

CORSO DI LAUREA IN TECNICHE DI RADIOLOGIA MEDICA
PER IMMAGINI E RADIOTERAPIA

**CORSO DI: SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE
INFORMAZIONI I**

Anno Accademico 2017/2018

Dott. Silvio Pardi

Lezione N°6

Le immagini in radiologia

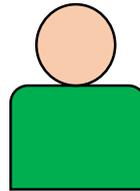
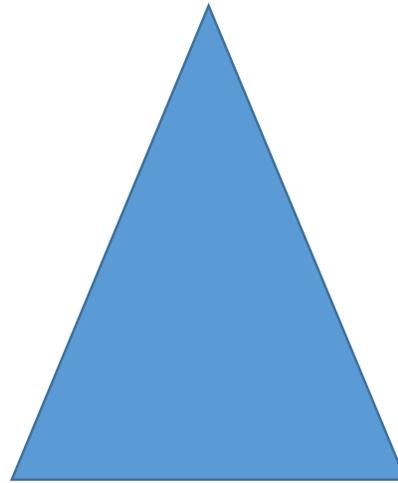
Le immagini vengono utilizzate come strumento di diagnostica sin dalla scoperta dei raggi X, nel 1895.

Esse consentono di avere preziose informazioni di uno stato fisiologico o patologico.

Chiamiamo «immagini diagnostiche» la rappresentazione grafica di un segnale che proviene dal paziente, sia spontaneamente che attraverso l'applicazione di uno stimolo, la cui sorgente può essere esterna o interna nei confronti del paziente stesso.

In prima istanza possiamo dividerle

- **immagini analogiche.**
- **immagini digitali.**



Schermi di
rinforzo

Radiologia
Tradizionale

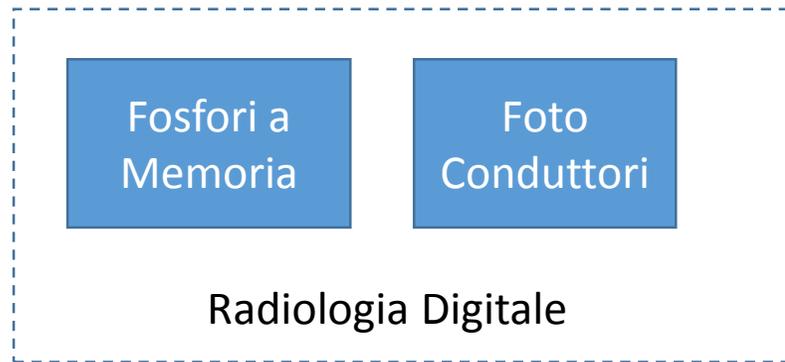
Scintillatori

Radioscopia

Fosfori a
Memoria

Foto
Conduttori

Radiologia Digitale



Immagini analogiche

Nelle immagini analogiche **il rivelatore del segnale** proveniente dal paziente **coincide con il supporto sul quale l'immagine si forma** e che ne consente la visualizzazione.

La **radiografia è l'esempio** più diffuso di immagine per la quale il supporto è rappresentato **dalla pellicola**. Essa può essere utilizzata come mezzo di archiviazione poiché non è «volatile» ma è stabile nel tempo.

Altro esempio di immagine analogica è quella che si forma su di un **monitor di un sistema di radioscopia**. (immagine dinamica). In questo caso tuttavia il Monitor non può avere un ruolo nell'archiviazione delle immagini, pur essendo un valido supporto per la visualizzazione.

Vantaggi delle immagini digitali

- Abbattimento dei costi per il materiale (filmless)
- Inserimento diretto delle immagini in sistemi informatici di tipo RIS/PACS
- Possibilità di post processing delle immagini per risaltare alcune parti o eseguire delle misure.

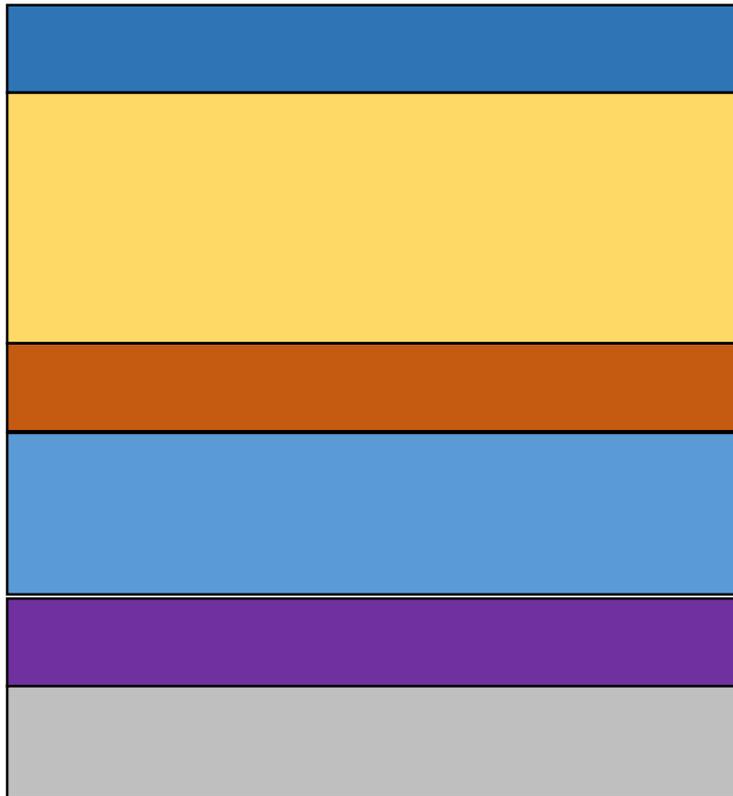
Principali tecnologie di Acquisizione

- Sistemi CR (Computed radiography)
- Sistemi DR (Digital radiography)

Si parla anche di tecniche **Indirette** e **Dirette**.

- Indirette: Trasformazione dei raggi X in segnali digitali attraverso materiali fluorescenti (fosforo).
- Dirette: I raggi X stimolano dei materiali semiconduttori che producono segnali direttamente interpretabile dai computer.

Sistemi CR



Strato Protettivo

Strato di fosforo

Strato riflettente la luce e conduttore elettrico

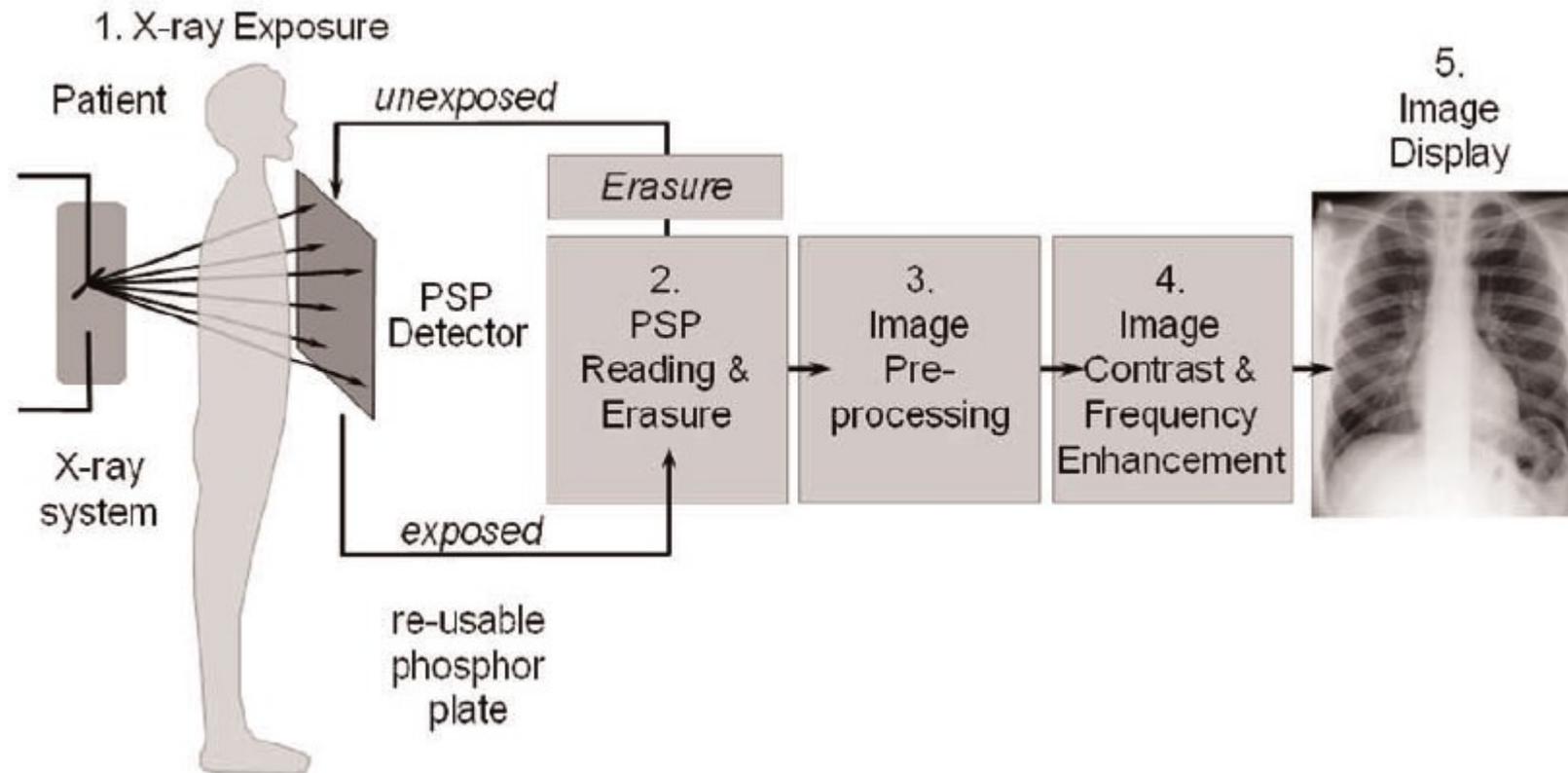
Strato di supporto

Strato protettivo luce

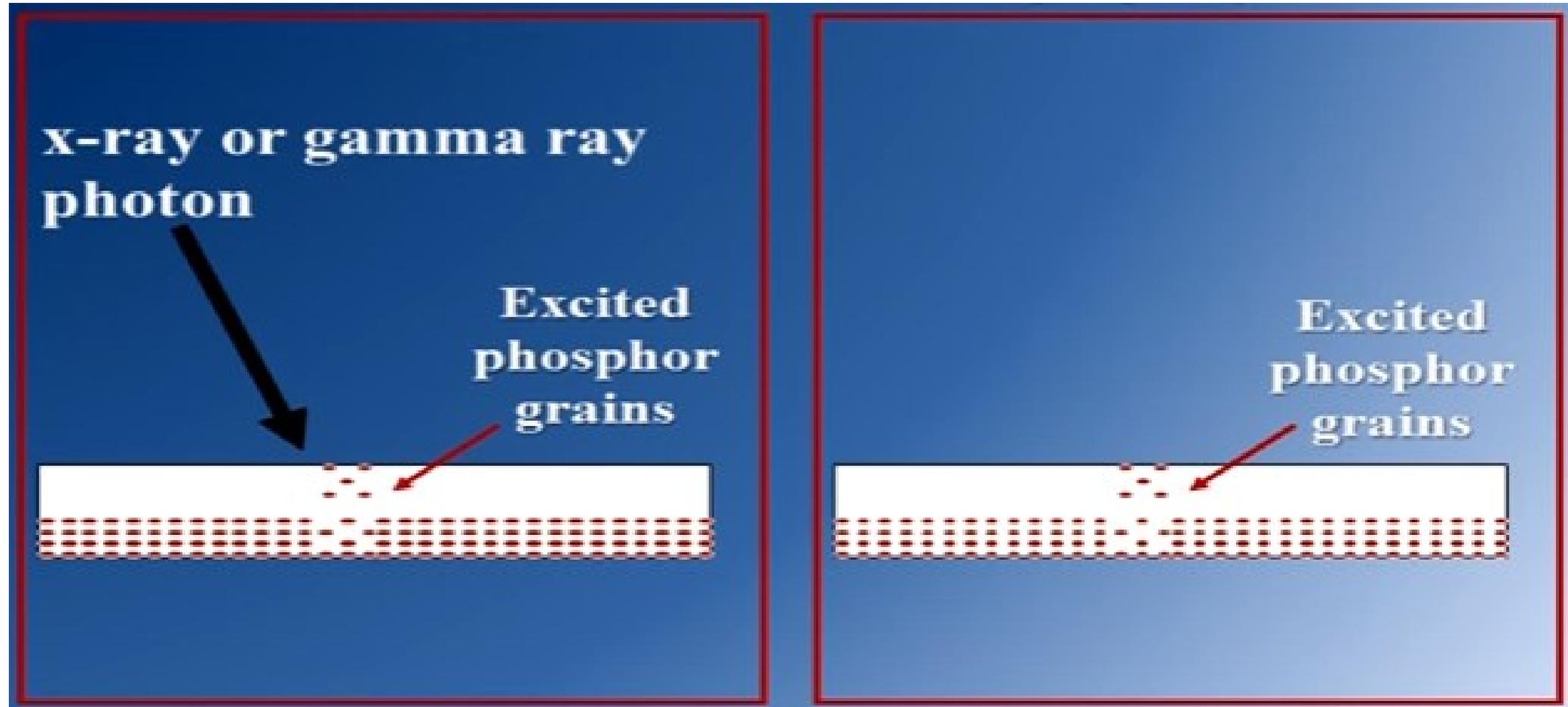
Strato Posteriore

Sistemi CR

La cassetta o IP (Imaging Plate) viene esposta a X-ray o Gamma-ray che lasciano traccia dell'immagine nello strato di fosforo presente nel piatto.



