

SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI

A.A. 2025-26

Ing. Paolo Querci

ING-INF-05

Lezione 5

Cosa impareremo oggi

Vedremo come funzionano le principali tecnologie di accesso a Internet – **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line), **FTTC** (Fiber To The Cabinet) e **FTTH** (Fiber To The Home) – e perché la stabilità è fondamentale.

Analizzeremo le differenze tra **router**, **firewall** e **switch**, e vedremo perché una rete clinica richiede configurazioni più evolute.

Introdurremo infine gli standard **HL7** (Health Level 7) e **DICOM** (Digital Imaging and Communications in Medicine).

Perché le reti sono fondamentali per la diagnostica per immagini

Ogni esame radiologico produce informazioni che devono essere trasferite in modo rapido e **affidabile**. Una radiografia o una CBCT (Cone beam computed tomography – tomografia computerizzata a fascio conico) generano sia immagini che **metadati clinici** che identificano il paziente e il tipo di esame.

Quando la rete è lenta o instabile, l'invio verso il PACS (**Picture Archiving and Communication System**) può richiedere molto tempo o fallire.

Per questo le reti non sono un dettaglio tecnico, ma una parte essenziale del **workflow diagnostico**.

Connessione Internet negli studi e negli ospedali

Le strutture sanitarie utilizzano Internet per inviare immagini al PACS, accedere ai sistemi regionali, consultare referti, e gestire teleconsulti.

Una connessione lenta o con basso upload compromette l'invio delle immagini, soprattutto nei formati DICOM, che possono pesare decine o centinaia di megabytes.

Per questo è essenziale comprendere le differenze tra tecnologie come ADSL, FTTC e FTTH.

Reti cliniche interne (LAN, VLAN, Wi-Fi)

All'interno della struttura sanitaria, i sistemi comunicano tramite la **LAN** (Local Area Network), che collega PC, diagnostiche, server e workstation.

Una LAN clinica deve essere **stabile**, **veloce** e **segmentata** tramite **VLAN** (Virtual LAN), per separare amministrazione, diagnostica e rete ospiti.

Il Wi-Fi (Wireless Fidelity) può essere usato, ma solo con configurazioni sicure e dedicate.

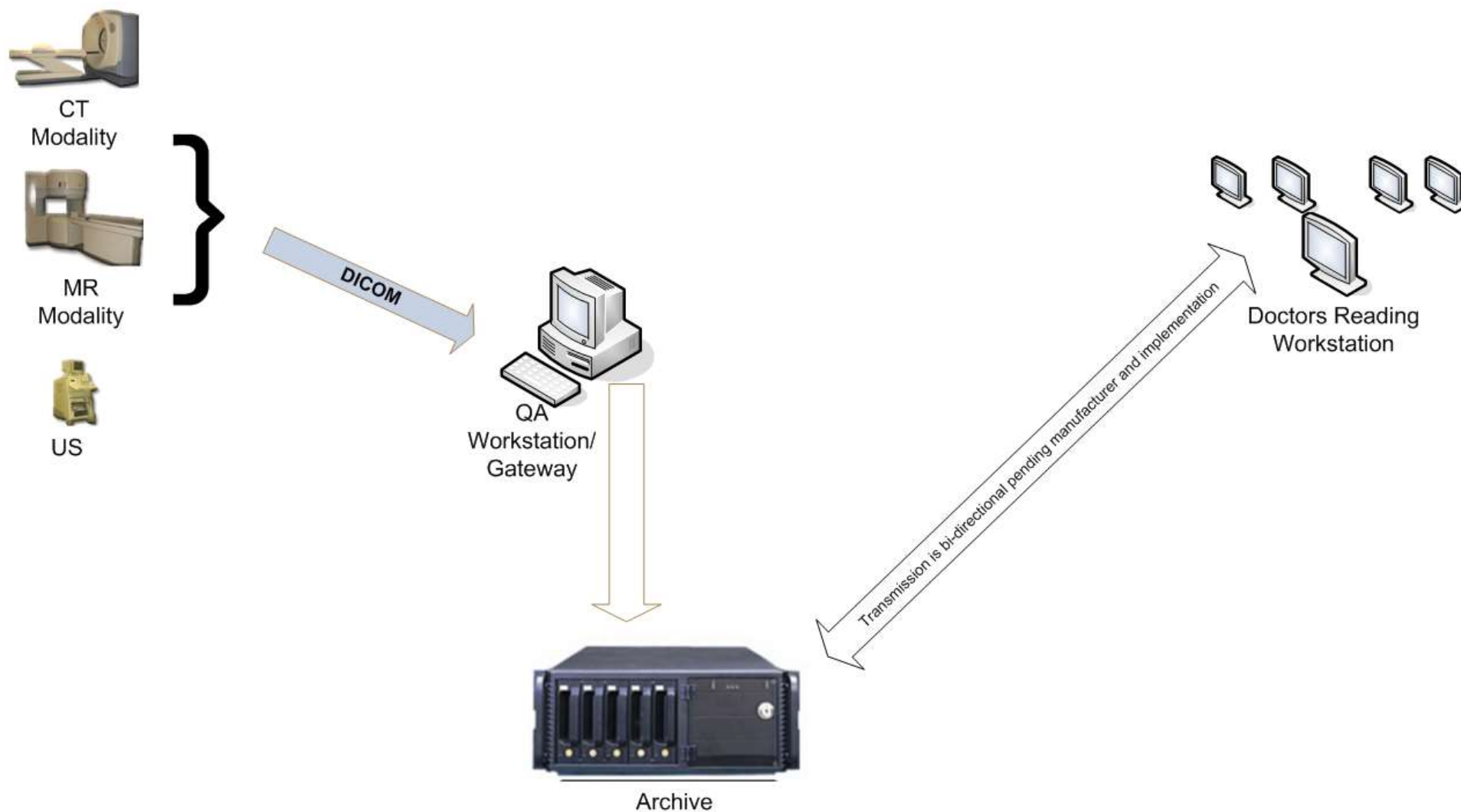
Flussi sanitari: cosa succede quando si fa un esame

Quando viene effettuato un esame, i sistemi coinvolti generano un flusso composto da: richiesta, acquisizione, invio, archiviazione e refertazione.

