

# **Imaging digitale applicato al medicale**

*Alberto Signoroni e Paolo Gibellini, gennaio 2011*

## **1. Premessa**

Per medical imaging si intende quell'insieme di tecniche e processi che concorre alla creazione di immagini del corpo umano da utilizzarsi ai fini clinici o medici. Questo comprende un panorama molto ricco di sorgenti o di fenomeni fisici che si sfruttano (radiazioni ionizzanti, non ionizzanti, ultrasuoni, fenomeni ottici), di tipologie di sorgenti (esterne, interne da traccianti, interne endogene), di tecniche di acquisizione delle immagini (processi diretti, tecniche di ricostruzione da dati grezzi), di tipo di informazione acquisita (anatomica/funzionale).

In senso lato l'imaging medicale fa parte dell'imaging biologico e comprende tecniche di radiografia (proiettiva e tomografica), risonanza magnetica, ecografia, medicina nucleare, endoscopia, termografia e microscopia.

L'obiettivo del presente articolo è quello di fornire, sebbene attraverso una panoramica ad alto livello, informazioni in merito alle maggiori metodologie di imaging diagnostico calate in un contesto pienamente digitale per la generazione, gestione, archiviazione e comunicazione delle immagini di sempre maggiore interesse per l'ingegnere clinico, dell'informazione (elettronico, informatico, telecomunicazioni) e biomedicale.

Come disciplina d'esempio è stata scelta la Radiologia che per numero di prestazioni e per ragioni di ordine storico è la branca che presenta la casistica più completa, ma quanto segue può essere applicato a tutte le realtà operanti in ambito sanitario, in particolare a quelle che generano immagini digitali: Medicina Nucleare, Radioterapia, Endoscopia, Termografia, Microscopia, Cardiologia, Anatomia patologica, Gastroenterologia, Dermatologia, ed Oculistica.

## **2. Immagini medicali**

L'imaging biologico è fondamentale per diverse discipline cliniche ma quando si parla di imaging diagnostico ci si riferisce comunemente alle discipline della Radiologia, che per numero di prestazioni e per ragioni di ordine storico (i primi sistemi informatici risalgono agli anni '60), è la branca che presenta la casistica più completa; la prenderemo quindi ad esempio vedendo per sommi capi quali siano gli aspetti innovativi e quale apporto possa darvi l'Ingegnere nel quotidiano.

Se nell'immaginario popolare (e cinematografico) la radiografia è ancora associata al medico che tiene controluce delle lastre, la realtà è molto diversa e presenta scenari che possono andare ben oltre la fantasia. Il Radiologo infatti si avvale normalmente delle tecnologie più avanzate nell'ambito dell'imaging digitale, riuscendo ad effettuare la propria indagine diagnostica grazie all'ausilio di strumenti e modalità di

acquisizione sempre più sofisticate che garantiscono una sempre maggiore efficienza procedurale ed efficacia diagnostica, e grazie ad applicativi software di analisi e visualizzazione delle immagini che consentono ove necessario un approfondimento clinico altrimenti impossibile.

Ragionando per macro-famiglie, le immagini digitali possono essere generate tramite:

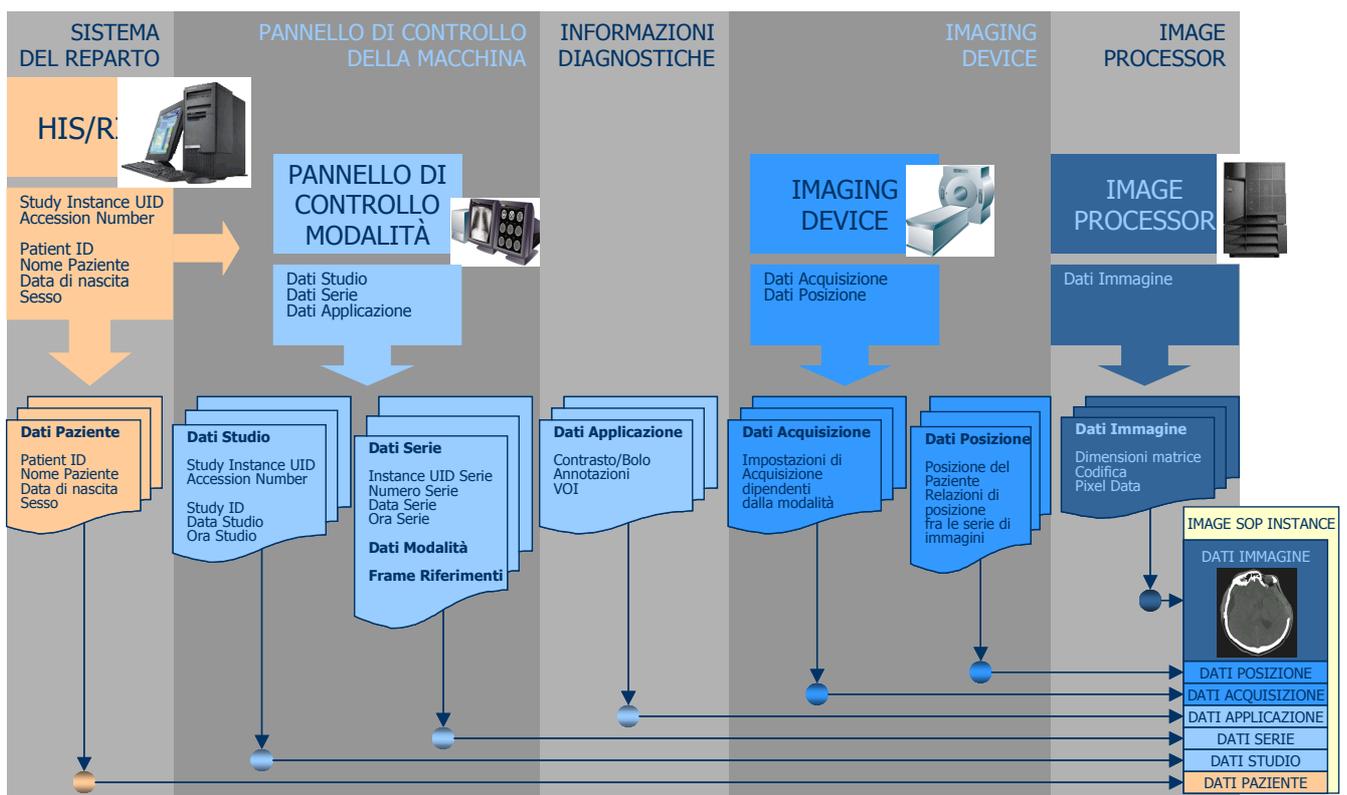
- Tecniche radiografiche di tipo **tradizionale**. Fondamentalmente ci sono due sistemi per recepire i raggi X dopo che hanno attraversato il paziente: **CR** (Computed Radiography, che si appoggia su plates - detettori con fosfori fotostimolabili - ed in uso dal 1983) e **DR** (Direct Radiography, che utilizza invece come detettori flat panel al selenio amorfo e risale agli anni '90). La formazione dell'immagine in CR avviene tramite un processo di scansione e digitalizzazione dei plates, e grazie al fatto che questi ultimi sono delle stesse dimensioni delle pellicole, molte Radiologie hanno potuto passare immediatamente al digitale sfruttando diagnostiche esistenti anche se non di ultima generazione. I DR sono invece in grado generare immagini in formato digitale, usando un dosaggio di raggi X minore rispetto alla CR, ottenendo un dettaglio maggiore ed una maggiore dinamica; questi sono motivi che ne stanno aumentando sempre più la diffusione.
- **TAC** o **TC** (Tomografia Assiale Computerizzata, tecnologia che risale al 1971 ed utilizza il calcolatore per ricostruire una sezione trasversale a partire da una serie di immagini della stessa area prese con i raggi X da angolazioni diverse). Le immagini TAC nascono digitali, fino a qualche anno fa venivano stampate utilizzando stampanti laser per pellicole, ora vengono inviate attraverso la rete ospedaliera agli archivi per immagini digitali. Le TAC di ultima generazione sono in grado di effettuare una scansione completa del corpo di un paziente in 8 secondi. Dato l'elevato numero di esposizioni necessarie, la TAC è al momento la macchina con cui il paziente assorbe più radiazioni e per questo scopo vengono utilizzate tecniche di riduzione della dose.
- **RM** o **RMN** (Risonanza Magnetica Nucleare, il cui uso clinico risale al 1974, si basa sull'invio di impulsi in radiofrequenza attraverso il paziente posto in un magnete). Anche le immagini RM nascono in formato digitale. Uno studio RM richiede molto più tempo rispetto ad uno studio TC, ma ha il vantaggio, oltre a non avere effetti nocivi sul paziente, di evidenziare dettagli differenti (in particolar modo per tessuti vicini a strutture ossee). Oltre a questo, mentre la TAC è limitata ad acquisizioni sul piano assiale, la RM può creare immagini anche nel piano sagittale e coronale.
- **Ecografia** (l'uso clinico risale al 1953, è basata sulla riflessione di fasci di ultrasuoni). Gli ecografi di ultima generazione producono immagini digitali, quelli meno recenti si avvalgono di frame grabber. L'ecografia non è di pertinenza

esclusiva della Radiologia come le tre precedenti metodiche, ma è comunque molto utilizzata dai Radiologi per le indagini diagnostiche ove indicata e nei casi in cui, secondo il principio di giustificazione radioprotezionistico, si possa evitare l'uso di radiazioni ionizzanti verso il paziente.