Sistemi CR



Sistemi CR

- Come nel sistema convenzionale la generazione avviene in due fasi distinte di acquisizione e lettura.

<https://www.youtube.com/watch?v=VRmjyEWjelQ>



Immagini da <https://www.carestream.com>

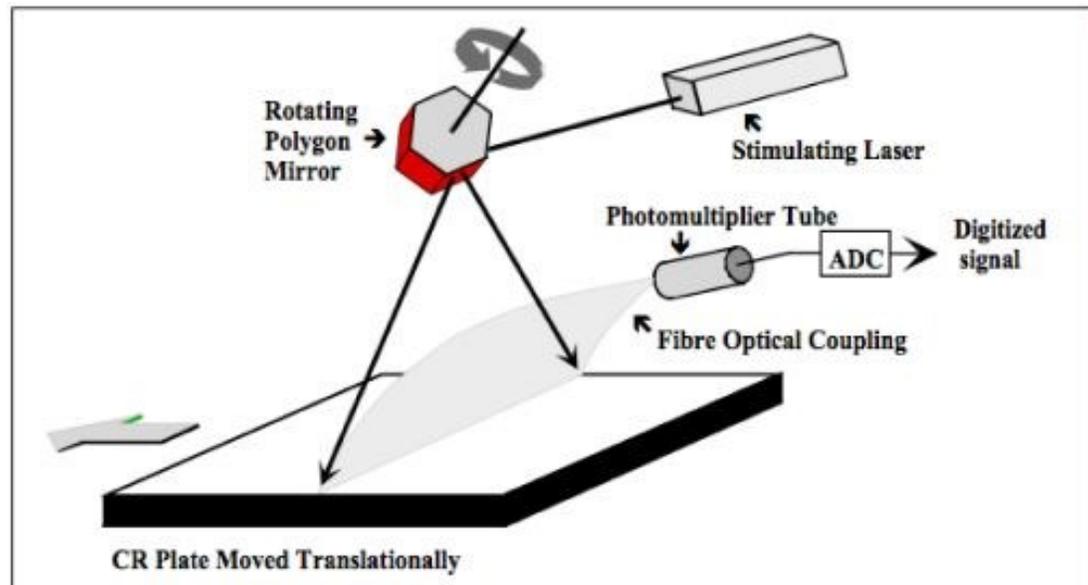
Sistemi CR

L'immagine può essere a questo punto

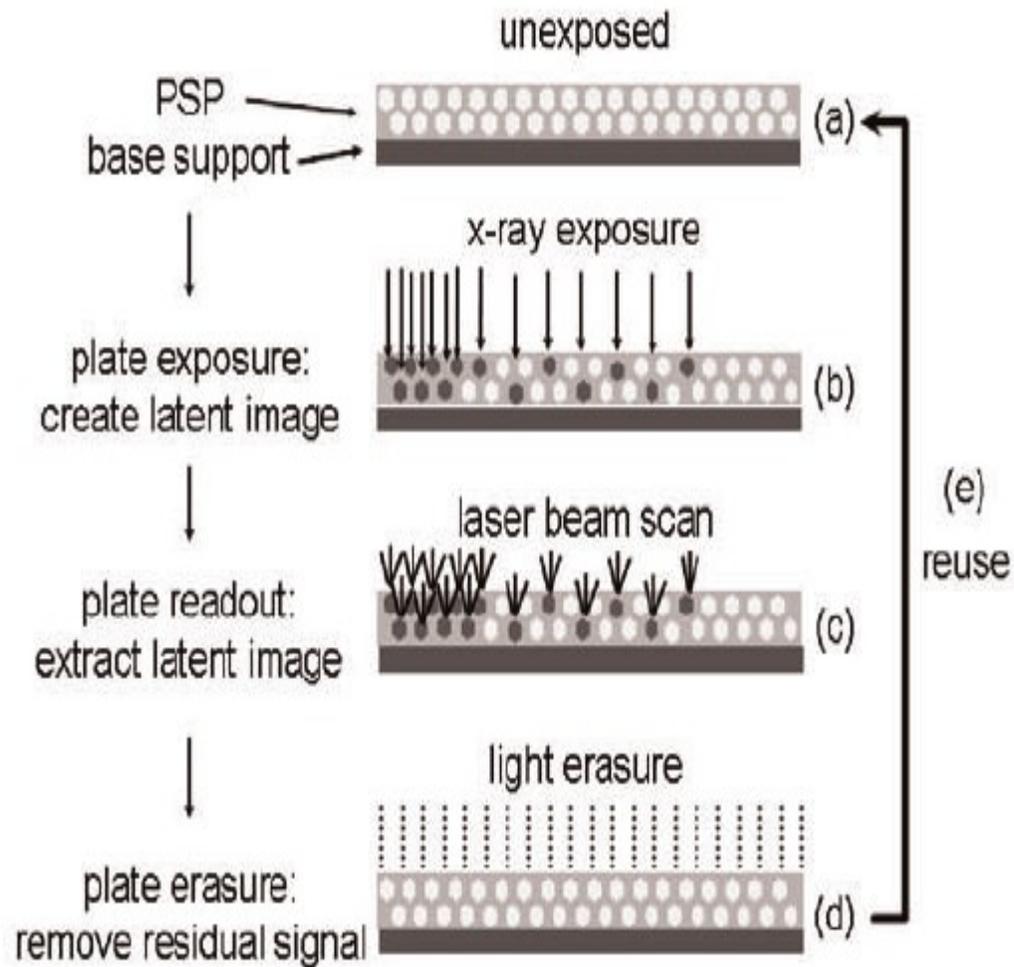
- Proiettata su un Monitor (soft-copy)
- Oppure stampata (Hard Copy)

Sistemi CR

- Durante il processo di lettura della piastra nello scanner, un fascio laser concentrato attiva il rilascio dei dati di immagine memorizzati sotto forma di luce visibile.
- La luce emessa viene rilevata, catturata da una guida a fibre ottiche e raggiunge un tubo fotomoltiplicatore dove convertita in segnali elettrici digitalizzati e finalmente visualizzati come immagine digitale sul monitor del PC.

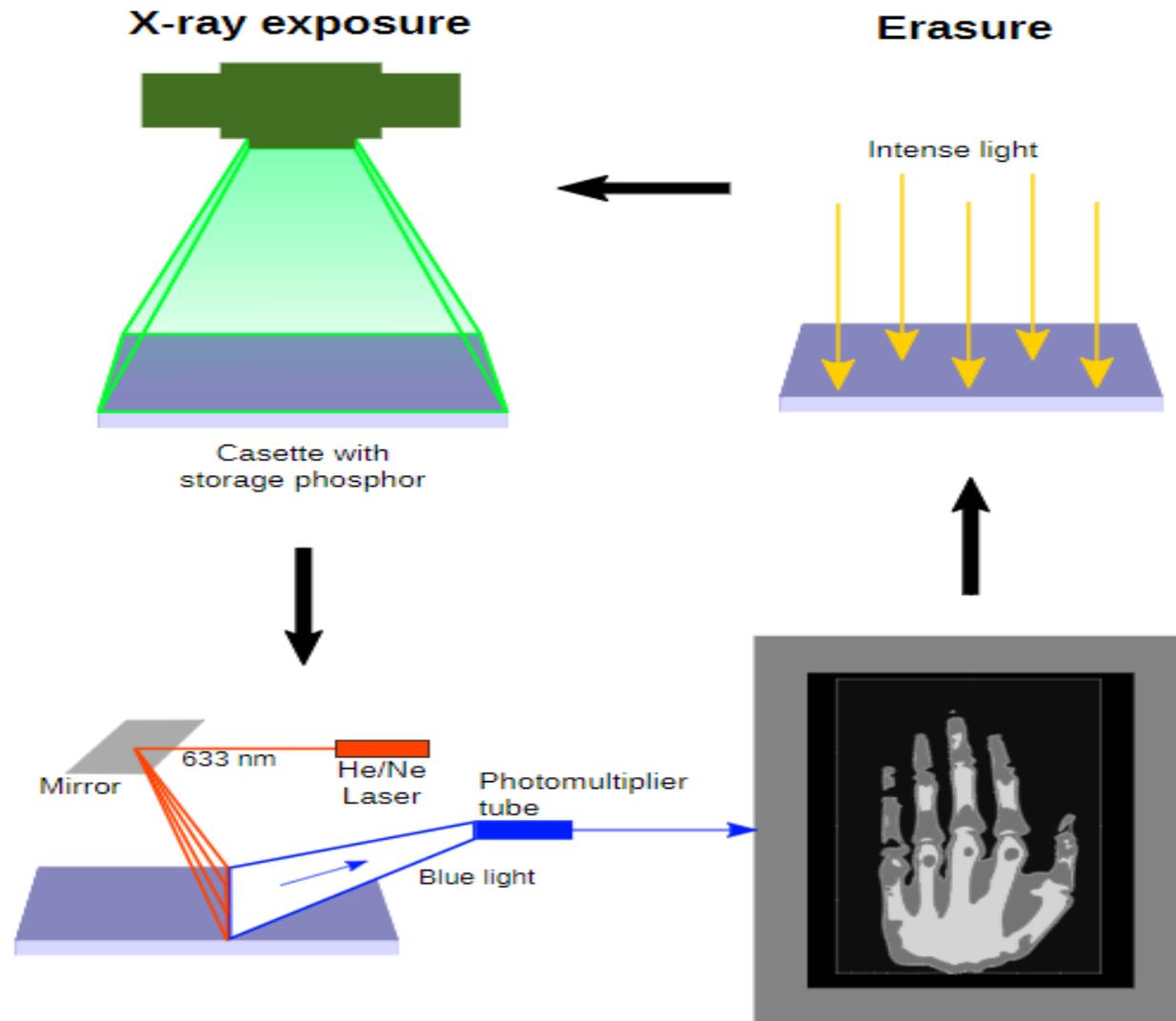


Sistemi CR



L'eraser interno in linea rimuove i dati residui attraverso una sorgente di luce ad alta intensità. Questo rende la cassetta pronta per l'esposizione successiva.