Un errore nella rete può interrompere la comunicazione con il RIS (**Radiology Information System**) o con il PACS, causando ritardi e errori.

Capire i flussi sanitari significa capire come dialogano tra loro RIS, PACS e workstation.

Flussi sanitari: cosa succede quando si fa un esame



HL7 e DICOM: cosa sono e perché servono

Gli standard regolano lo scambio di informazioni in sanità.

- **HL7** (Health Level 7) gestisce dati clinici: anagrafiche, richieste, risultati.
- **DICOM** (Digital Imaging and Communications in Medicine) gestisce immagini e metadati.

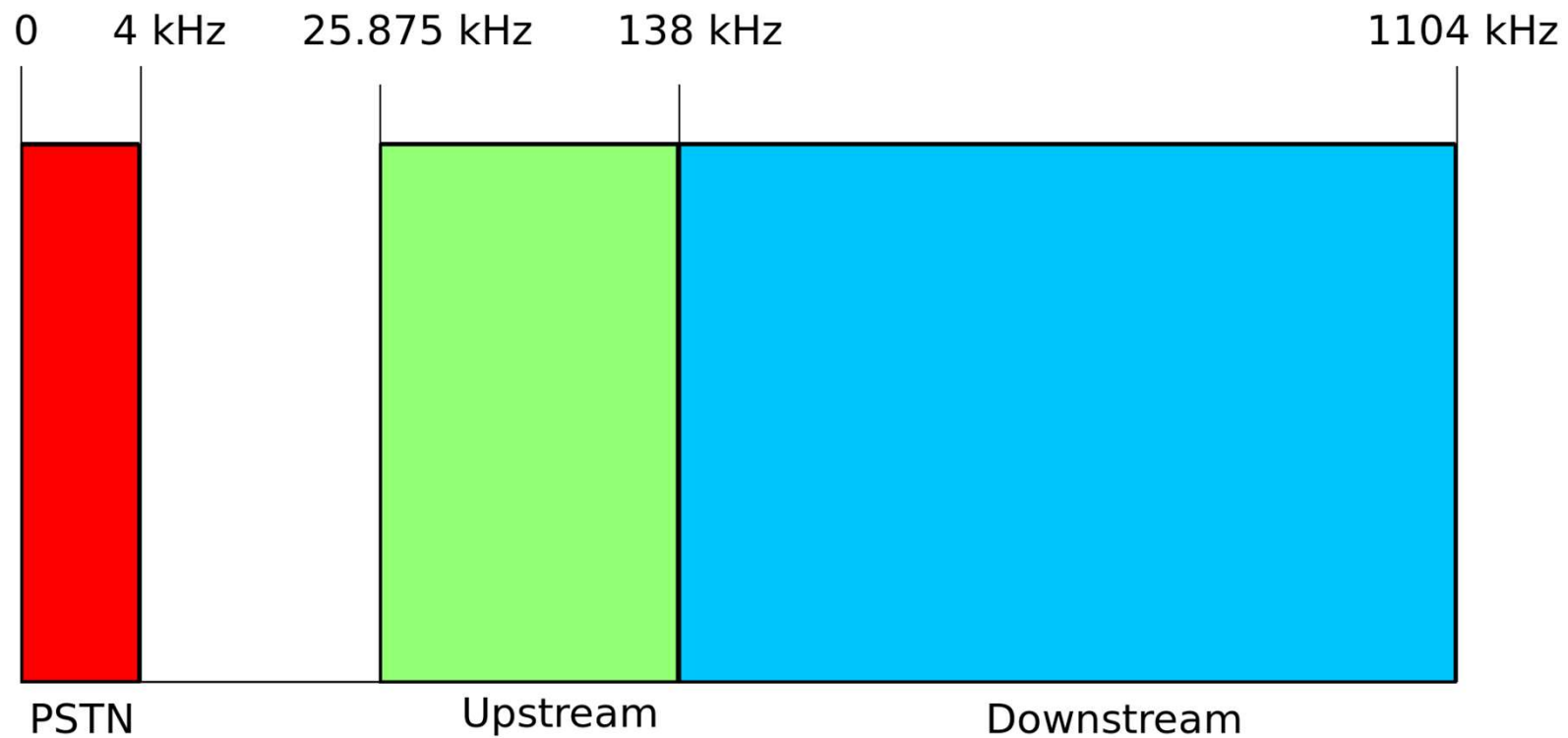
Senza questi standard, ogni sistema parlerebbe un linguaggio diverso, impedendo l'interoperabilità.

Cos'è una connessione ADSL

La tecnologia **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)** utilizza il doppino telefonico in rame, una infrastruttura nata per la fonia e non per il trasporto dati. Questo comporta limiti strutturali importanti: la banda disponibile è fortemente sbilanciata a favore del download, mentre l'upload – fondamentale in ambito sanitario – resta estremamente ridotto.

L'ADSL soffre anche di attenuazione del segnale, interferenze, variazioni di velocità durante le ore di punta e degrado del rame. Per uno studio dentistico moderno, che invia immagini pesanti e referti digitali, la linea ADSL è una tecnologia ormai **obsoleta** e incapace di sostenere workflow diagnostici affidabili.