- Oltre alla Radiologia ricordiamo che sono molte le realtà che generano immagini digitali: Medicina Nucleare, con **PET**, **Gamma Camera** e **SPECT**, Radioterapia, Endoscopia, Termografia, Microscopia, Cardiologia, Anatomia patologica, Gastroenterologia, Dermatologia, ed Oculistica.

Queste metodiche, combinate in molti casi con la somministrazione al paziente di mezzi di contrasto, consentono di ottenere immagini ad alta valenza e specificità clinica.

Una volta ottenute le cosiddette immagini diagnostiche, secondo protocolli e controlli atti a garantire la qualità fisica e clinica delle immagini, viene costituito il file (in cui sono incorporati, per evitare attribuzioni erranee, i dati del paziente ed i dati relativi all'esame, ricevuti dal sistema nelle varie fasi di accettazione/acquisizione), da inviare ai sistemi di refertazione, comunicazione, archiviazione.



[Classificazione ed origine dei dati nelle immagini DICOM - Fonte: Philips DICOM Cook Book]

Considerando che la profondità dell'immagine, ovvero il numero di livelli di grigio associato ad ogni singolo pixel, può arrivare a 16 bit ( $2^{16}$  possibili valori per pixel) e

visto che alcune metodiche prevedono l'uso di centinaia o di migliaia di immagini, possiamo arrivare ad avere studi anche parecchio voluminosi.

Le dimensioni medie delle immagini e degli studi sono riassunte nella seguente tabella:

Modalità	Dimensioni in pixel	Bit per Pixel	Dimensioni (bytes)	Immagini	Dimensioni studio
Gamma camera	64x64 o 128x128	8 o 16	4 Kb – 32 Kb	10	40 Kb – 320 Kb
SPECT	64x64 o 128x128	8 o 16	4 Kb – 32 Kb	10	40 Kb – 320 Kb
PET	128x128	16	32 Kb	10-64	320 Kb – 2 Mb
Fluoroscopia digitale, apparecchi cardio	512x512 o 1024x1024	8-12	262 Kb – 1.5 Mb	10-30	2.6 Mb – 45 Mb
CR, scanner per pellicole	2000x2500	10-12	6 Mb – 7.2 Mb	2-5	12 Mb – 36 Mb
Mammografi (18x24 cm o 24x30 cm)	1800x2300 - 4800x6000	12-16	6 Mb – 55 Mb	2-5	12 Mb – 275 Mb
DR	2000x2500 - 3000x3000	12-16	7.2 Mb – 17.2 Mb	2-30	14.4 Mb – 516 Mb
TAC	512x512	8-16	256 Kb – 512 Kb	40-4000	10 Mb – 2 Gb
RM	64x64 - 1024x1024	8-16	4 Kb – 2 Mb	80-1000	320 Kb – 375 Mb
ECO	512x512 – 640x480	8	256 Kb – 300 Kb	20-60	5 Mb – 17.6 Mb

### 3. I sistemi informatici

I due sistemi tipici della Radiologia sono il **RIS** (Radiology Information System, in uso dagli anni '60: gestisce i dati amministrativi e clinici dei pazienti ed interagisce con centri di prenotazione, sistemi di reparto, sistema gestionale ospedaliero e sistema regionale) ed il **PACS** (Picture Archiving and Communication System, in uso dagli anni '80), che lavorano in sinergia fra loro e con le modalità di imaging diagnostico. Solitamente, a meno di loro sottoparti, si tratta di sistemi chiusi nei quali è riservata particolare attenzione alle problematiche di data security.

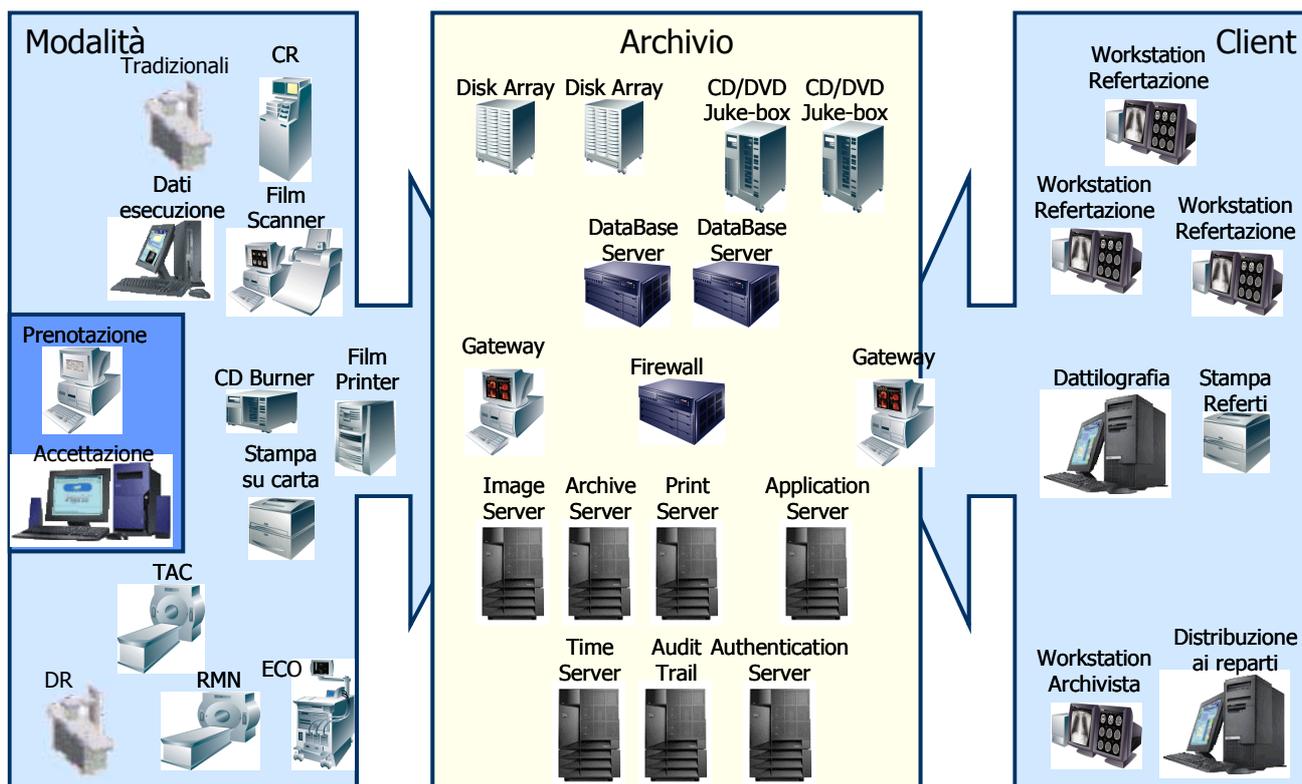
Se il RIS genera l'insieme di dati anagrafici e clinici da incorporare nelle immagini, è il PACS che si prende carico delle immagini stesse.

Il PACS è composto da sistemi di archiviazione (di breve e lungo periodo) ed apparati di comunicazione cui vengono collegati altri dispositivi, in particolare le Workstations diagnostiche di visualizzazione e refertazione che garantiscono l'accesso alle immagini e sono gli strumenti di lavoro principali per il Radiologo. Altre tipologie di Workstation sono quelle di elaborazione su cui risiedono software di analisi delle immagini di ausilio alla diagnosi, alla pianificazione terapeutica, ai controlli di qualità, alle indagini sperimentali.