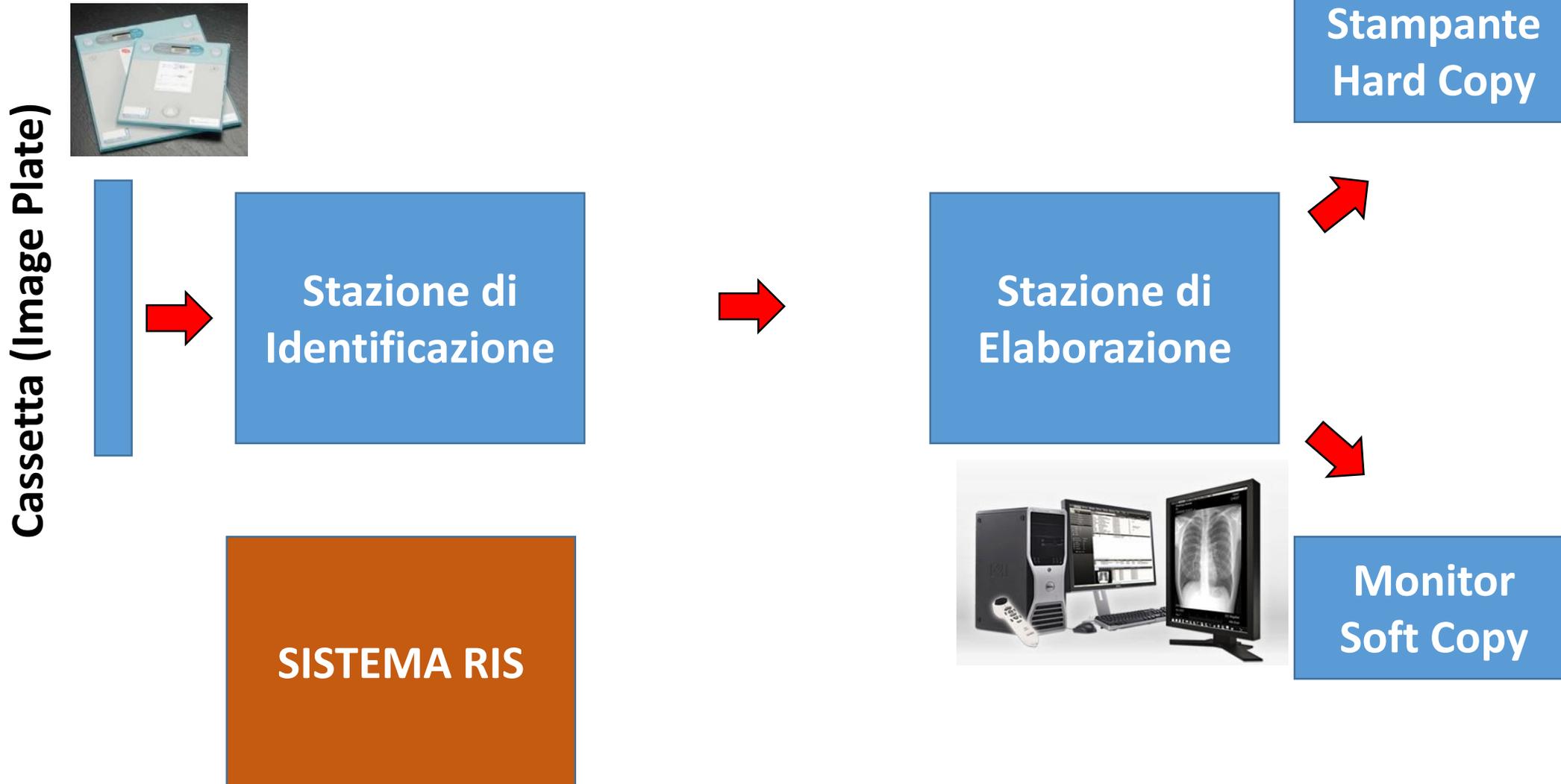
Sistema CR



I vantaggi dei sistemi CR

- **Riduzione dei costi di gestione**, non serve la camera oscura inoltre le cassette possono essere riutilizzate per migliaia volte.
- **Efficienza** paragonabile ai sistemi tradizionali
- Il **post-processing** può eliminare il problema delle cattive esposizioni attraverso la modulazione del contrasto.
- **Le Image Plate** sono compatibili con i sistemi tradizionali

Sistemi CR Work Flow



Sistemi DR

Nei sistemi **(DR) Digital Radiography** il sistema di **rivelazione e conversione è inserito all'interno del tavolo radiografico** e l'immagine è immediatamente disponibile al termine dell'esposizione.

Non vi è dunque necessità di spostare la cassetta per il passaggio alla fase di lettura.

Un sistema DR è quindi un **sistema Diretto** che fornisce in uscita direttamente i segnali digitali pronti per l'uso.

Sistemi DR

Sistemi DR almeno tre generazioni tecnologiche

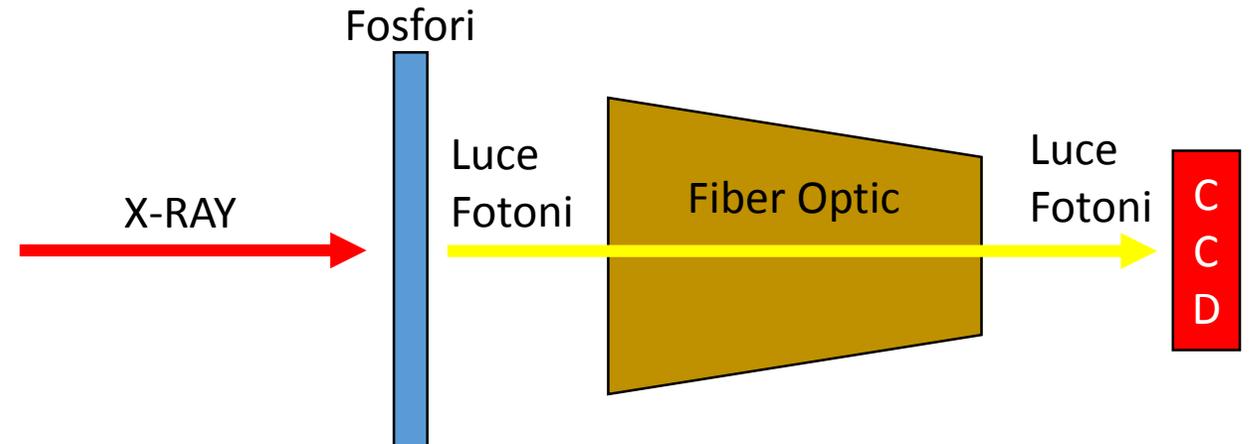
- Tecnologia Charge Coupled Device (CCD)
- Matrici di Thin Film Transistor (TFT) Indiretti
- Matrici di Thin Film Transistor (TFT) Diretti

Sistemi DR: CCD

Sono stati i primi dispositivi digitali: Introdotti circa 30 anni fa

Costituiti da uno scintillatore otticamente accoppiato a una matrice di dispositivi CCD (Charge Coupled Device) in grado di accumulare una carica elettrica proporzionale all'intensità della radiazione elettromagnetica che li colpisce, e che trasforma il segnale luminoso in digitale.

- Risposta immediata
- Risoluzione spaziale ridotta

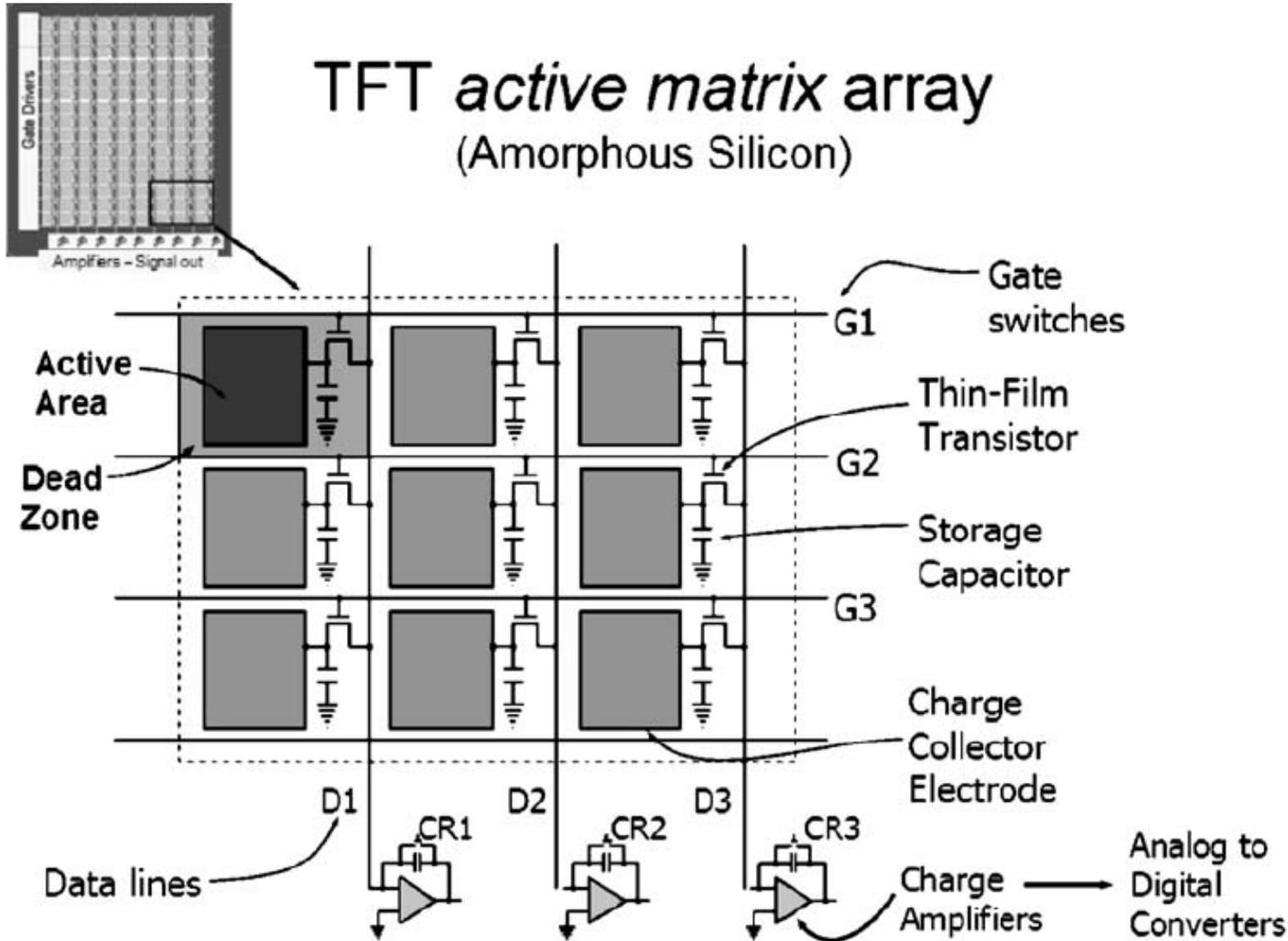


Sistemi DR: TFT

I sistemi Digital Radiography (DR) moderni utilizzano tecnologie basate su matrici di Thin Film Transistor (TFT).

Questa tecnologia permette di aumentare il numero di pixel delle immagini ottenute in maniera più economica rispetto ai sistemi CCD realizzando anche pannelli di grandi dimensioni.

Sistemi DR: TFT



Una TFT active matrix array è composta da milioni di elementi, piccolo detector ognuno dei quali contiene un transistor un charge collector electrode ed uno storage capacitor.

La carica locale create dall'assorbimento di X-Ray è conservata in ogni element attivo.

Sistemi DR: TFT Indiretti

I TFT indiretti, sono attualmente le tecnologie più diffuse dei sistemi DR.

Nei Sistemi a Conversione Indiretta il TFT è accoppiato a fotodiodi ed coperto da uno strato di fosfori.

- Materiale Scintillatore
- Fotodiodo: Converte il segnale ottico in segnale elettrico



Sistemi DR: TFT Diretti

Nei sistemi diretti il TFT è accoppiato ad uno strato fotoconduttore composto di selenio amorfo (a-Se).

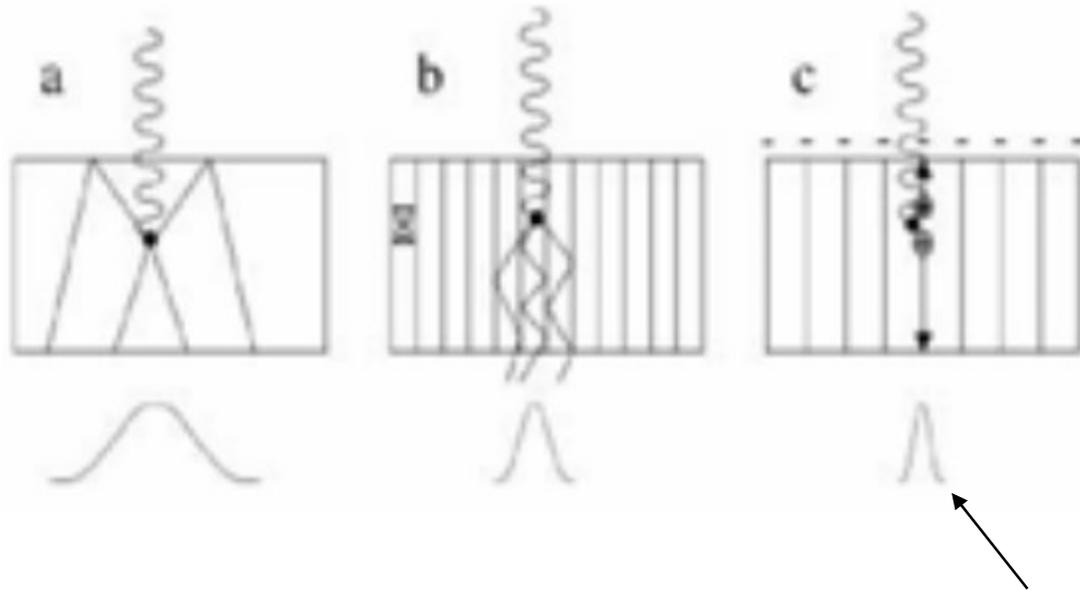
In questa configurazione i raggi X generano delle coppie di cariche che vengono interpretate direttamente dai transistor del TFT.