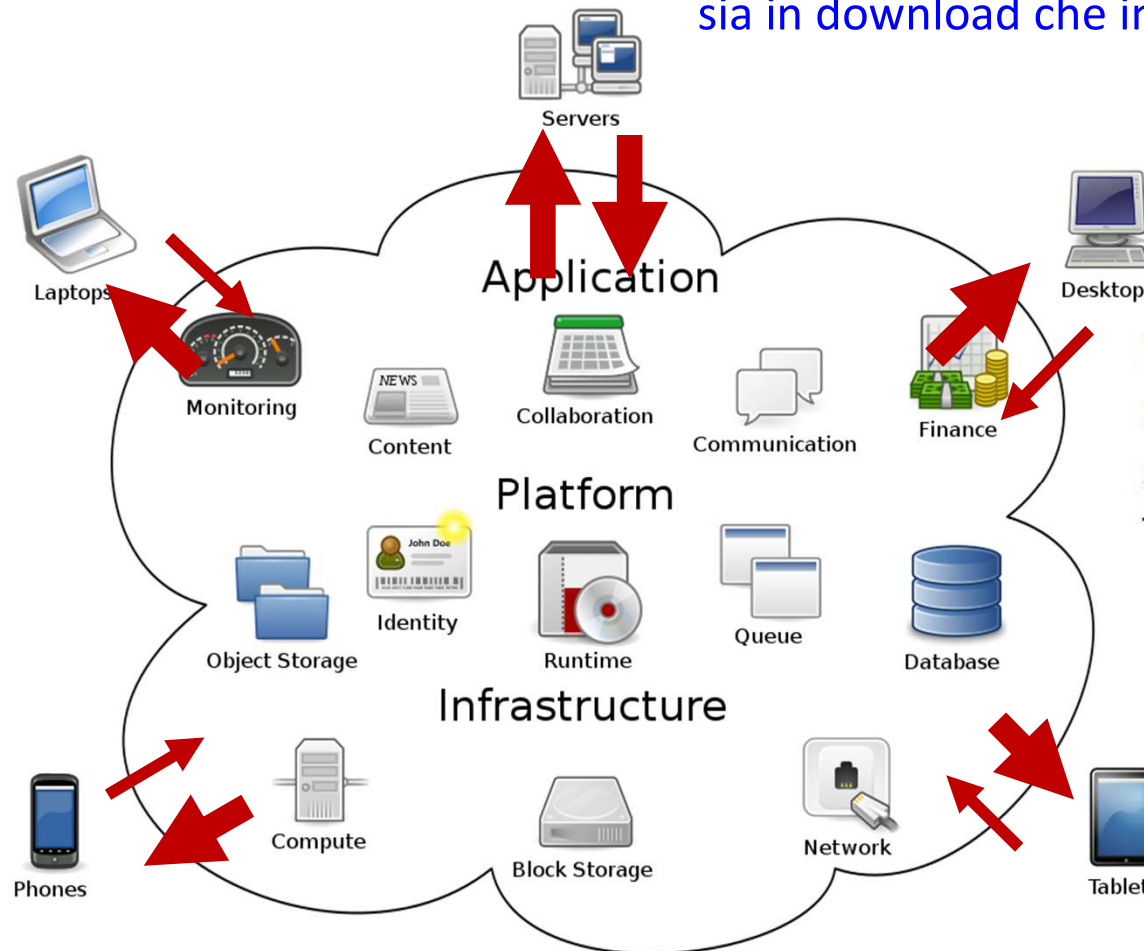
ADSL



PSTN = *Public Switched Telephone Network*

Cloud Computing e ADSL

La larghezza di banda è elevata
sia in download che in upload



La larghezza di banda in
upload è limitata (lo stesso
avviene per Smartphone e
Tablet)

ADSL: vantaggi e limiti pratici

Vantaggi

L'unico vero vantaggio dell'ADSL è la capillarità: è disponibile quasi ovunque e non richiede opere particolari. Inoltre ha costi bassi, risultando una soluzione 'di base' per uffici molto piccoli.

Limiti critici in sanità

L'upload medio di 0.5–1 Mbps rende praticamente impossibile inviare CBCT, panoramiche o serie di immagini DICOM in tempi accettabili. Inoltre il segnale può degradarsi rapidamente con la distanza dalla centrale.

Per queste ragioni, l'ADSL è considerata del tutto **inadeguata** negli ambienti clinici moderni.

Latenza, jitter e packet loss

La qualità della connessione non è solo una questione di “velocità in Mbps”.

Latenza → è il tempo che impiega un pacchetto a raggiungere la destinazione. Una latenza alta può rallentare l’apertura delle immagini su PACS remoti.

Jitter → è la variazione irregolare della latenza nel tempo; causa blocchi e ritardi nel teleconsulto.

Packet loss → è la perdita di pacchetti. Anche una perdita dell’1–2% può rendere instabile la trasmissione dei dati clinici.

Questi parametri sono decisivi per la diagnostica digitale, molto più della velocità nominale.

Velocità nominale vs velocità reale

La velocità dichiarata nel contratto (es. “fino a 1 Gbps”) non coincide quasi mai con la velocità reale percepita durante l’uso clinico.

La banda effettiva dipende da:

- congestione del provider
- qualità del router
- cablaggio interno (cavi vecchi o ossidati)
- interferenze e saturazione del Wi-Fi
- numero di dispositivi collegati

In sanità è fondamentale considerare le prestazioni reali durante l’invio delle immagini, non i valori teorici.