Normalmente i sistemi di archiviazione sono ridondati e producono in autonomia copie di backup conformi alle normative vigenti. Nei migliori dei casi gestiscono anche il disaster recovery.

Questo ha anche eliminato anche l'annoso problema relativo al recupero dei radiogrammi distribuiti ai reparti o prelati agli altri ospedali: ora è il PACS che gestisce l'accesso alle immagini per la consultazione da parte delle altre figure specialistiche.

Naturalmente oltre a questo il personale della Radiologia è in grado di sottoscrivere con firma digitale i documenti che produce.



*[Tipica configurazione hardware di un sistema informatico radiologico]*

## 4. Standard ed interoperabilità

### 4.1. Lo standard DICOM

Questo mondo in cui le immagini digitali diagnostiche vivono poggia necessariamente su standard che favoriscono la compatibilità a livello di gestione tra tutti i dispositivi coinvolti. Tutto questo è possibile principalmente grazie allo standard **DICOM** (Digital Imaging and COmmunication in Medicine, successore nel 1993 del formato ACR/NEMA che risale al 1985), che si occupa di definire il formato delle immagini ed il tipo di comunicazione da adottare per la trasmissione delle stesse fra punti detti nodi.

Nel formato DICOM oltre all'immagine sono memorizzati i dati del paziente e dell'esame, nonché altre informazioni rilevanti e peculiari che qualificano e quantificano il processo di acquisizione e rappresentazione numerica del dato immagine, ad esempio la localizzazione spazio-temporale delle immagini facenti parte di studi multidimensionali ed i parametri di acquisizione e di visualizzazione, per citare le categorie di dato più rilevanti. Tutti i dati a corredo delle immagini costituiscono il cosiddetto header DICOM mentre i dati visuali possono essere immagazzinati e trasmessi nei formati nativi (ad esempio liste strutturate di valori di

pixel) o in formato compresso per la riduzione dei tempi di trasmissione e dell'occupazione in memoria.



*[Ogni immagine DICOM può essere immaginata come un piccolo database]*

Lo standard DICOM comprende anche il protocollo di comunicazione da utilizzare per il trasferimento dei dati (che si appoggia sul TCP/IP), e le fasi di autenticazione dei singoli nodi DICOM.

## 4.2. IHE

Nel suo iter, spesso articolato tra reparti e unità operative sanitarie, il paziente, anche se inconsapevolmente, ha a che fare con molti sistemi informatici.

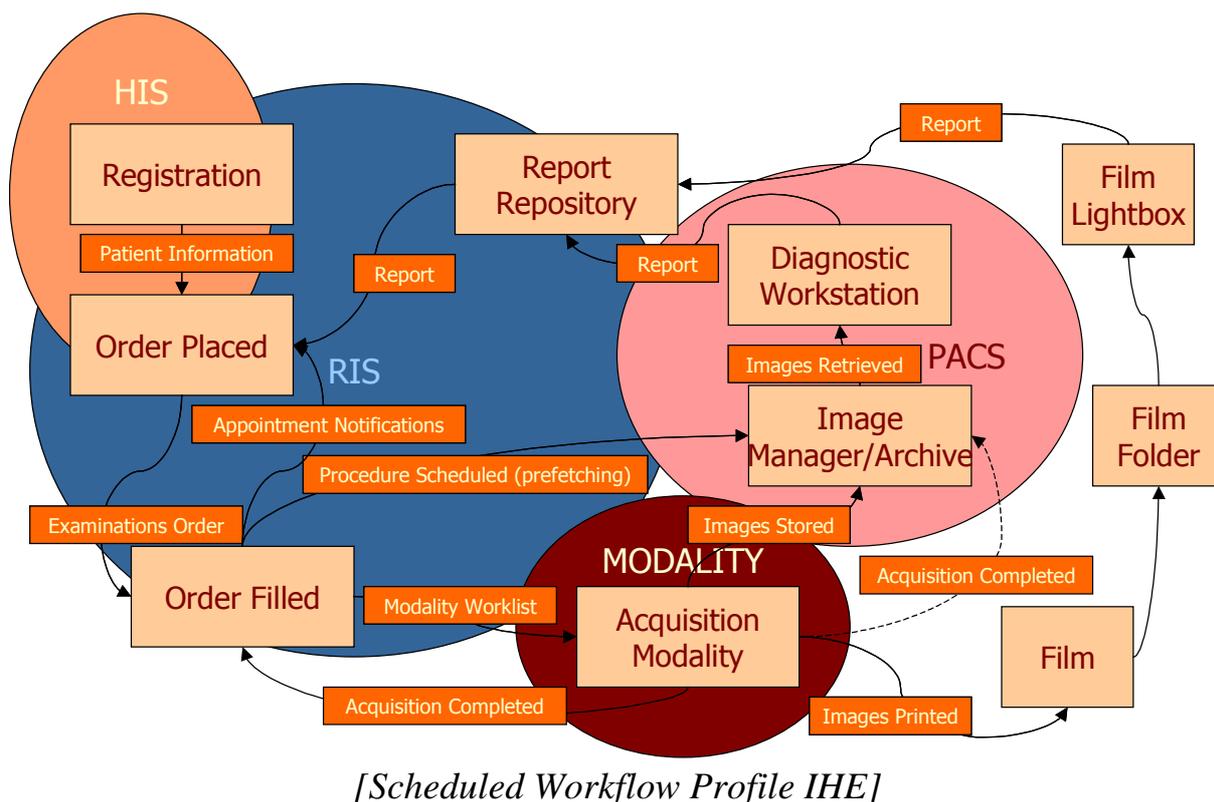
Per evitare nel lavoro ridondanze procedurali, per ridurre gli errori e per garantire un accesso ottimale alle informazioni è necessario che si utilizzino standard per il corretto ed efficace interfacciamento tra diverse applicazioni.

**IHE** (Integrating the Healthcare Enterprise) è un gruppo di lavoro internazionale fondato nel 1999 che lavora in sinergia con le associazioni legate alla sanità (ACR, NEMA, ecc.) al fine di standardizzare la comunicazione fra vari componenti di sistemi e infrastrutture informative sanitarie. Agendo ad un opportuno livello di astrazione non si occupa di come sono fatti i vari componenti ma di come possano collegarsi e interagire fra loro. Per questo motivo cerca di armonizzare l'uso degli standard esistenti (DICOM, HL7 – linguaggio di messaggistica utilizzato per scambiare mantenendone coerenza informazioni fra sistemi eterogenei, XML, ecc.)

proponendo dei profili di integrazione (scenari di problemi/soluzioni) pubblicati in Technical Framework.

Per verificare sul campo l'interoperabilità dei sistemi viene organizzato ogni anno un *connect-a-thon* fra le ditte, il cui esito viene pubblicato sul sito di IHE, che diviene quindi riferimento per chi si trova in condizione di dover interfacciare applicativi in campo medico.

Un esempio di profilo radiologico è lo Scheduled Worklist Profile (SWF):



## 5. Elaborazione e visualizzazione

Nel momento in cui è stato disponibile un formato standardizzato, è stato possibile l'ingresso nel mercato di ditte specializzate nell'imaging che hanno prodotto sistemi alternativi e complementari rispetto a quelli proposti dai costruttori di diagnostiche, sfruttando anche tecniche proprie di altre discipline.

Questo ha portato ad una rapida evoluzione dei sistemi di processing delle immagini medicali, che per poter essere adeguatamente di supporto al Medico diagnosta hanno raggiunto elevati standard di affidabilità, velocità e semplicità d'uso.