Data la mancanza dello strato di materiale scintillatore e del fotodiode, nei sistemi TFT diretti si ottiene una migliore risoluzione spaziale e nella perfetta corrispondenza tra raggio X e pixel.



Sistemi DR: Qualità delle immagini

La risoluzione spaziale nei sistemi TFT dipende dal tipo di materiale usato e dalla tecnologia (indiretta o diretta).



Diffusione della luce n

A) DR indiretto Cristallo non strutturato $Gd_2O_2S:Tb$

B) DR indiretto Cristallo strutturato (CsI:TI)

C) DR diretta con materiale fotoconduttore (a-Se)

Risoluzione spaziale
Migliore.

Sistemi DR: Sistemi Indiretti e Diretti

Sistemi DR indiretti: Alta efficienza nel convertire Raggi-X in fotoni, ma con risoluzione spaziale dipendente dal cristallo. Migliore nei cristalli strutturati.

Sistemi DR diretti: Poco efficiente, richiede maggiore esposizione, ma ottima risoluzione spaziale senza problemi di diffusione delle cariche

CR vs DR

<https://www.youtube.com/watch?v=1tXtZKAm1kU>

Immagini digitali

Nelle immagini digitali il segnale che viene dal paziente, subisce un **processo di «quantizzazione»**, In questo modo solo un **numero discreto di valori può essere rappresentato sull'immagine finale.**

Le immagini digitali si distinguono in due tipi:

- Acquisite all'origine attraverso sistemi digitali
- Risultato di una conversione analogico - digitale da pellicole radiologiche o da immagini video.

Le immagini di radiologia convenzionale, possono quindi essere trasformate e convertite in digitali dopo la loro acquisizione.

Conversione Analogico Digitale

La conversione analogico-digitale consiste, **nell'applicazione di un campionamento spaziale**, che definisce la risoluzione spaziale della immagine digitalizzata, e di una **quantizzazione della scala dei grigi**.

La quantizzazione della scala di grigi è **ritenuta responsabile della significativa perdita di qualità dell'immagine** cui si assiste passando da una immagine analogica alla sua versione digitalizzata.

L'Immagine digitale

L'immagine digitale è costituita da una **tabella bidimensionale** di numeri interi, ciascuno dei quali rappresenta un pixel.

Il numero in ogni casella della tabella rappresenta **il valore del parametro considerato in quel punto, ad esempio il colore.**

Ogni pixel è rappresentato come un piccolo quadrato nel contesto del quale **la gradazione di grigio o la tonalità di colore riprodotta è uniforme.**

L'insieme dei pixel viene definito matrice es. 256x256, 512x512, etc

L'Immagine digitale

Il pixel è la più piccola regione dell'immagine, all'interno della quale il valore numerico (che rappresenta una tonalità di grigio) si mantiene costante.

Tanto più ampia è la matrice di pixel che rappresenta l'immagine, tanto maggiormente l'immagine digitalizzata si avvicina alla realtà o all'immagine analogica originale.



L'Immagine digitale

Nelle immagini digitali, il valore funzionale del pixel (cioè il livello di grigio) varia in funzione delle diverse proprietà fisiche delle strutture che compongono il campione studiato.

l'intervallo di valori che un può essere assegnato a un singolo pixel è determinato dalla quantizzazione cromatica.

Questo intervallo può essere di 0-255 (8 bit), 0-1023 (10 bit), o 0-4095 (12 bit). **Tanto più alto è il numero di bit disponibile per la rappresentazione della scala dei grigi, tanto migliore è il range dinamico dell'immagine o la sua «risoluzione di contrasto»**

Negli attuali standard le immagini generate vanno da 2.000x2.000 a 4.000x4.000 pixel, per una profondità che può andare dai 14 bit/pixel in acquisizione (Standard DICOM 3.0) ai 12 bit/pixel per l'invio in reti PACS.

Il colore delle immagini digitali

Il colore viene assegnato in due modi

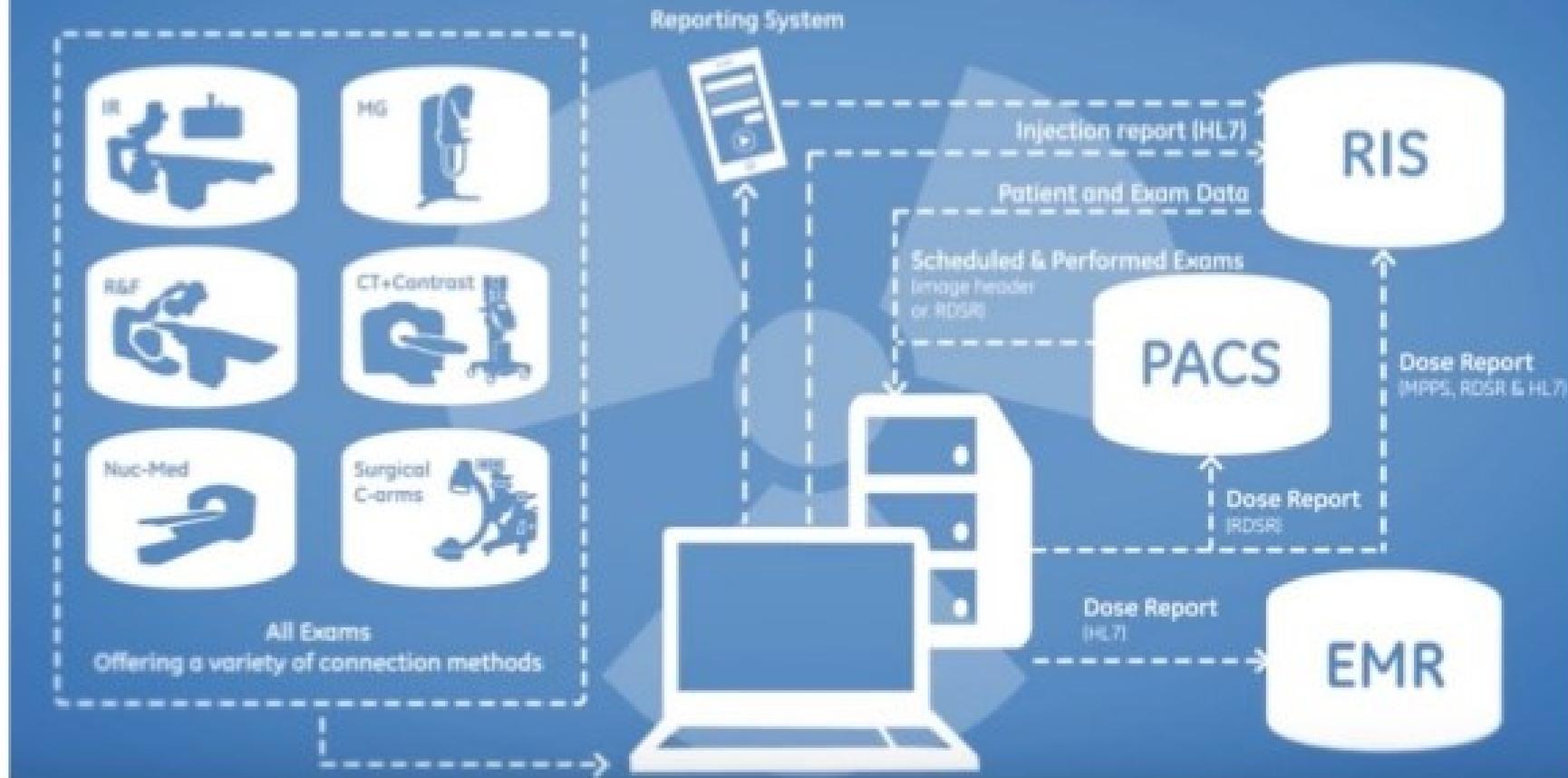
Palette di colori o modalità indicizzata : Si crea un elenco dei colori da utilizzare, e nella matrice rappresentante i pixel si inserisce l'indice che punta allo specifico colore del pixel, questo per immagini con pochi colori massimo 256 (8 bit)

Spazio di colori o true color: In questo caso il valore inserito nel singolo pixel definisce il colore direttamente. RGB, CMY, HSB con tavolozze di colori molto ampie

Palette Gray scale

00	FF	44	96	54	75	35	B9
54	35	75	44	6C	B9	6C	96

Radiology Ecosystem



Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

Con la sigla **HIS (Hospital Informative System)** si intende il Sistema informativo finalizzato alla gestione unitaria delle informazioni necessarie per la vita di un ospedale.

Data la sua natura generalista, l'HIS esso svolge più il ruolo di collettore di informazioni di tipo amministrativo-finanziario, non orientate quindi all'aspetto sanitario.

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

I dati gestiti dai sistemi HIS possono essere raggruppati in 3 macro categorie:

- **Dati dei pazienti:** informazioni anagrafiche, storia amministrativa e clinica.
- **Attività Ospedaliera:** I servizi che la struttura ospedaliera fornisce ai pazienti, giorni di ricovero, esami diagnostici, prestazioni terapeutiche.
- **Risorse dell'Ospedale:** Attrezzature a disposizione, Personale, risorse economiche

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

I sistemi HIS vengono quindi utilizzati per

- Assistere il personale allo svolgimento delle attività di tutti i giorni.
- Gestione e la pianificazione
- Analisi del lavoro svolto, statistiche sulle attività
- Comprendere l'andamento generale dell'ospedale o di un reparto sulla base dell'aggregazione dei dati

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

I sistemi HIS contribuiscono alla creazione di altri sistemi informativi e database tra i quali:

- **Cartella Clinica Sanitaria (CCS)** in inglese Electronic Medical Record (EMR): Dati per il sistema Sanitario locale o nazionale
- La **Cartella Clinica Elettronica (CCE)** in inglese Electronic Health Record (EHR): Dati per il cittadino

<https://www.healthit.gov/buzz-blog/electronic-health-and-medical-records/emr-vs-ehr-difference/>

Per **Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE)** si intende invece un documento interamente gestito dal paziente.

<https://www.fascicolosanitario.gov.it/>

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

Un sistema HIS inoltre **deve**

- **interagire con altre componenti**
- **scambiare dati sanitari con altri sistemi (PACS, RIS, etc),**
- **permettere l'archiviazione di questi dati in archivi personali.**

Per far questo un sistema HIS deve essere in grado di manovrare dei **protocolli di comunicazione standard, e specifici per dati clinici.**

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

“an integrated effort to collect, process, report and use health information and knowledge to influence policy-making, programme action and research” WHO (2000) Guidance on Needs Assessment for National Health Information Systems Development.

“A set of interrelated components working together to gather, retrieve, process, store and disseminate information to support the activities of health system planning, control, coordination and decision-making, both in management and service delivery”

Jack Smith, in: Health Management Information Systems – a handbook for decision makers. OUP, 2000.