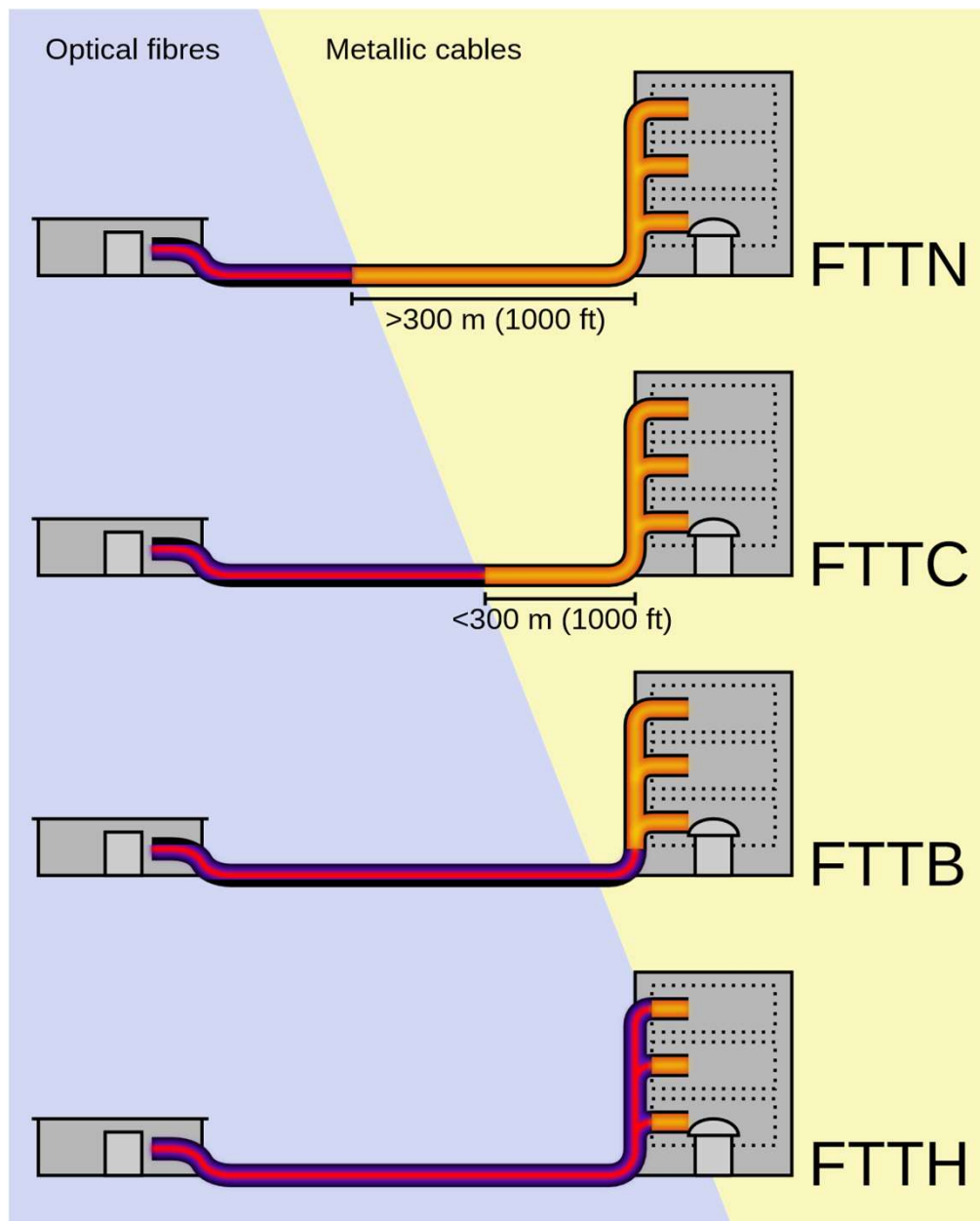
Perché l'upload è più importante del download

Nel contesto dell'imaging digitale, il download serve relativamente poco: riguarda soprattutto l'aggiornamento software o la ricezione di dati amministrativi.

L'upload invece governa aspetti critici:

- invio delle panoramiche
- trasmissione delle CBCT pesanti
- teleconsulto con video + scambio immagini
- backup cloud dei dati clinici

Un upload lento significa ritardi continui, blocchi, rallentamenti nello studio e carico operativo aggiuntivo per il personale.



Rete in fibra ottica

FTTN - *Fiber-to-the-node*

FTTC - *Fiber-to-the-cabinet*

FTTB - *Fiber-to-the-building*

FTTH - *Fiber-to-the-home*

Cos'è la FTTC e perché non è sempre ideale in ambito sanitario

FTTC (Fiber-to-the-Cabinet) porta la fibra solo fino all'armadio stradale; l'ultimo tratto fino allo studio passa su rame (VDSL). Questo comporta che:

- la velocità reale dipende dalla distanza dall'armadio; più è lontano, più la linea degrada.
- il rame introduce variabilità: prestazioni non sempre costanti nel tempo.
- l'upload (invio dati) è spesso molto più limitato del download, e può oscillare.
- anche quando la linea è teoricamente veloce, il rame può essere sensibile a disturbi e rumore.

Perché la FTTC è spesso insufficiente per immagini radiologiche

Le immagini odontoiatriche (CBCT, panoramiche, bite-wing) possono pesare centinaia di MB. Caricarle verso PACS, cloud, radiologi o colleghi richiede banda in upload stabile.

Con FTTC:

- upload tipici: 10–20 Mbps, spesso meno quando il rame è lungo o vecchio;
- tempi reali: una CBCT da 300–400 MB può richiedere 1–3 minuti per il solo invio;
- se più immagini vengono caricate insieme, la rete può saturarsi facilmente;
- la variabilità del rame rende difficile prevedere tempi e stabilità dei caricamenti.

Cos'è una connessione FTTH

La **FTTH (Fiber To The Home)** porta la fibra ottica direttamente dentro la struttura sanitaria, eliminando completamente il tratto in rame. È considerata lo standard ideale per cliniche, ambulatori e studi con imaging digitale evoluto.

Offre velocità molto elevate, maggiore stabilità, minore latenza, e spesso profili simmetrici dove upload e download sono equivalenti. Questo rappresenta un salto qualitativo decisivo per il flusso diagnostico.