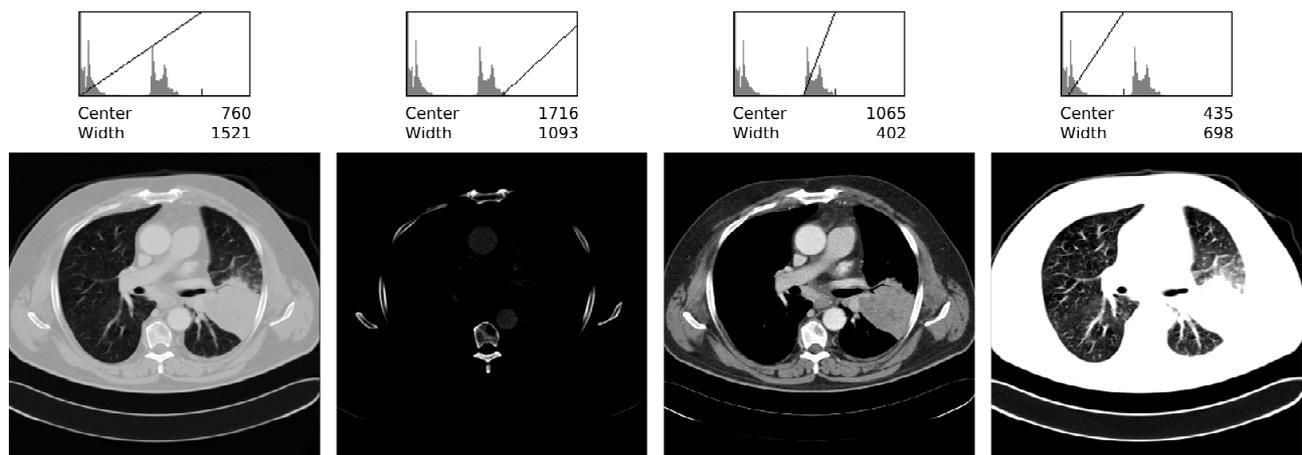
### 5.1. Workstation diagnostiche

Lo strumento principe utilizzato dal Radiologo per interagire con le immagini è la workstation diagnostica, che a seconda del tipo di studio da trattare può andare dalla

normale benché prestante macchina (per le immagini small matrix, anche se di norma vengono utilizzati più monitor per permettere uno sguardo d'insieme sullo studio) alla postazione complessa con schede dedicate e monitor ad altissime risoluzioni idonei a rappresentare l'immagine nella sua completezza ed i pixel nella loro profondità (per immagini large matrix come ad esempio le mammografie o i segmenti scheletrici).

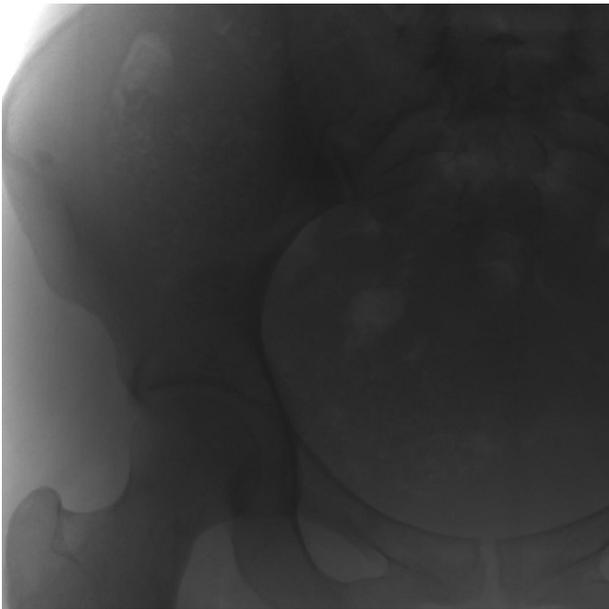
Questo ha cambiato l'approccio all'indagine, visto che il Radiologo non si trova più al diafanoscopio ma di fronte ad un sistema che gli rende disponibili strumenti con cui è semplice visualizzare ed elaborare le immagini dello studio.

Oltre agli strumenti di base (zoom, pan, rotazione, ecc) ci sono funzioni che permettono di mostrare le immagini anche su monitor che non sono in grado di gestirne pienamente la profondità (ad esempio immagini a 12 bit sui convenzionali monitor a 8 bit). Questa operazione, detta windowing, viene ottenuta applicando all'immagine una LUT lineare che rimappa i valori dei pixel sulla scala desiderata, con l'effetto di enfatizzare un tipo di tessuto piuttosto che un altro (ad esempio il muscolo piuttosto che l'osso).



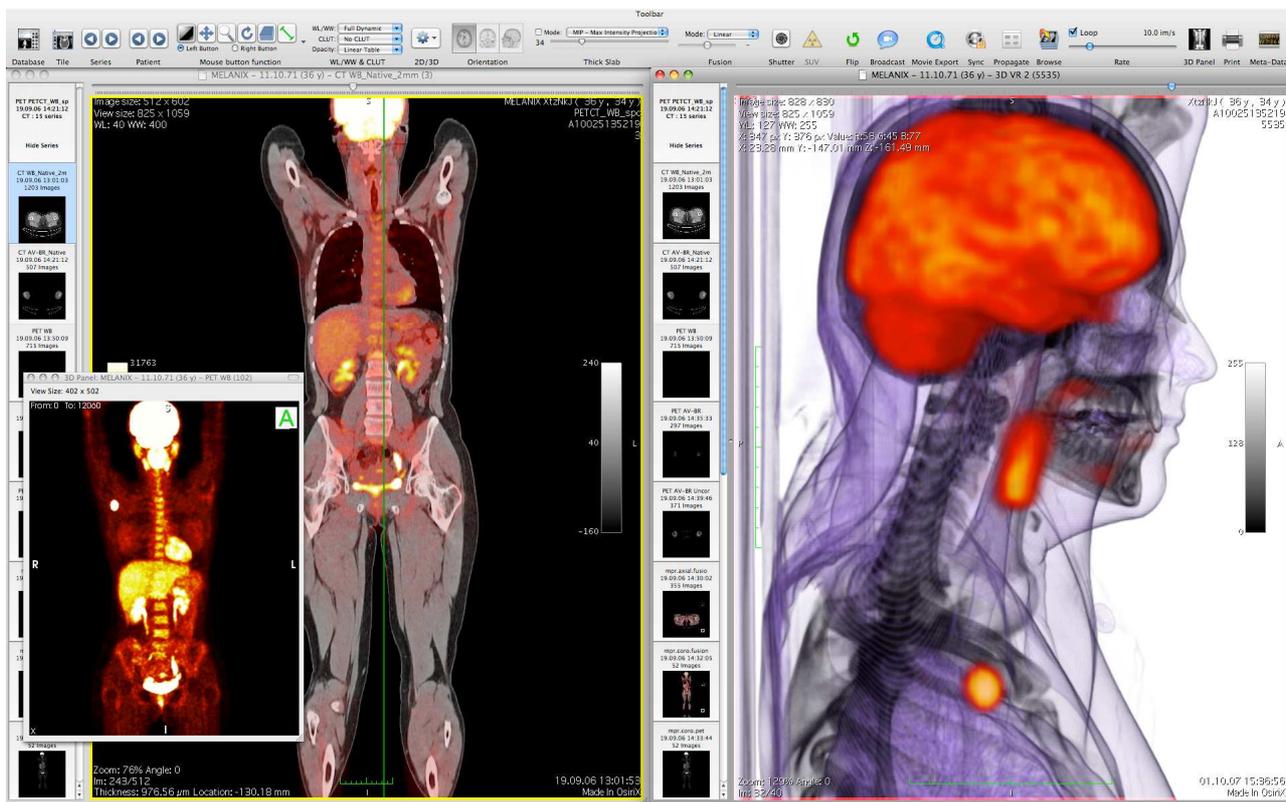
*[Esempio di windowing applicato alla medesima immagine TAC]*

Oltre al windowing esistono altre tecniche di enhancement che possono essere utilizzate per indagare sull'immagine (ROI, color LUT, filtri di convoluzione, sottrazione o altre operazioni).



*[Immagine DR non trattata e con enhancement]*

Negli ultimi tempi la fusione multimodale è stata utilizzata con successo per integrare le informazioni metaboliche ottenute da metodiche proprie della Medicina Nucleare con quelle anatomiche contenute negli studi radiologici (sono molto comuni le fusioni di PET - Positron Emission Tomography- con TAC e RM). Per fusione si intende la creazione di nuove immagini partendo dalle informazioni contenute in studi effettuati con modalità differenti, sovrapposti grazie all'uso di modalità combinate (ad esempio la PET/TAC, che risale al 2000, oppure la PET/RM) oppure grazie ad opportuni punti di repere messi sul paziente o infine tramite algoritmi che basandosi sull'intensità dei voxels nella zona in questione cercano l'allineamento ottimale per la sovrapposizione.