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS

Attori principali che interagiscono con un sistema HIS

- Laboratori
- Radiologia
- Farmacie
- Ricercatori
- Medici
- Banche ed istituti di credito
- Amministrazione
- Manager delle informazioni

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS



Registration



Consulting



Ward



Nursing



Stores & Purchase



Diet & Kitchen



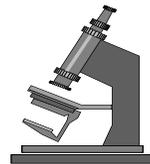
Pharmacy



OT



Blood Bank



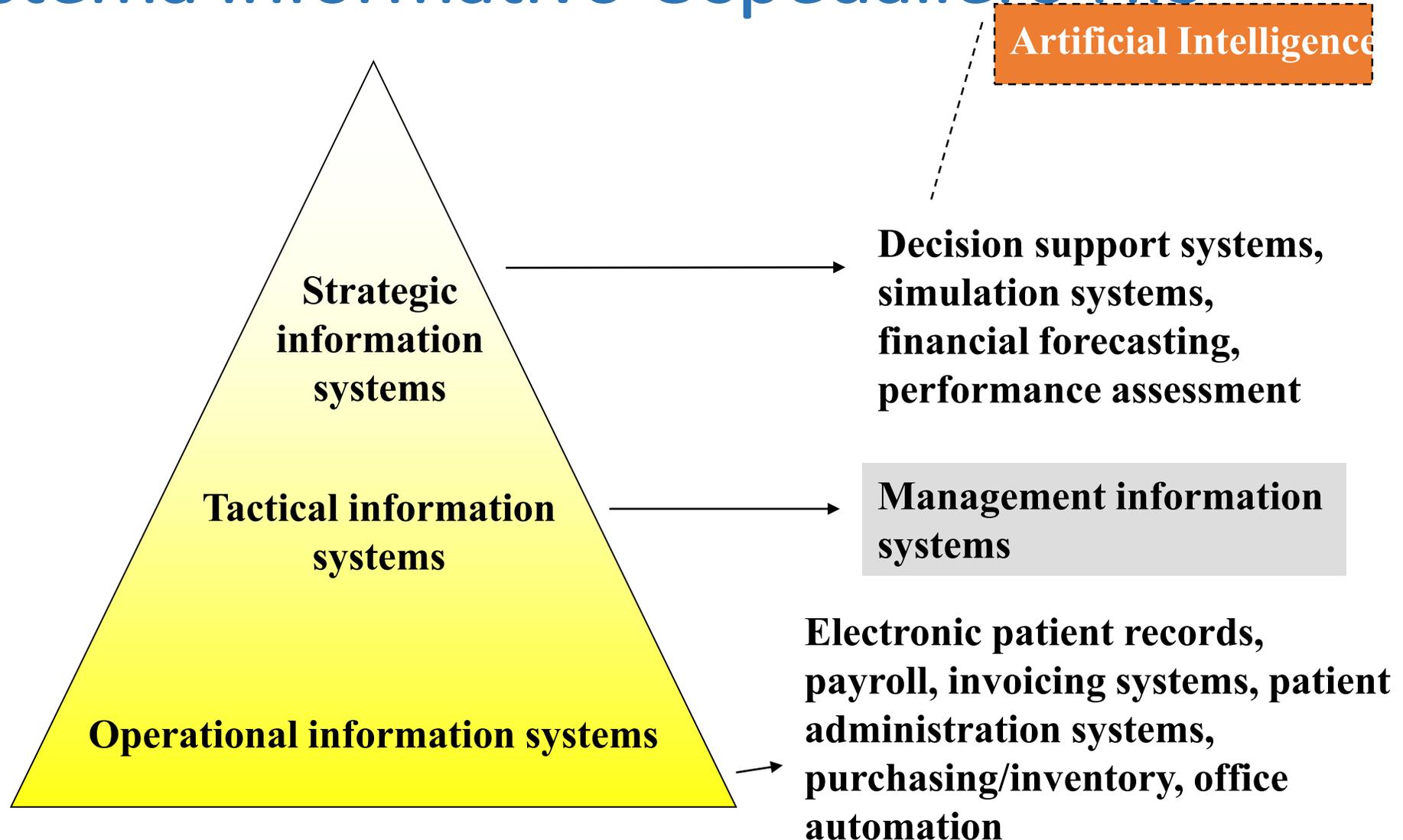
Laboratory



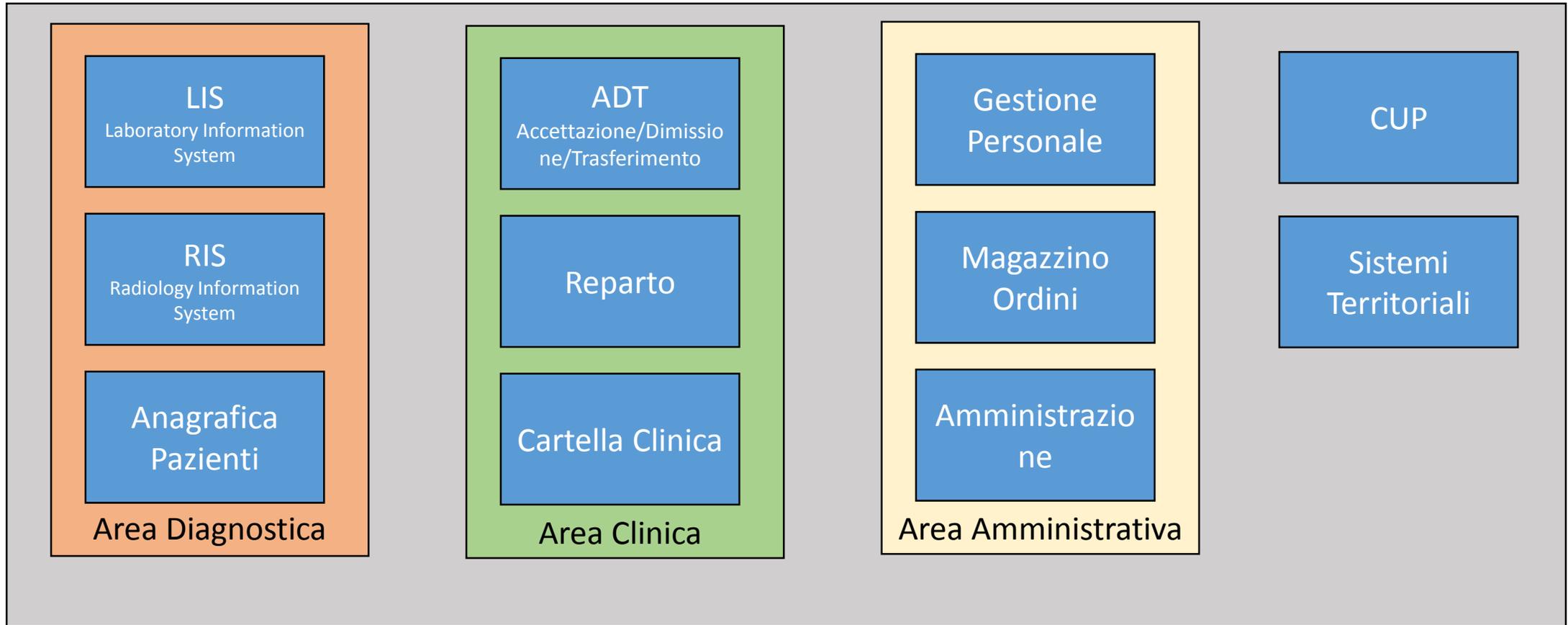
Radiology

And more...

Il Sistema Informativo Ospedaliero HIS



Architettura di un HIS



Progetti HIS open source

<http://hospitalrun.io/tryit/>

<http://openmrs.org/>

<https://www.bahmni.org/>

Il Sistema RIS

Sistema Informativo Radiologico (RIS, Radiological Information System) è la parte di sistema informativo che si occupa di **gestire le informazioni del reparto di radiologia.**

Esso può essere un sottoinsieme dello HIS, o implementato da software indipendenti.

Il RIS si fa carico della prenotazione e accettazione dei pazienti in radiologia, di aspetti logistici (occupazione, sale, personale, materiale), della refertazione, dell'archiviazione dei referti e delle pellicole.

Il Sistema RIS

Un RIS viene quindi utilizzato nelle radiologie per **gestire il flusso dei dati legati ai pazienti.**

Esso permette di gestire tutti gli step del processo di refertazione, **dall' approccio del paziente all' espletazione e consegna finale del referto**

Il Sistema RIS

**Richiesta dell'esame/
Prenotazione**

**Gestione dell'agenda
radiologica**

Accettazione

Esecuzione dell'esame

Refertazione

Archiviazione

Firma e Stampa

Ricerche e statistiche

**Consumo/Magazzino/
Apparecchiature**

Richiesta dell'esame/ Prenotazione

Questo step gestisce la richiesta d'esame ed attiva i processi del RIS. Il processo di richiesta/prenotazione ha il ruolo di raccogliere informazioni amministrative e di interesse clinico.

Informazioni Amministrative:

- Informazioni anagrafiche del paziente
- il tipo di esame da effettuare
- l'operatore e la sala
- la presenza di eventuali vincoli temporali: esame urgente o di routine.
- Tali dati possono anche essere acquisiti in automatico da altri sistemi informativi come da altre componenti dell'HIS o da altri supporti.

Informazioni di interesse clinico:

- la ragione per la quale l'esame viene richiesto.

Gestione dell'agenda radiologica/Agende

Aggiornamento dell'agenda del reparto:

- Sale
- Apparecchiature
- Personale

Il RIS evoluti possono in questa fase raccogliere informazioni aggiuntive sul paziente, ricercando all'interno dell'archivio l'eventuale presenza di dati precedenti, al fine di individuare criticità o incompatibilità tra esami.

La gestione dell'agenda da parte del RIS si conclude con una **proposta di appuntamento ed un foglio informativo**, che viene consegnato al paziente o inviato al reparto, in cui è suggerita la preparazione necessaria per gli esami richiesti.

Accettazione

L'accettazione comprende **l'identificazione del paziente**, che si presenta per eseguire l'esame diagnostico.

Al momento dell'accettazione vengono **ulteriormente verificati i dati già raccolti** e possono essere eventualmente integrati.

Questo step permette quindi di perfezionare il processo di autorizzazione all'esecuzione dell'esame **verificando la congruità dell'esame rispetto al quesito**, ed escluso la presenza di controindicazioni relative o assolute.

Se l'esame viene definitivamente autorizzato, il RIS provvede all'accettazione del paziente all'esame.

Le apparecchiature diagnostiche digitali (Angiografia, TC, RM, etc.) sono collegate in rete con il RIS ricevono i dati del paziente in automatico per mezzo di un protocollo dedicato, definito dallo standard DICOM con il termine "worklist management".

Questo passaggio automatico di dati tra RIS e apparecchiature consente di evitare errori e disallineamento delle informazioni

Esecuzione dell'Esame

Produzione delle immagini diagnostiche e dei ulteriori dati che accompagnano l'esame.

In particolare dati relativi alla tecnica di acquisizione delle immagini:

- la posizione del paziente
- l'uso e modalità di somministrazione del mezzo di contrasto.
- Ove previsto, vengono registrati anche i dati di dose fornita al paziente durante l'esame.
- Altre info specifiche.

Se le immagini sono in formato DICOM tali dati possono essere forniti al RIS in modo diretto, senza l'utilizzo aggiuntivo di file per evitare la frammentazione delle informazioni.

Processo di Refertazione

Il processo di interpretazione delle immagini per la produzione del referto **viene assistita dal RIS** con le seguenti modalità:

- Gestione della lista delle immagini da refertare, con indicazioni sulle priorità
- Visualizzazione della scheda radiologica del paziente
- Visualizzazione dei referti degli esami precedenti archiviati

Il referto compilato mediante il RIS ha una struttura di questo tipo:

- Descrizione dell'esame effettuato (prodotta automaticamente dal RIS);
- Codice dell'esame
- Descrizione dei segni radiologici rilevati sull'immagine;
- Ipotesi diagnostica e diagnosi differenziale;
- Codifica diagnostica; Anche nella parte più strettamente clinica, il RIS può offrire un contributo nella compilazione del referto grazie alla possibilità di richiamare testi pre memorizzati in funzione del tipo di patologia.

Archiviazione

Il RIS si occupa altresì **della conservazione delle informazioni raccolte** durante tutto il processo diagnostico. Tali informazioni potranno essere acceduti per fini statistici, amministrativi o dal RIS stesso nelle varie fasi come visto in precedenza.

Per l'archiviazione delle immagini si usa un sistema informativo aggiuntivo chiamato PACS che vedremo in seguito.

Generalmente i referti sono mantenuti on-line dal RIS per un certo numero di anni, poi vengono spostati off-line su supporti di storage per l'archiviazione di lungo termine.

Firma e Stampa

Completato il processo di refertazione ed archiviazione il radiologo che ha effettuato l'indagine valida il documento finale con la firma autografa o se previsto con firma digitale.

E' quindi possibile stampare il referto corredato dalle immagini pronto per la consegna al paziente

Statistiche Amministrative

Il RIS consente quindi di effettuare statistiche di tipo amministrativo al fine di identificare con precisione il numero e la tipologia degli esami eseguiti e l'attribuzione degli stessi ai diversi reparti all'interno dell'ospedale.

Questo consente una più attenta pianificazione delle attività e dei rifornimenti-

Consumo/Magazzino/Apparecchiature

Tramite le informazioni raccolte dal RIS è possibile effettuare una gestione ottimizzata delle apparecchiature

- Monitoraggio della manutenzione.
- Notificate per ogni apparecchiatura, il relativo stato d'uso, il carico di lavoro, i tempi di fermo
- Monitoraggio del materiale dal magazzino.

Software OpenSource

- <http://envoyris.website/#request-demo>

DICOM

DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine, immagini e comunicazione digitali in medicina) è uno standard che definisce i criteri per la comunicazione, la visualizzazione, l'archiviazione e la stampa di immagini mediche e radiologiche

Sviluppato da numero organizzaizoni internazionali quali

l'**American College of Radiology (ACR)** e la **National Electrical Manufacturers Association (NEMA)**, [CEN TC251](#) in Europa e il [JIRA](#) in Giappone, [IEEE](#), [HL7](#) ed [ANSI](#).

