A Gather Service in a Health Grid Environment", CD-Rom of Medicon and Health Telematics 2004, IFMBE Proceedings, Volume 6, July 31 – August 05, Island of Ischia, Naples, Italy.

[5] G. Aloisio, E. Blasi, M. Cafaro, S. Fiore, M. Mirto, "A Virtual Clinical Folder on the Grid", Proceedings of SCII2004, July 18-21, 2004 Orlando, Florida, Volume VII, pp. 113-118.

[6] G. Aloisio, E. Blasi, M. Cafaro, M. Mirto, S. Fiore, "A Genetic Algorithm for Medical Image Registration", Proceedings of SCI2002, Volume XIII, pp. 192-197, Orlando, Florida, 2002.

[7] William E. Lorensen, Harvey E. Cline, Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm, ACM SIGGRAPH Computer Graphics, v.21 n.4, p.163-169, July 1987.

[8] Rossignac, J. "Edgebreaker: Connectivity compression for triangle meshes," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 5, no. 1, pp. 47-61, 1999. URL: [<http://www.gvu.gatech.edu/~jarek/edgebreaker/eb/>].