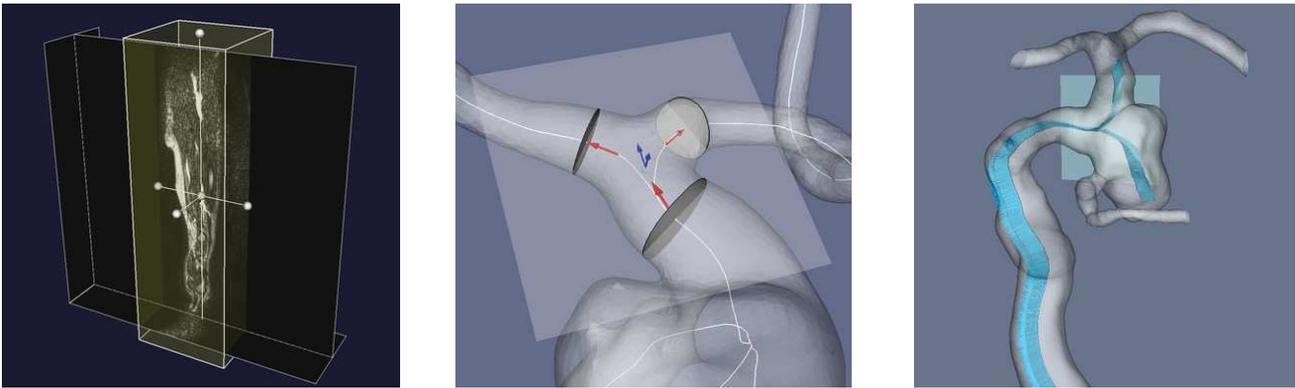


*[Esempio di fusione PET/TAC effettuata con il viewer open source OsiriX  
<http://www.osirix-viewer.com/screenshots/Picture1.png>]*

## **5.2. Analisi ed elaborazione delle immagini**

Le tecnologie di analisi ed elaborazione di immagini mediche costituiscono una realtà vastissima e molto variegata di possibili applicazioni, soluzioni e tecnologie scaturite da interi settori scientifici e comunità di ricerca nonché dalla ricerca industriale. Pre- e post-processing di immagini si suddividono in macrosettori applicativi, tra i quali i principali sono:

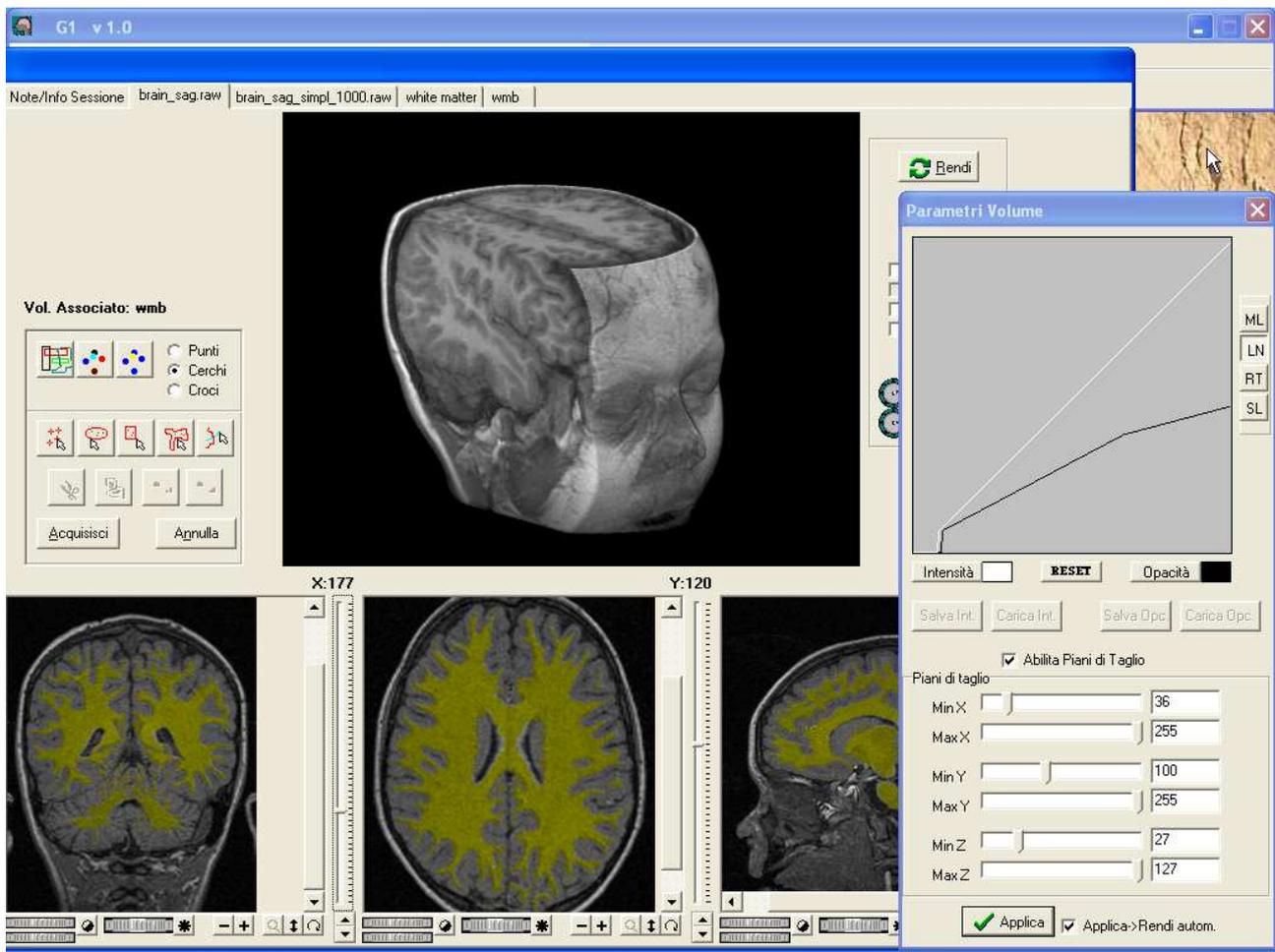
- L'enhancement, con tecniche di aumento del contrasto, riduzione del rumore e degli artefatti.
- La classificazione e la segmentazione, famiglia molto vasta di tecnologie anche sofisticatissime e molto diverse fra loro, utilizzate per l'individuazione automatica o assistita di regioni secondo criteri di coerenza strutturale.
- La coregistrazione per la fusione o la sincronizzazione di immagini intra/inter paziente e intra/inter modalità, la compensazione della deformazione e del movimento degli organi, l'allineamento e la creazione di atlanti statistici.
- Elaborazioni avanzate, una varietà di tecnologie in risposta a specifiche necessità, come ad esempio la stima e la ricostruzione di fibre nervose a partire da dati tensoriali in RM.



[Esempi di segmentazione effettuati con il toolkit open source VMTK  
<http://www.vmtk.org>]

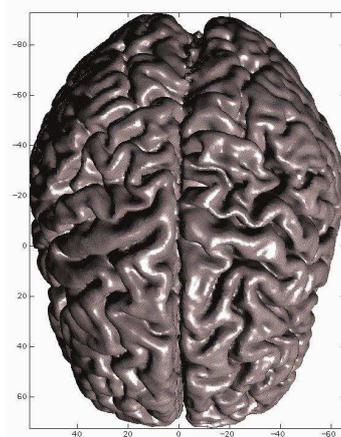
### 5.3. Ricostruzioni e Rendering 3D

Quando l'acquisizione delle sezioni è sufficientemente fitta, ad esempio utilizzando TAC o RM, si può concepire il dato generato come genuinamente tridimensionale. A questo punto si aprono molteplici possibilità nel campo della **visualizzazione 3D**. Potremo infatti avere singole viste, viste in movimento e viste stereoscopiche in movimento prodotte da tecniche di rendering 3D in un crescendo di realismo nella rappresentazione e percezione della tridimensionalità, con un realismo ed una dinamicità negli anni crescente in quanto supportata dagli enormi avanzamenti dell'hardware di calcolo in generale e dell'hardware grafico in particolare. Le cosiddette immagini 3D se da un lato aprono possibilità nuove per il clinico dall'altro corrono il rischio della sottorappresentazione del dato nativo in quanto comunque rappresentazioni proiettive di una realtà 3D. Non è quindi la ricerca "estetica" di immagini affascinanti che deve guidare le applicazioni del 3D in campo biomedicale, quanto la ricerca di un valore aggiunto diagnostico che si accompagni a garanzie di conservazione e rappresentazione dell'informazione rilevante dal punto di vista diagnostico. Ecco quindi che a supporto delle tecniche di visualizzazione è necessario utilizzare tecniche di classificazione o segmentazione di organi e tessuti al fine di una corretta parametrizzazione delle tecniche di visualizzazione 3D. Esse infine si distinguono in due grosse famiglie: **rendering di superficie** e **rendering di volume**.