DICOM nasce in risposta **al bisogno di un metodo per lo scambio dell'informazione associata alle immagini digitali**, indipendentemente dal produttore del dispositivo che l'ha prodotta.

DICOM

Lo standard DICOM ha conosciuto diverse versioni:

- 1986 DICOM 1.0
- 1988 DICOM 2.0
- 1993 DICOM 3.0

Lo standard attuale DICOM 3.0, è orientato allo scambio dati su rete

DICOM

DICOM può essere definito come **uno standard sia di archiviazione che messaggistica**, in particolare:

- **DICOM network protocol:** specifica in che modo devono essere scambiate le informazioni tra diversi sistemi software ed hardware
- **DICOM file format:** specifica la struttura dei file contenenti immagini al fine di poter essere trattati da sistemi diversi in maniera interoperabile.

DICOM Network Protocol

Lo standard DICOM utilizza un modello di astrazione Object Oriented tipico della moderna programmazione informatica.

DICOM utilizza una architettura **Client/Server** per cui si suppone di avere sulla rete uno o più servizi DICOM che possono essere interrogati ed ai quali è possibile far richieste.

DICOM è **compatibile con la suite di protocolli TCP/IP** quindi non necessita di una rete proprietaria.

DICOM Network Protocol

Ogni entità del mondo reale viene definita **come un oggetto**: ricovero, un'immagine, un paziente etc

Ogni oggetto contiene **una serie di attributi**, per esempio l'oggetto paziente conterrà gli attributi dati anagrafici, data di ricovero.

Definiti gli oggetti e tutti i loro attributi, DICOM definisce **quali operazioni possono essere eseguite e su quali oggetti**.

Tali operazioni sono chiamate DIMSE service (Dicom Message Service) e vengono generalmente differenziate da due classi di servizio: composta "**DIMSE-C**" e normalizzata "**DIMSE-N**".

La combinazione di un oggetto ed i corrispettivi servizi (DIMSE) prende il nome di SOP (Service Object Pair). L'insieme delle SOP relative ad un unico oggetto formano una **SOP Class**.

DICOM Message Services (DIMSE)

I DICOM Message Services si dividono in due gruppi:

- Composite Services **DIMSE-C**
- Normalized Services **DIMSE-N**

I servizi composite sono stati ideate per mantenere la compatibilità con le vecchie version degli standard ACR-NEMA

DICOM Composite Services

I composite service sono:

C-STORE storage (salvare un imagine)

C-FIND query (cercare un imagine)

C-GET retrieval (scaricare un imagine)

C-MOVE transfer (spostare un imagine)

I servizi composti sono utili anche per altri tipi di informazioni, come ad esempio i referti.

I servizi composite **non includono un servizio di aggiornamento**. Questa omissione fu intenzionale. Nelle prime versioni dello standard per ridurre la possibilità di modificare un record di immagini. Dal momento che l'alterazione dei documenti medici è ovviamente proibita, gli emendamenti di relazioni di interpretazione originali vengono tipicamente emessi come nuovi documenti.

DICOM Normalized Services

I servizi normalizzati sono stati progettati per fornire una più ampia funzionalità di gestione delle informazioni.

I servizi normalizzati sono stati previsti per l'utilizzo con record che rappresentano le proprietà di un'unica entità del mondo reale, mentre i servizi compositi sono stati utilizzati inizialmente solo con documenti (immagini) che contengono informazioni derivate da più di un'entità del mondo reale (ad es. Dati di pixel, attrezzature e numero di identificazione del paziente).

I servizi normalizzati supportano le operazioni di gestione delle informazioni di base:

N-CREATE – Creare un oggetto

N-DELETE – Eliminare un oggetto

N-SET- Aggiornare

N-GET – Scaricare un oggetto

N-ACTION – Azioni specifiche di un sottosistema come "stampare un foglio di pellicola"

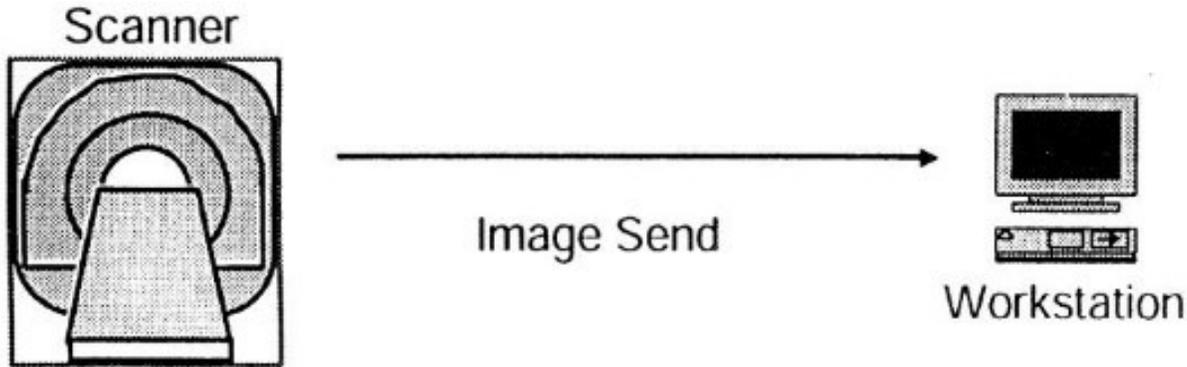
N-EVENT_NOTIFY Servizio di Notifica

DICOM Normalized Services

DICOM Service Classes Supportano 5 aree di applicazione che sono:

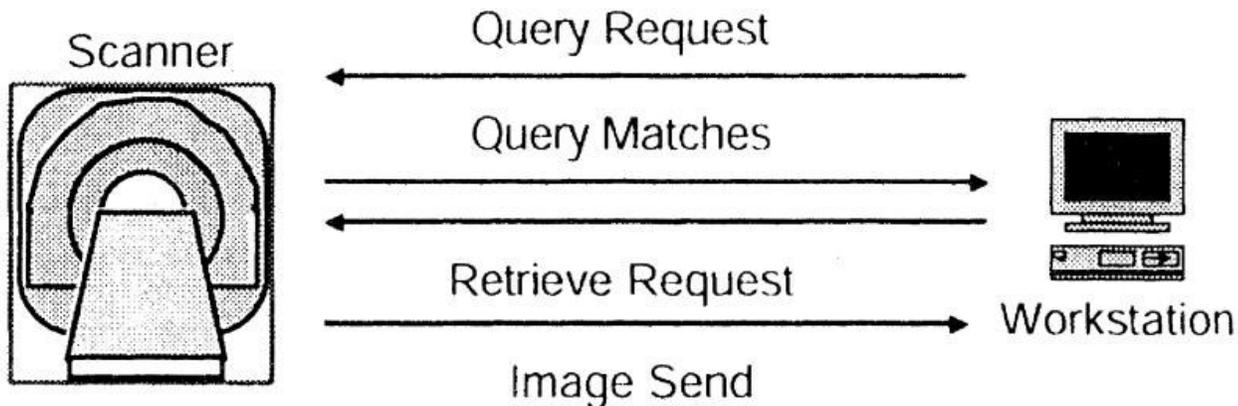
1. Network image management
2. Network image interpretation management
3. Network print management
4. Imaging procedure management
5. Off-line storage media management

1. Network Image Management

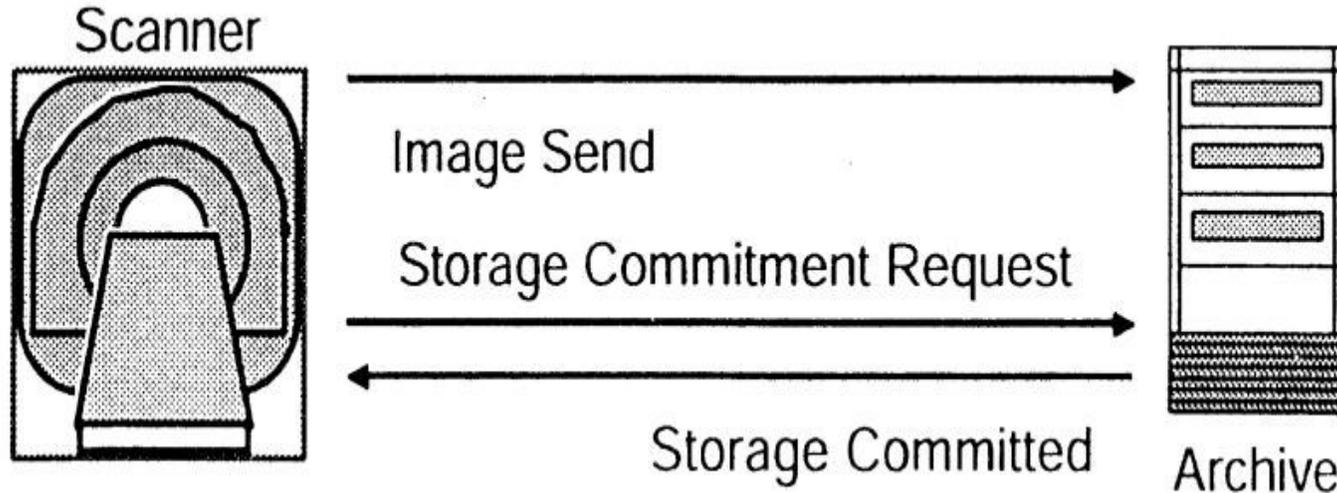


DICOM supporta due contesti generali di interazione tra i dispositivi di imaging: modalità push e pull mode. Il servizio di base è la modalità "push", in cui un dispositivo invia semplicemente immagini ad un altro dispositivo tramite la rete.

La "Modalità pull" è un processo più elaborato a due fasi che consente all'utente di interrogare un dispositivo remoto e di recuperare le immagini selezionate



1. Network Image Management



Reliable storage (conservazione affidabile o a lungo termine) E' un'estensione del servizio di archiviazione DICOM di base (Push model). Dopo l'invio di un insieme di immagini a un dispositivo di archiviazione, l'operatore dello scanner invia un messaggio di richiesta di archiviazione.

- In primo Step, il messaggio richiede al dispositivo di archivio di verificare che tutte le immagini desiderate siano state ricevute.
- In secondo Step il messaggio richiede che il dispositivo di archiviazione si assume la responsabilità per la conservazione delle immagini, in modo che lo scanner possa, ad esempio, eliminare le proprie copie locali delle immagini.

2. Network Image Interpretation Management

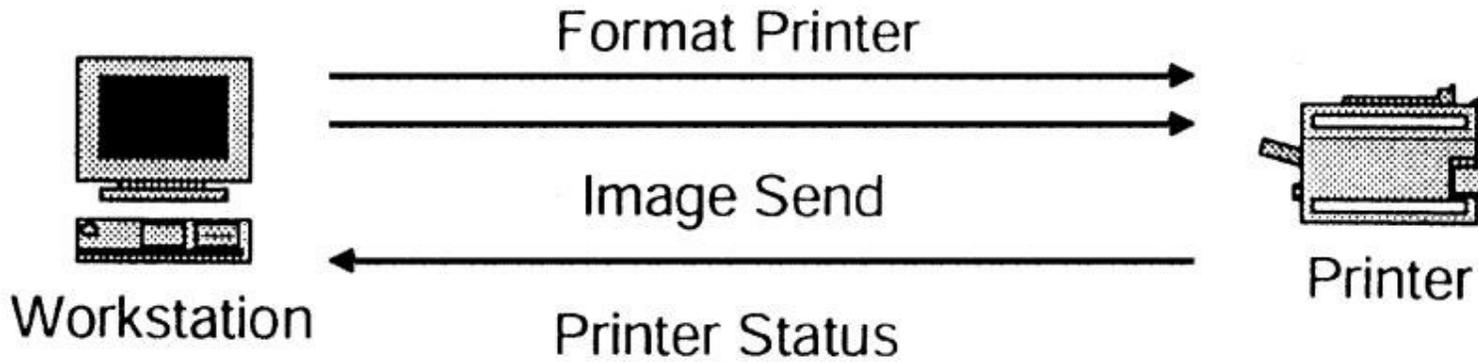
Il Network Image Interpretation Management è un servizio di archiviazione delle interpretazioni delle immagini ed è un'estensione di DICOM (supplemento 23)..

Un esempio di SOP di interpretazione strutturata trasmette osservazioni che costituiscono una parte dei risultati di una procedura di imaging.

Le osservazioni possono essere legate ad altre osservazioni attraverso relazioni di tipo specifico di relazione.

Il **Supplement 23** introduce la capacità di collegare i concetti di testo, codice e di misura a set di coordinate (ossia, osservazioni di collegamento alle caratteristiche dell'immagine che hanno evocato i giudizi degli osservatori).