Perché la FTTH è preferibile

FTTH (Fiber-to-the-Home) porta la fibra fino allo studio, eliminando completamente il rame. Risultato: massima stabilità e performance prevedibili, cruciali per l'imaging odontoiatrico. Vantaggi concreti:

- **Latenza molto bassa** → consulti remoti più fluidi, workstation PACS più reattive.
- **Jitter quasi nullo** → meno blocchi, meno ritardi nel caricamento/visualizzazione delle immagini.
- **Upload elevato e stabile** → invio rapido di CBCT e panoramiche anche durante attività clinica intensa.
- **Alta stabilità** → meno errori di trasmissione, meno interruzioni, meno ripetizioni di esami.
- **Maggiore scalabilità** → possibilità di aumentare la banda senza limiti del rame.
- **Affidabilità superiore** → ideale per studi con più riuniti o più workstation connesse contemporaneamente.

Quando una connessione "convenzionale" non basta

Ci sono situazioni in cui la connessione, pur funzionando, non è sufficiente per sostenere un flusso clinico moderno.

Sintomi tipici:

- panoramiche che impiegano minuti per essere caricate
- teleconsulto che si blocca o degrada
- CBCT che non partono o falliscono
- backup cloud che non terminano mai

In questi casi è necessario un upgrade a FTTH o un intervento strutturale sulla rete interna (router, switch, VLAN). Una rete lenta genera reali disservizi clinici e può impattare anche sulla sicurezza del paziente.

Cos'è un router e cosa fa

Il **router** è il dispositivo che collega la rete interna dello studio (LAN) a Internet. È un elemento molto più critico di quanto si pensi: gestisce gli indirizzi IP, instrada i pacchetti, assegna gli indirizzi ai dispositivi tramite DHCP e applica le prime regole di sicurezza.

In un contesto clinico il router deve essere **stabile, sicuro e configurabile**. Router economici da casa possono funzionare, ma non sono progettati per sostenere il carico e i requisiti di sicurezza di una struttura sanitaria.

Perché un router “consumer” non basta

I router pensati per uso domestico hanno limiti strutturali: poca memoria, CPU debole, firmware semplificato, poche funzioni di logging e sicurezza.

In sanità questo significa:

- prestazioni incerte quando molti dispositivi generano traffico
- scarse funzioni di controllo
- impossibilità di creare VLAN
- minore protezione dagli attacchi

Un router avanzato consente invece un reale controllo del traffico, fondamentale per la protezione dei dati sanitari.

Cos'è un firewall (e perché serve)

Il **firewall** è un sistema che filtra il traffico in entrata e in uscita dalla rete. Decide cosa è consentito e cosa deve essere bloccato.

In ambito sanitario, il firewall è cruciale per evitare accessi non autorizzati a workstation radiologiche, server PACS, dati clinici e repository.

Senza firewall adeguati, la rete interna diventa vulnerabile a malware, intrusioni e ransomware.

Firewall clinico: regole tipiche

Un firewall in ambito sanitario applica regole molto più rigorose rispetto a un normale ufficio.

Le configurazioni tipiche includono:

- blocco delle porte non necessarie
- filtri sugli IP sospetti
- accesso consentito solo da reti interne autorizzate
- logging avanzato delle connessioni

Queste misure proteggono il flusso diagnostico e impediscono intrusioni nei sistemi PACS/RIS.

Switch vs router: differenza pratica

Lo **switch** è un dispositivo diverso dal router: collega tra loro i dispositivi interni (PC, diagnostiche, server) e gestisce il traffico locale.

Non assegna indirizzi IP e non collega a Internet; si limita a far circolare i pacchetti all'interno della LAN.

Il router gestisce l'esterno, lo switch gestisce l'interno: entrambi sono indispensabili in una rete clinica moderna.

Switch gestito vs non gestito

Uno switch **non gestito** funziona in modo 'automatico': collega i dispositivi senza possibilità di configurazione.

Uno switch **gestito** permette invece:

- creazione di VLAN
- controllo del traffico
- priorità ai flussi critici
- migliore sicurezza

In sanità si usano quasi sempre switch gestiti proprio per isolare la diagnostica dal resto della rete.

Perché in sanità si usano le VLAN

Le **VLAN (Virtual LAN)** dividono logicamente la rete in più segmenti isolati, anche se fisicamente i cavi sono gli stessi.

Questo evita che dispositivi amministrativi, diagnostiche, telefoni IP, guest Wi-Fi e PC degli operatori condividano la stessa rete.

Le VLAN migliorano sicurezza, prestazioni e riducono i rischi di accesso improprio ai dati clinici.

Schema semplice di rete clinica

Una rete clinica tipica comprende:

- router/firewall → punto di accesso e sicurezza
- switch gestiti → distribuzione del traffico interno
- VLAN diagnostica → workstation, CBCT, ortopantomografi
- VLAN amministrativa → PC, stampanti, software gestionali
- guest Wi-Fi isolato → pazienti e visitatori

Questo schema garantisce ordine, sicurezza e performance.

Perché il Wi-Fi non è tutto uguale



Il Wi-Fi nasce per comodità, non per affidabilità. In un contesto sanitario non tutte le tecnologie wireless sono adatte: differenze di banda, potenza, interferenze e standard di sicurezza rendono alcune reti inadatte alla diagnostica.

Il Wi-Fi introduce variabili che la rete cablata non ha: qualità del segnale, distanza, rumore radio, muri, saturazione dei canali e dispositivi concorrenti. Una connessione instabile può rallentare o bloccare il flusso delle immagini.

Questo non significa che il Wi-Fi sia sempre da evitare, ma che deve essere progettato con grande attenzione.

2.4 GHz vs 5 GHz vs 6 GHz

Le frequenze Wi-Fi si comportano in maniera molto diversa.