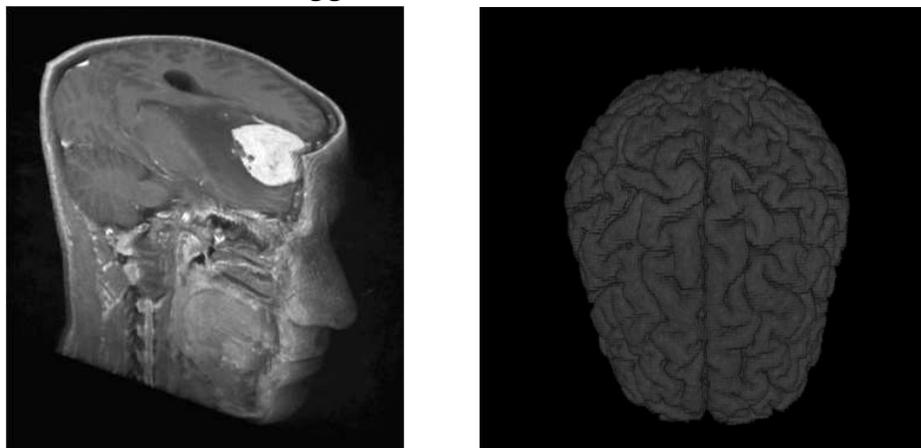
*[Finestra di un'applicazione di segmentazione interattiva di volumi medicali]*

Il **rendering di superficie** presuppone la conoscenza della sola superficie degli oggetti che si vogliono rappresentare, consente in via elementare un minor grado di realismo ed è più legato all'ambito della computer graphics.



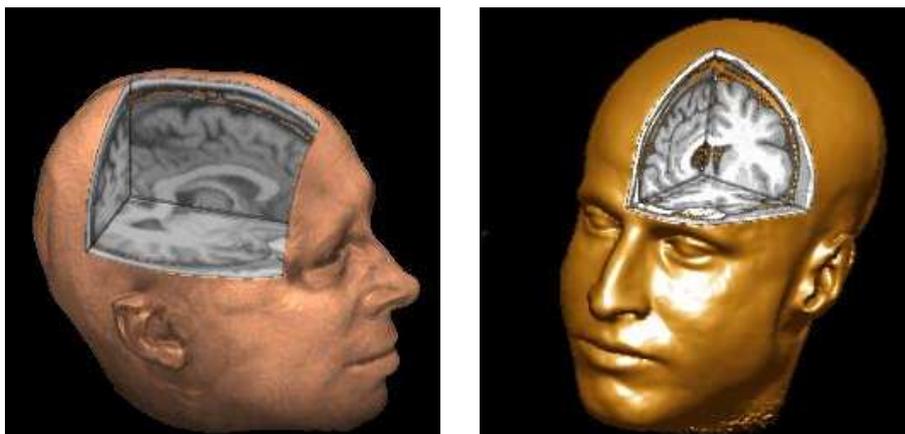
*[Risultato di segmentazione in surface rendering ottenuto con il software SPM  
<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>]*

Il **rendering di volume** è il risultato, pixel a pixel, del calcolo di una funzione il cui valore è solitamente legato ad un accumulo lineare o non lineare (es. nel caso della Maximum Intensity Projection, molto utilizzata in abbinamento all'utilizzo di mezzi di contrasto) di valori visti da raggi rettilinei che attraversano il dato 3D in esame.



*[Rendering 3D con piani di taglio e risultato di segmentazione in volume rendering]*

I due tipi di rendering si possono abbinare per ottenere immagini evocative:



*[Surface rendering della pelle con scacco per mostrare i tagli sul volume rendering dell'encefalo]*

*<http://www.cabiatl.com/mricro/mricro/render/index.html>*

Le tecniche di visualizzazione 3D trovano oggi spazio in molte attività diagnostiche quantitative e nella navigazione virtuale (solitamente effettuata in visione stereo) per attività diagnostiche e chirurgiche (di pianificazione e intraoperatorie).

## **6. Distribuzione delle immagini medicali**

### **6.1. Visualizzazione su PC e Patient CD**

Vista la diffusione sempre più crescente vale la pena di accennare ai visualizzatori che si trovano sui CD dati ai pazienti invece dei film. Si tratta di applicativi relativamente semplici (normalmente realizzati seguendo i Technical Framework di IHE) che non richiedono installazione sul PC del paziente o del medico di base e realizzano un supporto iconografico ideale al referto, utilizzando i dati contenuti nel media (nella maggior parte dei casi si tratta delle stesse immagini DICOM utilizzate dal Radiologo). Questo semplifica la gestione dei precedenti ed in Italia è consentito dagli anni '90 come alternativa al film.



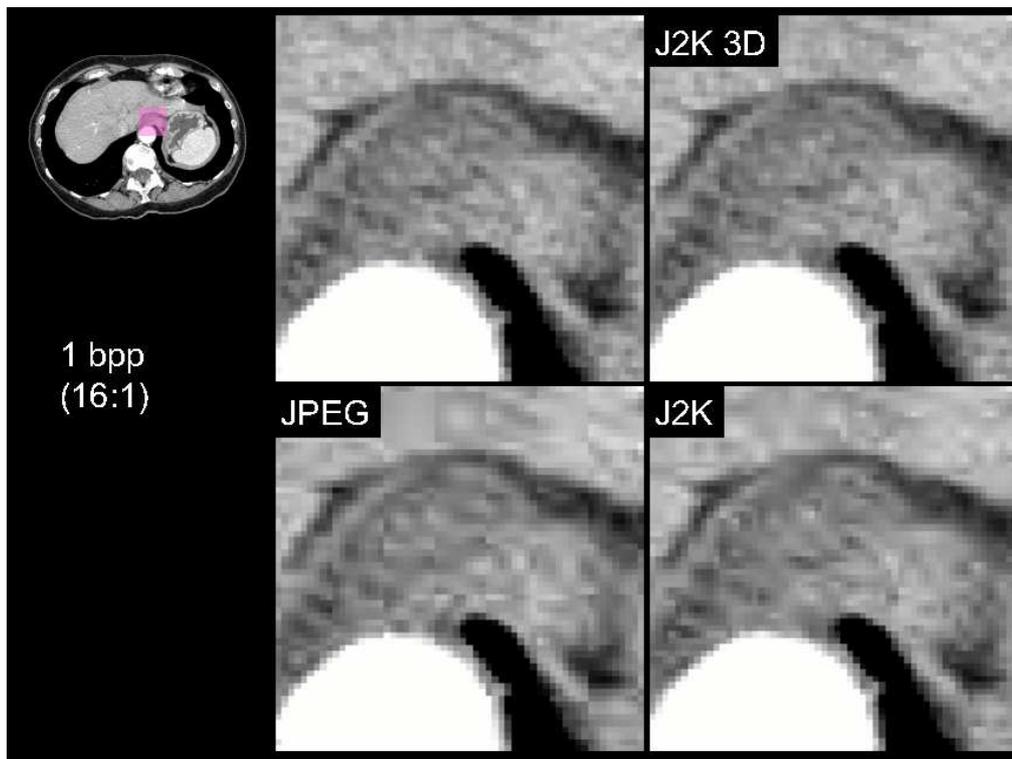
*[Naturalmente bisogna essere formati all'uso delle nuove tecnologie...]*

## **6.2. Imaging e telemedicina**

L'utilizzo efficace di canali e reti di telecomunicazioni consente la **trasmissione di dati a distanza** e in ambito medicale si sono sviluppate e diffuse e in alcuni casi consolidate negli anni applicazioni e metodologie di telemedicina (**e-Health**). Tecnologie di autenticazione, streaming, crittografia in relazione alle numerose architetture e reti, pubbliche e dedicate, di telecomunicazione costituiscono una piattaforma tecnologicamente matura per trasmissioni sicure e affidabili anche in campi delicati dal punto di vista della **sicurezza e riservatezza** del dato come quello della trasmissione delle immagini mediche.