3. Network Print Management



DICOM Network Print Management consente ai dispositivi di acquisizione immagini e alle stazioni di lavoro di condividere una stampante su una rete DICOM simile al modo in cui i personal computer condividono una stampante laser in rete.

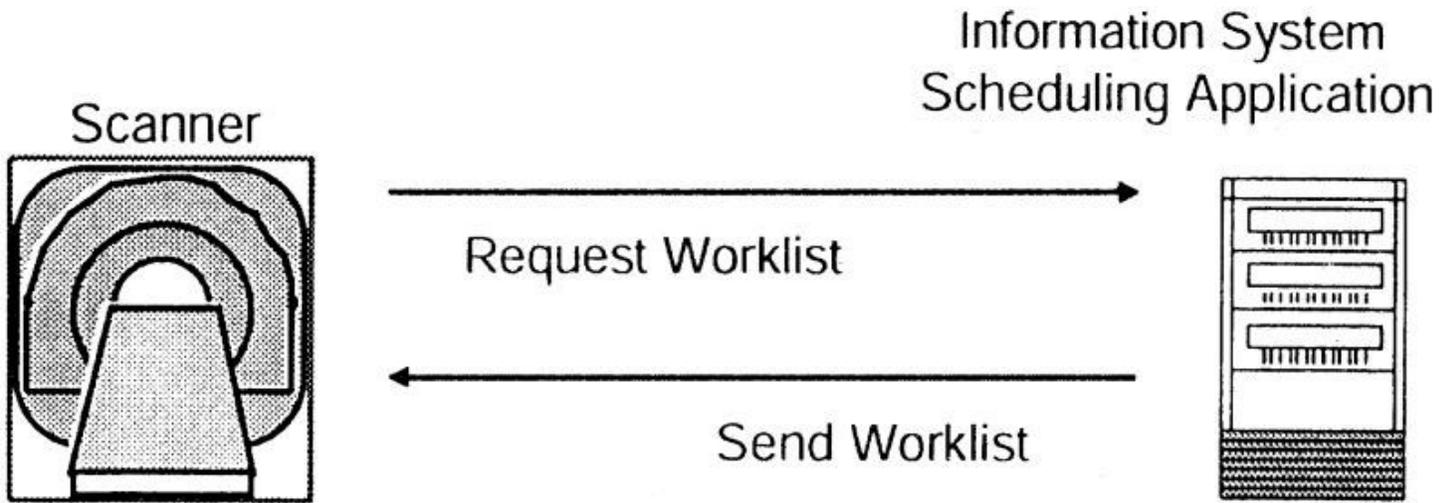
La specifica DICOM Print Management definisce un insieme di funzioni obbligatorie e alcune estensioni facoltative.

Le classi SOP meta obbligatorie supportano

- (1) la stampa di base in scala di grigi
- (2) la stampa a colori di base
- (3) la stampa in scala di grigi con il miglioramento della tabella di ricerca
- (4) la stampa a colori con il miglioramento della tabella di ricerca.

Almeno una delle quattro classi SOP meta obbligatorie deve essere implementata per richiedere la conformità allo Standard.

4. Imaging Procedure Management



Otteni una Worklist, ovvero è un'elenco dettagliato delle procedure di imaging che devono essere eseguite su uno scanner particolare o su uno apparecchio specifico. Le richieste originali per le procedure di imaging vengono prima ricevute e elaborate da un sistema informativo. L'applicazione di ordinazione e/o pianificazione delle procedure di pianificazione del sistema informativo prepara liste di lavoro per l'attrezzatura di imaging appropriata.

A intervalli periodici (determinati dalla politica dei reparti) lo scanner esegue il polling del sistema di informazione per una lista di lavoro aggiornata. Al ricevimento di una richiesta di liste di lavoro, il sistema di informazione invia la lista di lavoro corrente allo scanner.

5. Off-line Storage Media Management

DICOM Off-line Storage Media Management consente agli utenti di scambiare manualmente i file DICOM su supporti di memorizzazione rimovibili. Esiste un formato di file DICOM per dischetti da 3,5 pollici, dischi compact disc (CD-ROM) e dischi ottici. Un file DICOM può includere non solo le immagini ma anche le relative informazioni che distingue un'immagine da un altro (ad esempio dettagli relativi alla procedura eseguita, testo di interpretazione o impostazioni di formato per la stampa). La possibilità di inviare informazioni relative alle immagini è una delle caratteristiche più importanti che distinguono DICOM dai molti standard di file immagine limitati ai soli dati di immagine.

DICOM definisce un formato di file e una directory di file per immagini e informazioni correlate. Gli utenti possono specificare i tipi preferenziali di supporti fisici per il trasporto dei file DICOM per un particolare contesto clinico di immagini (ad esempio, angiografia coronaria, ultrasuoni diagnostici generali, endoscopia gastrointestinale).

Altre possibili applicazioni di DICOM Off-line Storage Media Management sono il trasporto di immagini diagnostiche da un'unità di imaging portatile a un dipartimento di consulenza o da una workstation diagnostica a una sala conferenze clinica.

L'applicazione dello Standard DICOM

Come è tipico nell'industria di calcolo generale oggi, DICOM utilizza il concetto di "client-server computing" come modello organizzativo per specificare quali funzioni i dispositivi e gli agenti software devono eseguire.

DICOM è stato scritto in termini di service-class-users (clients) e service-class-providers (servers).

Una delle ragioni per cui DICOM ha avuto successo in una vasta gamma di contesti clinici di imaging è che viene introdotta una specifica **dichiarazione di conformità allo Standard** che migliora la comunicazione delle specifiche software per le apparecchiature di imaging.

La **DICOM Conformance Statement** fornisce un mezzo per consentire a un cliente di valutare in dettaglio se un determinato prodotto fornisce le funzioni di gestione delle immagini desiderate e che un fornitore può specificare la descrizione precisa delle funzioni di gestione delle immagini DICOM fornite dalle apparecchiature in vendita. **Lo scopo della conformità è creare degli oggetti "plug and play"**

L'applicazione dello Standard DICOM

N.B. Si comunque deve tenere presente che una semplice pubblicità che indica che un pezzo di apparecchiature "conforme a DICOM" **non garantisce solo che il costruttore abbia aderito allo Standard.**

Si deve assicurare che il costruttore fornisca apparecchiature che funzionino esattamente nel modo specificato nella dichiarazione di conformità.

Necessaria una consulenza esperta per la corretta definizione di un contratto di acquisto per apparecchiature di imaging.

Un professionista sanitario senza esperienza nei sistemi di imaging digitale non dovrebbe aspettarsi di trovare la guida completa per le specifiche di rete delle immagini "plug and play" nel DICOM Standard.

Mentre questo può essere visto da alcuni come una carenza di DICOM, è in realtà un riflesso della complessità dell'immagine diagnostica di per sé.

I numerosi moduli e le opzioni configurabili dall'utente forniti da DICOM supportano un'enorme varietà di contesti di pratica clinica.

Lo Standard fornisce un mezzo per un esperto di specificare sistematicamente le funzioni di gestione delle immagini di un determinato sistema.

L'applicazione dello Standard DICOM

Il primo requisito che bisogna controllare quando si sceglie un prodotto è **la dichiarazione di conformità al DICOM.**

Passo successivo è **l'integrazione tra sistemi che supportano DICOM** (si parla di System Integration)

Supponiamo due sistemi ipotetici: A e B che desideriamo collegare tramite DICOM.

Se esaminiamo la dichiarazione di conformità per questi sistemi ci sono diversi casi in cui può verificarsi incompatibilità alcune ovvie:

Ad esempio, se entrambi i sistemi supportano la memoria DICOM ma A supporta solo immagini MR (Magnetic Resonance) e B solo immagini CT (Tomografia computerizzata) , i due sistemi non saranno in grado di comunicare.

Allo stesso modo, se A usa DICOM su TCP / IP su una Ethernet e B utilizza DICOM su un protocollo di protocollo ISO su un FDDI, la comunicazione è impossibile.

Le differenze più sottili sono altrettanto significative. Ad esempio, se entrambi i sistemi supportano l'archiviazione di immagini CT utilizzando la stessa pila di comunicazione, sembra che possano parlare; tuttavia, se entrambi indicano che possono svolgere solo il ruolo degli utenti di servizi (entrambi sono client), la comunicazione è infatti impossibile.

Connettere Imaging Equipment ad un Information Systems

DICOM consente agli operatori di inserire dei Workflow (elenchi di procedure di imaging che sono previste per la loro apparecchiatura). Questa funzionalità riduce l'immissione di dati duplicati nella console di modalità. L'interfaccia di lavoro di modalità DICOM consente anche all'utente di interrogare un altro sistema di informazioni sui dettagli aggiuntivi di una procedura richiesta o su un paziente.

Lo sviluppo di questa componente di lavoro di modalità del DICOM Standard è stato avviato da un gruppo di lavoro del Comitato europeo di normalizzazione.

Questa parte di DICOM è ora un standard o un pre-standard in Europa, Giappone e Stati Uniti.

Le specifiche dei Workflow della modalità DICOM vengono mappate al sistema di informazioni generali di livello sanitario (HL7) . Gli utenti dei sistemi DICOM beneficeranno di questo lavoro di mappatura HL7-DICOM, poiché la maggior parte dei fornitori di sistemi informativi ospedalieri forniscono già interfacce HL7 per i loro sistemi di gestione e demografia dei pazienti.

DICOM file Format

I dati radiologici rappresentabili come immagini o le immagini vere e proprie che vengono archiviate secondo lo standard DICOM sotto forma di file vengono comunemente chiamate immagini DICOM.

Il DICOM file Format descrive **come incapsulare i dati relativi ad un immagine e definisce come questi debbano essere codificati o interpretati.**

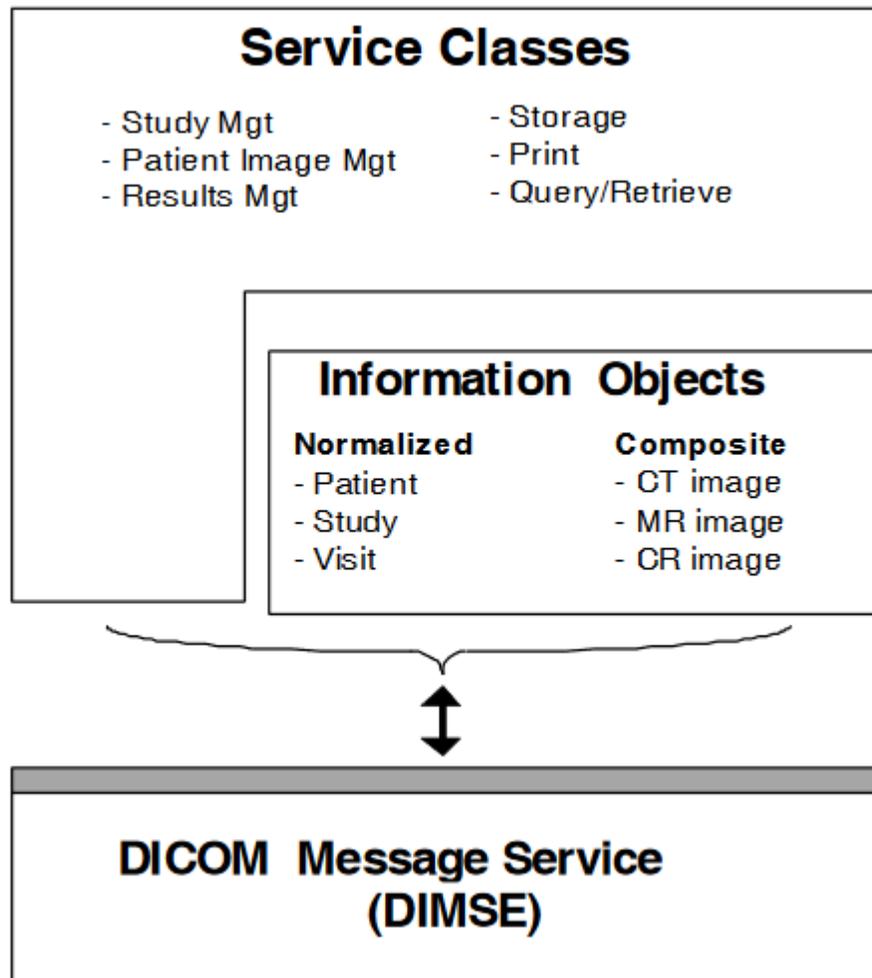
La maggior parte delle volte, l'immagine viene archiviata in forma non compressa, secondo la codifica con la quale viene prodotta, ma esistono molti software che sono in grado di produrre o interpretare file DICOM contenenti dati compressi secondo vari algoritmi (JPEG, JPEG Lossless, JPEG2000).