- **2.4 GHz** → più portata, ma banda ridotta e molte interferenze (telefoni cordless, microonde, altri Wi-Fi). Può diventare instabile quando molti dispositivi sono collegati.
- **5 GHz** → banda molto più ampia, migliore qualità, ideale per applicazioni cliniche. La portata è inferiore ma l'affidabilità è superiore.
- **6 GHz (Wi-Fi 6E)** → ancora più ampia, pochissime interferenze. Ottima per applicazioni sensibili, ma supportata solo da dispositivi moderni.

In generale, per la diagnostica è consigliabile usare 5 GHz o 6 GHz.

Criticità del Wi-Fi in ambito medico

La diagnostica digitale richiede stabilità, non solo 'velocità teorica'. Il Wi-Fi soffre di problemi tipici:

- interferenze ambientali imprevedibili
- muri spessi o strutture metalliche che attenuano il segnale
- saturazione dei canali in zone con molti router
- distanza eccessiva dall'access point
- troppi client collegati allo stesso punto di accesso

Il risultato può essere latenza alta, oscillazioni di banda e perdita di pacchetti.

Wi-Fi e diagnostica: quando sì e quando no

Il Wi-Fi può essere usato senza problemi per applicazioni non critiche: PC amministrativi, consultazione di documenti, navigazione.

Non è invece consigliabile per:

- workstation radiologiche
- acquisizione diretta da apparecchiature diagnostiche
- invio di CBCT o panoramiche pesanti
- comunicazioni PACS/RIS delicate

La regola generale è semplice: la diagnostica, tipicamente, usa il **cavo ethernet**, non il Wi-Fi.

WPA2 vs WPA3: la sicurezza Wi-Fi

La crittografia del Wi-Fi è un elemento fondamentale per proteggere i dati clinici.

WPA = Wi-Fi Protected Access.

- **WPA2** → (2003) standard ancora molto diffuso, ma con vulnerabilità note. Accettabile, ma non ideale.
- **WPA3** → (2018) sicurezza molto superiore, cifratura robusta, maggiore protezione contro attacchi di forza bruta.

In sanità, dove transitano informazioni sensibili, l'uso di WPA3 è fortemente raccomandato.

Guest network: perché è fondamentale

Uno degli errori più gravi è far collegare pazienti, visitatori o fornitori alla stessa rete del personale o – peggio ancora – alla rete diagnostica.

La soluzione è una rete 'guest' completamente isolata.

Una guest network permette:

- isolamento totale dal traffico clinico
- protezione dei server interni
- controllo dell'uso della banda

È una misura minima di sicurezza, ma ancora oggi spesso ignorata.

Rischi reali: Wi-Fi violato in sanità

Negli ultimi anni numerosi attacchi informatici in sanità sono partiti proprio dal Wi-Fi: dispositivi non aggiornati, password deboli, reti condivise con utenti esterni.

Un accesso non autorizzato può permettere a un attaccante di:

- intercettare traffico non cifrato
- eseguire attacchi di spoofing (un tipo di attacco informatico che impiega in varie maniere la falsificazione dell'identità (spoof))
- tentare accesso ai server clinici
- compromettere workstation diagnostiche

Le conseguenze includono perdita di dati, blocco dei sistemi e rischi medico-legali significativi.

Buone pratiche minime per studi e ambulatori

Per ridurre i rischi e migliorare l'affidabilità del Wi-Fi clinico, è opportuno seguire alcune regole basilari:

- usare WPA3 ove possibile
- cambiare periodicamente le password
- separare la rete guest dalla rete clinica
- limitare il numero di dispositivi collegati
- aggiornare firmware di router e access point
- evitare il Wi-Fi per workstation diagnostiche

Seguendo queste regole, il Wi-Fi diventa uno strumento utile e sicuro anche in ambulatori complessi.

Cos'è una LAN (Local Area Network)

La **LAN (Local Area Network)** è la rete interna dello studio o dell'ambulatorio. È la “strada” su cui viaggiano immagini, dati anagrafici, richieste di esami, referti e comunicazioni tra dispositivi clinici.

Una LAN ben progettata deve garantire: **stabilità, velocità e isolamento** dei flussi critici.

È il livello su cui si costruiscono sicurezza, performance e affidabilità dell'intera struttura sanitaria.

LAN in un ambulatorio odontoiatrico

In uno studio odontoiatrico la LAN collega: workstation, apparecchiature radiologiche, server locali, stampanti, PC amministrativi e sistemi gestionali.

Una rete poco strutturata può creare problemi gravi:

- rallentamenti nell'apertura delle immagini
- blocchi del software gestionale
- conflitti tra dispositivi
- errori nella comunicazione RIS/PACS

Per questo anche strutture piccole necessitano di una LAN professionale, con switch adeguati e cablaggio corretto.

LAN ospedaliera (concetto semplice)

Negli ospedali la LAN diventa un'infrastruttura molto complessa: migliaia di dispositivi, più edifici, servizi critici e continuità operativa H24.

Una LAN ospedaliera comprende:

- backbone in fibra multipla
- switch di core ridondati
- segmentazione estrema tramite VLAN
- collegamenti ad alta velocità verso i data center

In piccolo, uno studio dentistico riproduce gli stessi principi, solo in scala ridotta.

Perché dividere la rete in segmenti

Mettere tutto nella stessa rete è un errore gravissimo, ancora frequentissimo negli ambulatori.

Senza segmentazione:

- un PC infetto può raggiungere la diagnostica
- un visitatore può vedere dispositivi interni
- il traffico amministrativo rallenta le immagini
- aumentano esponenzialmente i rischi di violazioni di sicurezza

Segmentare la rete significa creare barriere logiche tra funzioni diverse, esattamente come si fa fisicamente per separare aree cliniche e non cliniche.