Criticità residue riguardano scenari applicativi in cui o per la dimensione del dato, o per le caratteristiche di frequenza o di urgenza della trasmissione, la banda disponibile per la comunicazione costituisce un limite allo sviluppo stesso di applicazioni di trasmissione delle immagini. La soluzione in questo caso è da ricercare nelle moderne **tecnologie di compressione**, soprattutto quelle concepite per dati multidimensionali e multimodali. Per quanto riguarda la compressione lo standard DICOM non definisce tecniche preferenziali o procedure per la garanzia della qualità diagnostica, ma si limita a definire alcuni elementi sintattici per

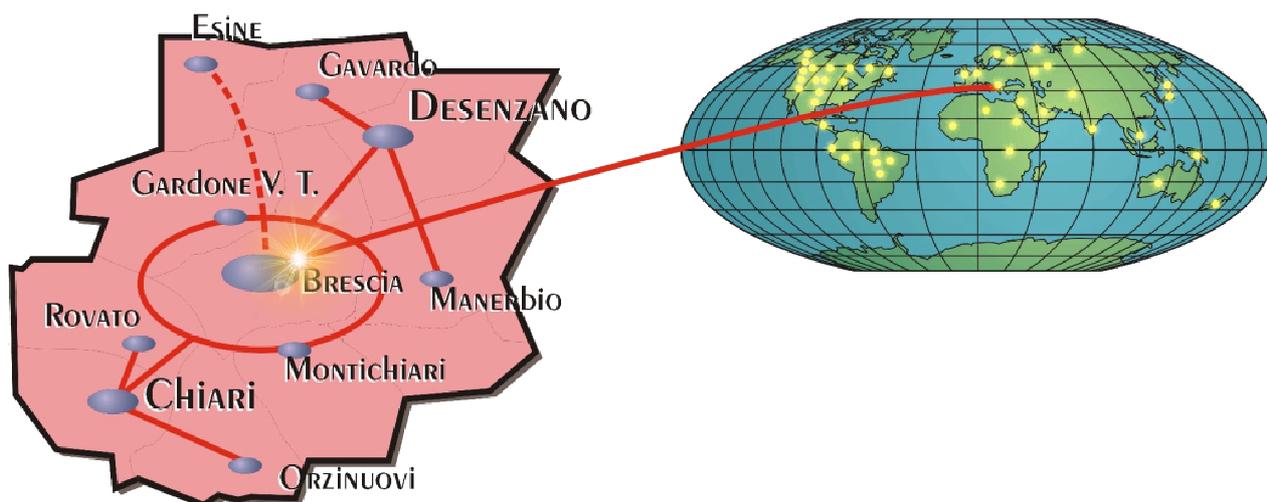
agevolare l'utilizzo dei maggiori standard di compressione (JPEG, JPEG-LS, JPEG2000).



*[Confronto fra algoritmi di compressione*

*[http://www.dclunie.com/papers/MIIT\\_2009\\_DicomCompression\\_Clunie.pdf](http://www.dclunie.com/papers/MIIT_2009_DicomCompression_Clunie.pdf)]*

Le tecnologie descritte hanno permesso di introdurre nuovi approcci alla diagnosi, comunemente raggruppati sotto il nome di **Teleradiologia**, che vanno dal **Teleconsulto** (second opinion di un Radiologo remoto) alla **Telegestione** (la prestazione è affidata al Tecnico della Radiologia, seguito da remoto da un Radiologo che produrrà una Telediagnosi). Seppure con alcuni limiti legati alla necessità di un rapporto diretto paziente/medico, un servizio di Teleradiologia aiuta a risolvere problemi organizzativi di Aziende Ospedaliere diffuse su un territorio distribuendo uniformemente il carico di lavoro sul personale disponibile. Un caso tipico è l'uso della Telegestione per le emergenze in orario di chiusura della Radiologia.



*[Sperimentazioni attive a Brescia e Provincia negli anni '90]*

## 7. Conclusioni

Ricapitolando, l'avvento del medical imaging ha portato una serie di benefici:

- Dal punto di vista clinico: minor dose per il paziente, scarsa o nulla necessità di ripetere l'esame per esposizioni non corrette, continuità del processo di cura, riduzione dei tempi di latenza delle informazioni, visione del paziente nell'ambito di un workflow più generale.
- Dal punto di vista dei TSRM (Tecnici Sanitari di Radiologia Medica): maggior semplicità e precisione nella produzione dell'immagine, eliminazione delle poco salubri camere oscure e riduzione dei tempi in camera chiara, abolizione dei difetti di trattamento e di sviluppo, notevole riduzione dei volumi necessari all'archivio radiologico ed estrema semplificazione della gestione dello stesso, lavoro più qualificante.
- Dal punto di vista del Radiologo: oltre a quanto descritto sopra, una maggior autonomia nel fare le proprie ricerche, accesso ad un quadro clinico più completo del paziente.
- E dal punto di vista economico: il passaggio da una gestione basata sulla stampa di film ad una gestione digitale in cui vengono prodotti CD per il paziente presenta innumerevoli vantaggi.

Anche le realtà ospedaliere bresciane sono dotate di diagnostiche digitali, RIS, PACS e sistemi per l'imaging digitale, a seconda dei casi affidati a Servizi Informativi e/o Informatici, CED, Fisica Sanitaria, Ingegneria Clinica oppure alla Radiologia stessa (c'è ancora poca uniformità in proposito).

L'Ingegnere entra a pieno diritto fra le figure che possono occuparsi di medical imaging, come fornitore di apparati o sistemi di elaborazione, come consulente o collaudatore di sistemi, oppure come figura appartenente alla struttura sanitaria ed in grado di gestire ed amministrare gli apparati descritti.

Un neolaureato interessato a questo tipo di sbocco può trovare interessanti realtà produttive in tutta Italia oppure può concentrarsi sui bandi delle aziende ospedaliere.

## 8. Oltre l'Imaging

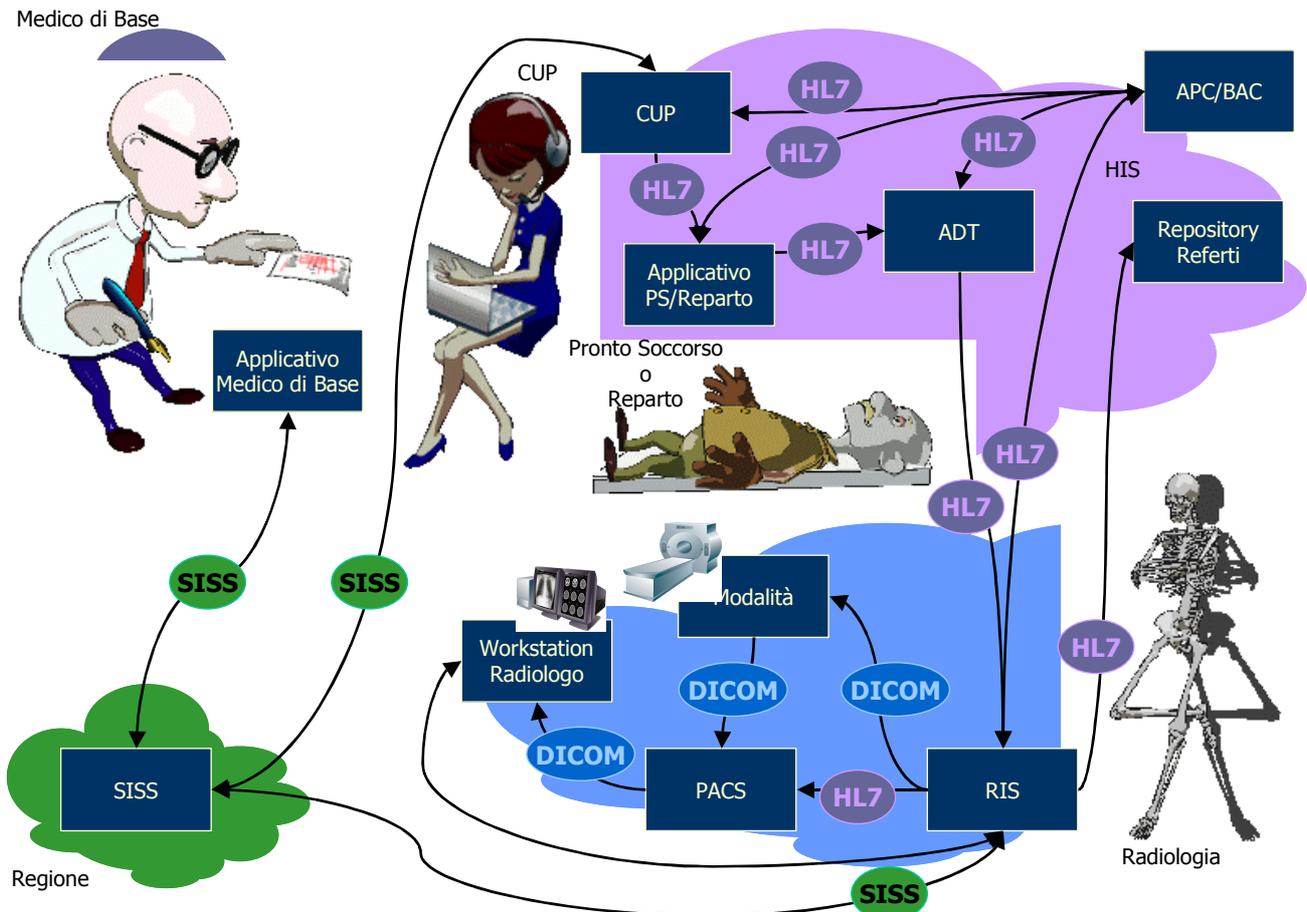
Come le nuove tecnologie vengono applicate nel quotidiano è giusto che lo siano anche in ambito lavorativo, soprattutto dove questo può dare un apporto significativo. Indubbiamente avere sistemi informatici per gestire una grosse mole di dati è di grande aiuto, ed in particolare:

- Dal punto di vista del Radiologo avere accesso ai dati immediato e con procedure semplificate può essere determinante per rendere fluido il processo che porta alla diagnosi.
- Dal punto di vista dell'Amministrazione la disponibilità del dato si riconduce nell'avere la possibilità di controllare i flussi informativi.

Attualmente molti dei dati utilizzati per creare le immagini medicali vengono scartati perché non rilevanti ai fini dell'indagine in corso (per la quale a volte sono sufficienti alcune serie significative di immagini elaborate opportunamente), ma si può ipotizzare che - aumentando nel tempo potenza di calcolo, spazio fisico e disponibilità di toolkit di elaborazione - un domani si arrivi a sfruttare l'intero dataset di acquisizione anche per postprocessing che estrapolino situazioni di contorno (ad esempio ubicazione degli organi interni evidenziandone bordi e densità, oppure altre caratteristiche biometriche legate al momento in cui è stata scattato questo particolarissimo tipo di *istantanea*) che viste come un insieme evolutivo di dati (grazie al confronto con lo storico) possono sicuramente essere utili per considerazioni a carattere clinico.

L'imaging, benché preponderante a livello volumetrico, è a livello informativo solo una minima parte del dato digitale gestito in ambito medicale. I sistemi informatici delle strutture sanitarie sono in grado di gestire ogni tipo di transazione relativa al paziente nel suo iter, e l'intero corpus dei dati forma il **Fascicolo Sanitario Elettronico (EPR – Electronic Patient Record)** del paziente stesso.

Le Regioni (fra le prime la Regione Lombardia con il **SISS - Sistema Informativo Socio-Sanitario**) hanno iniziato ad attrezzarsi per rendere fruibili ai cittadini i propri dati anche da casa. Il Servizio Sanitario Nazionale si sta organizzando per armonizzare i dati dei vari sistemi regionali attraverso l'uso degli standard descritti.



*[I sistemi informatici medicali tengono traccia di ogni attività relativa al paziente, e dialogando fra loro con protocolli standard concorrono a formare il suo EPR]*

Anche in questo caso per l'Ingegnere si possono aprire interessanti prospettive, che vanno dalla gestione ed amministrazione delle immagini medicali all'interscambio di dati fra sistemi di imaging ed altri sistemi sanitari.

## 9. Bibliografia

<http://medical.nema.org>

<http://www.ihe-europe.net>

<http://www.dclunie.com>

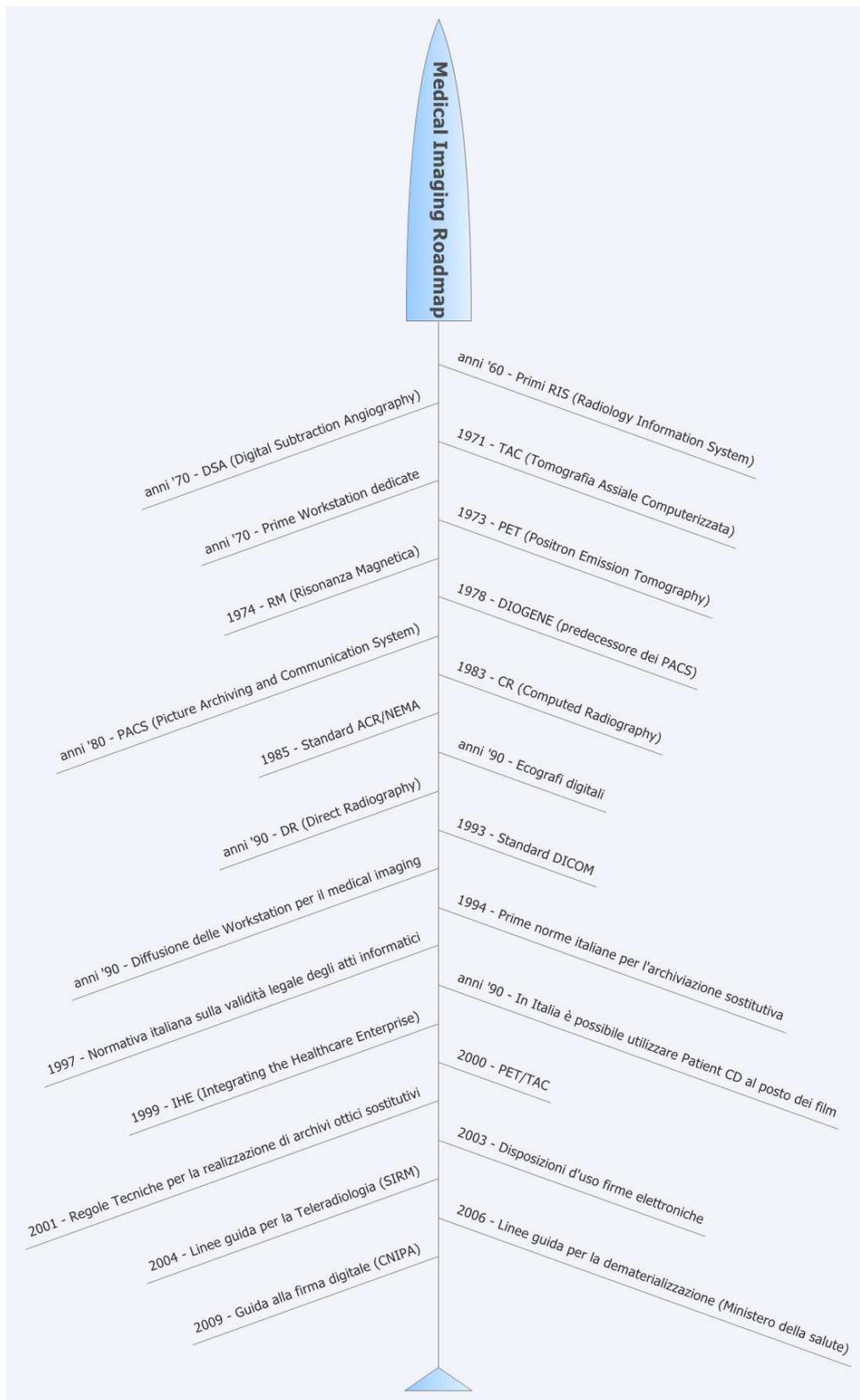
[http://www.cnipa.gov.it/site/\\_files/LineeGuidaDematerializzazione\\_V16.pdf](http://www.cnipa.gov.it/site/_files/LineeGuidaDematerializzazione_V16.pdf)

[http://www.sirm.org/it/linee-guida/doc\\_download/41-teleradiologia](http://www.sirm.org/it/linee-guida/doc_download/41-teleradiologia)

## 10. Acknowledgements

Ringraziamenti per le immagini: A.O. Spedali Civili di Brescia, A. O. Desenzano, ATS srl, David Clunie, sito OsiriX, sito SPM, sito Mmicro, sito VMTK.

# 11. Roadmap



*[Alcune tappe significative per l'imaging digitale in campo medico]*