Un file DICOM oltre all'immagine vera e propria, include anche una intestazione. Le informazioni contenute nell'intestazione DICOM sono molteplici, per esempio

- Anagrafica del paziente
- Il tipo di scansione
- Posizione e dimensione dell'immagine

Le la dimensione dell'intestazione varia a seconda della quantità di informazioni memorizzate. Tutte le informazioni memorizzati nell'intestazione vengono catalogate in gruppi di elementi, detti anche "Tag DICOM" .

DICOM file Format (TAG)



Element	Name	Data
(0002,0001)	File Meta Information Version	00\01
(0002,0002)	Media Storage SOP Class UID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4
(0002,0003)	Media Storage SOP Instance UID	1.3.6.1.4.1.14519.5.2.1.2103.7010.280634463605603242351565655398
(0002,0010)	Transfer Syntax UID	1.2.840.10008.1.2.1
(0002,0012)	Implementation Class UID	1.2.40.0.13.1.1.1
(0002,0013)	Implementation Version Name	dcm4che-1.4.34
(0008,0005)	Specific Character Set	ISO_IR 100
(0008,0008)	Image Type	ORIGINAL\PRIMARY\MND
(0008,0012)	Instance Creation Date	19970727
(0008,0013)	Instance Creation Time	142927.390000
(0008,0016)	SOP Class UID	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.4
(0008,0018)	SOP Instance UID	1.3.6.1.4.1.14519.5.2.1.2103.7010.280634463605603242351565655398
(0008,0020)	Study Date	19970727
(0008,0021)	Series Date	19970727
(0008,0022)	Acquisition Date	19970727
(0008,0023)	Content Date	19970727
(0008,0030)	Study Time	134543.250000
(0008,0031)	Series Time	142927.390000
(0008,0032)	Acquisition Time	142000.167500
(0008,0033)	Content Time	142927.390000
(0008,0050)	Accession Number	
(0008,0060)	Modality	MR
(0008,0070)	Manufacturer	SIEMENS
(0008,0090)	Referring Physician's Name	
(0008,1030)	Study Description	Breast CE
(0008,103E)	Series Description	twist_20s_dyn_TRA (h20 ex B17)_TT=99.3s
(0008,1090)	Manufacturer's Model Name	TrioTim
(0010,0010)	Patient's Name	QIN-Breast-DCE-MRI-BC10
(0010,0020)	Patient ID	QIN-Breast-DCE-MRI-BC10
(0010,0030)	Patient's Birth Date	
(0010,0040)	Patient's Sex	F
(0010,1010)	Patient's Age	065Y
(0010,1030)	Patient's Weight	79.3786748475
(0012,0062)	Patient Identity Removed	YES

Esempi di file DICOM

<https://imaging.nci.nih.gov/ncia/login.jsf>

PACS

Il Picture Archiving and Communication System (PACS) è un Sistema dedicato all'archiviazione, trasmissione e visualizzazione delle immagini diagnostiche digitali e dei referti

Esso si compone di

- un sistema hardware adatto alla conservazione delle immagini
- un sottosistema software in grado di parlare con altre componenti

PACS

Un sistema PACS si compone di:

- Sistema di archiviazione utilizzato per conservare dati e immagini e gestirle tra le varie componenti che interagiscono.
- Sistema una di visualizzazione, che presenta l'immagine diagnostica su speciali monitor dai quali effettuare la diagnosi;

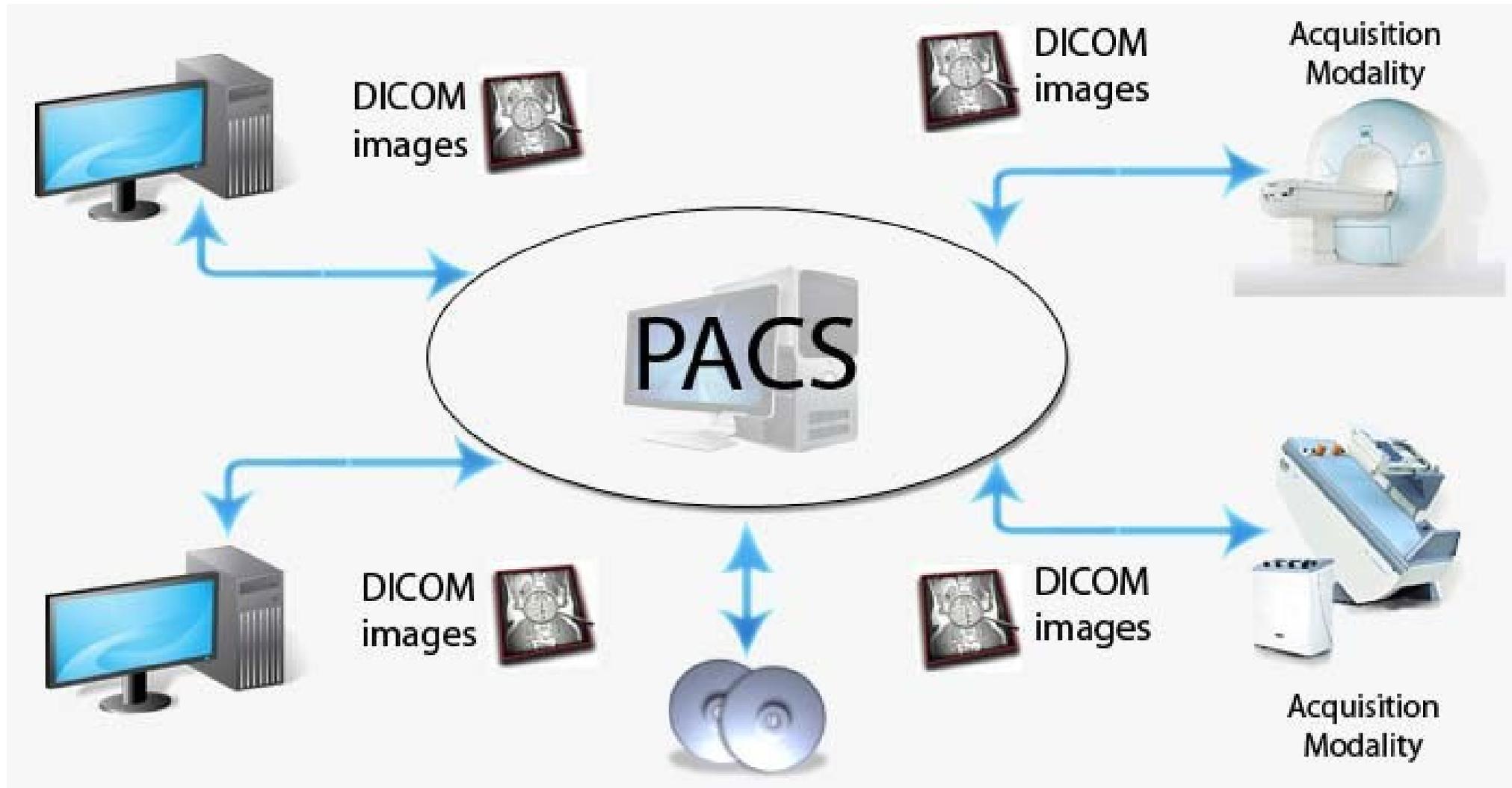
I sistemi PACS più evoluti consentono di eseguire elaborazioni complesse delle immagini, come per esempio le ricostruzioni 3D.

PACS

I Sistemi PACS comunicano con gli altri attori del flusso radiologico (HIS, RIS, Aparecchiature) utilizzando di solito i relativi profili IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) tramite lo standard HL7 (Health Level 7).

In particolare il PACS si integra con il sistema informatico radiologico o RIS (Radiology Information System), che rappresenta il software gestionale della Radiologia

PACS Integration



PACS

Il protocollo per la trasmissione delle immagini è il DICOM il quale permette di trattare anche delle informazioni testuali.

I primi sistemi di PACS, furono creati per gestire le TAC , i moderni sistemi vengono utilizzati per tutte le immagini radiologiche digitali ed analogiche digitalizzate.

Il PACS garantisce che le immagini non siano modificate, al fine di poter risalire all'originale trasmesso dalla modalità;

In caso di elaborazione dell'immagine, essa viene registrata in aggiunta alle altre immagini.

Sono ammesse compressioni senza perdita di dati (lossless) per diminuire lo spazio occupato su disco.

Proprio per garantire che ogni immagine immagazzinata nel PACS sia effettivamente quella generata dalla modalità durante l'esame, spesso il PACS spedisce tutti gli oggetti DICOM ad un sistema di archiviazione legale.

PACS

I nuovi sistemi PACS utilizzano architetture client/server con interfacce di tipo web.

L'applicazione risiede su un server, permettendo un semplice accesso alle immagini con il solo utilizzo di un browser sul proprio computer, senza necessità di installazioni specifiche.

Per la semplice distribuzione delle immagini sia nei reparti che all'esterno dell'ospedale il computer può essere un normale desktop, mentre per la diagnosi la stazione di lavoro dovrà avere sufficiente RAM per contenere tutte le immagini sotto esame e una appropriata scheda grafica, in grado di pilotare i monitor diagnostici ad alta risoluzione (anche fino a 5 Megapixel, per gli esami mammografici), oltre ad un processore potente, per la veloce manipolazione di immagini che possono raggiungere i 20 MB l'una.

PACS

Nei primi sistemi PACS le immagini venivano archiviate immediatamente su memoria locale ad accesso veloce (on-line) per poi essere spostate dopo 3 - 6 mesi, su DVD all'interno di un «juke-box», da dove potevano essere richiamate in automatico in caso di necessità senza intervento umano (near-line), ma con tempi di risposta notevolmente superiori.

I DVD più vecchi venivano quindi rimossi dal sottosistema near-line e immagazzinati in armadi ignifughi (off-line): in caso di necessità, gli esami potevano essere immessi nuovamente nel sistema.

Con la diminuzione dei costi delle memorie di massa e con la diffusione di tecnologie Cloud, è diventata prassi mantenere tutte le immagini nella memoria ad accesso immediato secondo il paradigma (everything-on-line) cioè su hard-disk; questo, assieme alle crescenti velocità delle reti, permette un tempo di accesso alle informazioni dell'ordine dei secondi per una singola immagine.

- http://etsrm.it/doc_rubriche/182-017-17_digitale.pdf
- http://medud08.weebly.com/uploads/3/4/2/4/3424799/radiologia_digitale_versione_ridotta_2012.pdf
- https://www.researchgate.net/publication/285579419_Acceptance_testing_and_quality_control_of_photos_timulable_storage_phosphor_imaging_systems_Report_of_AAPM_Task_Group_10/figures?lo=1
- https://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwjuu_ftjsHWAhUNnRQKHU2VBeAQFghOMAg&url=http%3A%2F%2Fcourse.zju.edu.cn%2F532%2Fstudy%2Fresource%2Fpdf%2FAn%2F520Introduction%2520to%2520HIS.ppt&usg=AFQjCNG_PAhdpuuqbSVE7ELNvooovzVXwg
- <http://servizi1.univpm.it/sites/default/files/private/Lezione%204%20-%20RIS%20PACS.pdf>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC61235/>
- https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3452436/pdf/10278_2009_Article_BF03168632.pdf
- <http://dicomiseasy.blogspot.it/2012/06/modality-performed-procedure-step.html>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3046723/>
- <http://staff.icar.cnr.it/cannataro/didattica/2013-2014/InformaticaMedicina/InformaticaMedica/03-HL7.pdf>

MPPS

- Modality Performed Procedure Step (MPPS) introduced by the Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) standard enables efficient workflow in radiology, accuracy, and completeness of imaging information. Introduced a few years ago, MPPS is a network transaction initiated by modality equipment mainly at the beginning and at the end of the acquisition. The MPPS transaction is sent to the Picture Archiving and Communication System (PACS) and/or the Radiology Information System (RIS). This transaction carries information about what really has been performed by the modality equipment during acquisition. What is performed can be exactly what has been planned and scheduled, or it can be different.
- We will present MPPS and discuss its benefits. Modality Performed Procedure Step enables efficient radiology workflow and rapid turnaround; MPPS also helps ensure the accuracy and completeness of information, as it enables the acquisition of erroneous and unplanned data to be signaled by the acquisition modality, the system that generated that data. Modality Performed Procedure Step is much more than simply replacing a RIS workstation with the acquisition modality.

- **Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)** è un'organizzazione internazionale [no-profit](#) con sede in [illinois^{\[1\]}](#) che lavora in sinergia con altre associazioni legate alla sanità (ACR, [NEMA](#), EAR, ECR, [SIRM](#), ecc.) per promuovere l'uso di [standard](#) informatici già definiti in ambito medicale, allo scopo di condividere dati ed informazioni.