Cos'è una VLAN (Virtual LAN)

Una **VLAN (Virtual LAN)** è una rete logica che vive sopra la rete fisica. Permette di dividere la rete in più sotto-reti isolate, anche usando gli stessi switch e gli stessi cavi.

I benefici sono enormi:

- maggiore sicurezza
- migliore gestione del traffico
- isolamento della diagnostica
- riduzione interferenze tra software gestionali e flussi radiologici

Le VLAN sono lo strumento principale per portare ordine nella rete clinica.

VLAN tipiche in ambito sanitario

La segmentazione più comune in una struttura sanitaria prevede almeno tre VLAN:

- **VLAN diagnostica** → apparecchiature radiologiche, CBCT, workstation.
- **VLAN amministrativa** → PC segreteria, software gestionale, stampanti.
- **VLAN guest** → pazienti e visitatori, totalmente isolata.

In strutture più complesse si aggiungono VLAN per telefonia VoIP, telecamere, gruppi clinici specifici o server.

Perché la segmentazione è essenziale per il paziente

La protezione della rete non è un problema “informatico”: è un problema **clinico e medico-legale**.

Se un attaccante entra nella rete diagnostica può:

- accedere a dati sensibili
- manomettere immagini
- bloccare il workflow radiologico
- impedire la refertazione

Una rete segmentata è un presidio di sicurezza tanto quanto un protocollo clinico ben eseguito.

Errori gravi quando non esistono VLAN

Gli errori più comuni che vediamo negli studi e negli ambulatori sono ricorrenti.

- tutta la rete su un'unica subnet
- diagnostica e amministrazione mischiate
- Wi-Fi interno senza separazione
- rete guest collegata alla LAN principale
- nessun controllo del traffico

Questi errori portano a rallentamenti, rischi di violazione, infezioni ransomware e – nei casi peggiori – blocco dell'attività clinica.

Cos'è un flusso sanitario

Un **flusso sanitario** è il percorso che un'informazione clinica compie dal momento in cui viene generata fino alla sua archiviazione. È l'equivalente digitale del “viaggio” di un paziente all'interno del processo assistenziale.

Ogni esame diagnostico produce dati che devono essere scambiati, validati, trasmessi e resi disponibili. Senza flussi ben progettati, i sistemi clinici non si parlano e il lavoro si blocca.

Comprendere un flusso significa capire cosa succede davvero 'dietro le quinte' della diagnostica.

Dal bisogno clinico alla refertazione

Tutto parte da un bisogno clinico: il medico richiede un esame. Da quel momento prende forma un flusso composto da più passaggi: richiesta, identificazione del paziente, acquisizione delle immagini, trasmissione al PACS, refertazione e archiviazione.

Ogni passaggio richiede sistemi che dialogano fra loro: se un anello della catena si interrompe, l'intero processo si ferma.

Workflow tipico di un esame radiologico

Un esame radiologico segue passaggi standardizzabili:

- 1) Prescrizione o richiesta dell'esame
- 2) Identificazione del paziente e prenotazione
- 3) Acquisizione dell'immagine
- 4) Trasmissione al PACS
- 5) Visualizzazione in workstation
- 6) Refertazione
- 7) Archiviazione nel repository digitale del PACS

Ogni passaggio richiede protocolli e standard specifici.

Chi genera cosa: ambulatorio, reparto, medico

Un flusso sanitario coinvolge più attori:

- il medico → genera la richiesta clinica
- l'ambulatorio → gestisce prenotazione e accettazione
- l'operatore/tecnico → esegue l'esame
- il sistema PACS → riceve, archivia e distribuisce le immagini
- il medico radiologo (o dentista) → interpreta e referta

Ogni attore produce dati diversi, che devono essere coerenti, integri e correttamente associati al paziente.



Un'immagine di una PET visualizzata in un sistema PACS



Un'immagine del torace visualizzata tramite un PACS

Dati amministrativi vs dati clinici

Un errore comune è pensare ai dati sanitari come un blocco unico. In realtà esistono due mondi distinti:

- **dati amministrativi** → anagrafica, codici fiscali, prenotazioni, impegnative.
- **dati clinici** → risultati, immagini, misurazioni, diagnosi.

I due set devono essere sincronizzati. Se l'anagrafica è errata, l'immagine corretta finisce nel paziente sbagliato: un errore gravissimo e purtroppo molto comune.

Imaging workflow odontoiatrico

Nel contesto odontoiatrico il workflow è più snello rispetto al mondo radiologico ospedaliero, ma la logica è identica:

- identificazione del paziente
- acquisizione (panoramica, CBCT, endorale)
- generazione file DICOM
- invio al PACS o al gestionale
- visualizzazione su workstation
- eventuale refertazione

Anche qui eventuali errori di rete o anagrafica generano impatti immediati sulla pratica clinica.

Dove “passano” questi dati: LAN → RIS → PACS → referto

Il flusso di un'immagine non si limita alla sua acquisizione. L'informazione viaggia su più sistemi:

- LAN dello studio → acquisizione e invio
- RIS (Radiology Information System) → gestisce richieste e appuntamenti
- PACS (Picture Archiving and Communication System) → archivia e distribuisce
- workstation → permette la lettura
- referto → chiude il flusso e torna al gestionale

È un circuito continuo che funziona solo se ogni nodo è configurato correttamente.

Cos'è il RIS (Radiology Information System)

Il **RIS** è il sistema informatico che **gestisce tutta l'organizzazione della radiologia**. Coordina persone, esami, referti e flussi di lavoro, collegando CUP, apparecchiature e PACS. Funzioni principali:

- Gestione delle richieste (prenotazioni, priorità, motivazioni cliniche).
- Accettazione pazienti e verifica dei dati anagrafici tramite HL7.
- Programmazione e tracciamento degli esami (chi, quando, dove, con quale modalità).
- Gestione del worklist DICOM che invia alle macchine l'elenco degli esami da eseguire.
- Archiviazione e distribuzione dei referti (messaggi HL7 ORU).
- Monitoraggio del workflow → stato degli esami, tempi, verifiche, controlli qualità.
- Integrazione con PACS per associare immagini e referti allo stesso paziente.

In sintesi: il RIS è la “regia” della radiologia: organizza, coordina e connette tutto il percorso dell'esame.

Perché la coerenza dei dati è fondamentale

La coerenza tra dati amministrativi e clinici è vitale. Un errore di anagrafica (anche un solo carattere sbagliato) può:

- associare l'immagine al paziente sbagliato
- compromettere la diagnosi
- generare rischi medico-legali seri
- obbligare a ripetere l'esame

Il sistema informativo deve garantire integrità e affidabilità dei dati in ogni passaggio.

Cosa succede se un sistema non parla con l'altro

Quando due sistemi non sono interoperabili, l'effetto immediato è il blocco del workflow. L'operatore può trovarsi con immagini acquisite ma non trasmesse, richieste non riconosciute dal PACS o worklist vuote.

Questo porta a inefficienze, ritardi, ripetizioni di esami e perdita di informazioni importanti. La mancanza di dialogo tra sistemi è una delle cause principali dei problemi informatici negli studi clinici.

Introduzione al concetto di interoperabilità

L'interoperabilità è la capacità di sistemi diversi di comunicare, scambiarsi dati e interpretarli correttamente.

Non basta che i sistemi siano collegati: devono “parlare la stessa lingua”, cioè utilizzare gli stessi standard.

L'interoperabilità riduce errori, semplifica i flussi, aumenta la sicurezza e velocizza la diagnostica.

“Standard” come linguaggio comune tra sistemi

Nel mondo sanitario gli standard non sono un dettaglio tecnico, ma la base fondamentale per far funzionare tutto.

Senza standard ogni software produrrebbe dati nel proprio formato e nessun sistema riuscirebbe a integrarli.

HL7 e **DICOM** svolgono esattamente questo ruolo: sono il ‘linguaggio comune’ che permette ai sistemi clinici di comprendersi.

Senza standard non esiste interoperabilità, senza interoperabilità non esiste flusso clinico affidabile.

Perché servono gli standard

Gli standard sono l'architettura portante di tutta l'informatica clinica: senza un linguaggio comune, ogni sistema produrrebbe dati incomprensibili agli altri, causando errori, duplicazioni e perdita di informazioni fondamentali.

In diagnostica digitale gli standard garantiscono **interoperabilità**, cioè la capacità dei sistemi diversi di comunicare in modo coerente. Favoriscono inoltre la **qualità del dato** e la **coerenza**, elementi essenziali quando si parla di immagini, referti e informazioni sensibili.

Senza HL7 e DICOM non esisterebbero flussi digitali affidabili, né la possibilità di integrare apparecchiature e software di produttori diversi.

HL7: cos'è e a cosa serve

HL7 (Health Level Seven) è lo standard che definisce la struttura dei messaggi clinici scambiati tra gestionale, RIS, PACS, sistemi amministrativi e servizi esterni. Riguarda tutta la parte informativa di un esame.

HL7 trasporta ciò che dà 'significato' all'immagine: chi è il paziente, quale esame è stato richiesto, quando è stato eseguito, chi lo ha prescritto e qual è il suo stato.

È lo strato comunicativo che permette ai sistemi di parlarsi in modo ordinato e affidabile.

Cosa contiene e cosa NON contiene HL7

Un messaggio HL7 può includere informazioni estremamente dettagliate:

- identità del paziente e dati anagrafici
- informazioni amministrative e cliniche
- richieste, modifiche e aggiornamenti dell'esame
- stato dell'esecuzione (scheduled, in-progress, completed)

HL7 **non contiene immagini** e non trasporta pixel data: questo compito appartiene esclusivamente a DICOM.

La separazione netta tra 'informazioni cliniche' e 'immagini' è uno dei motivi della solidità del flusso sanitario moderno.

I messaggi HL7 principali: ORM, ORU, ADT

HL7 definisce diversi tipi di messaggi standardizzati, ciascuno con un ruolo specifico nel flusso clinico:

- **ORM** → richiesta di esame (Order Message).
- **ORU** → referto o risultato dell'esame.
- **ADT** → anagrafica, ricoveri, dimissioni, trasferimenti.

Questi messaggi, insieme, coordinano il percorso dell'informazione dal medico al referto finale.

DICOM: cos'è e perché è indispensabile

DICOM è lo standard mondiale per la gestione delle immagini mediche. Ogni file DICOM contiene un'immagine e un insieme strutturato di metadati tecnici e clinici.

La sua forza è l'unità tra:

- **header** → dati anagrafici, parametri tecnici, contesto clinico.
- **pixel data** → l'immagine vera e propria.

DICOM permette che un'immagine prodotta da un costruttore possa essere letta e interpretata da qualsiasi PACS compatibile, garantendo continuità e sicurezza.

Perché JPEG/PNG (tal quali) NON sono accettabili

È fondamentale distinguere formati 'puri' (JPEG/PNG) da immagini compresse all'interno di file DICOM.

- **JPEG/PNG come file autonomi** → non contengono metadati clinici, non garantiscono tracciabilità, non includono UID né dati del paziente. Sono quindi **non ammessi** nel workflow diagnostico.
- **JPEG/JPEG2000 dentro DICOM** → sono perfettamente accettati. DICOM incapsula la compressione mantenendo intatti header, metadati e informazioni cliniche.

DICOM non definisce la compressione, ma la gestisce in modo strutturato e sicuro.

Esempio di header DICOM

Un header DICOM può contenere centinaia di tag, tra cui:

- nome e ID del paziente
- accession number
- data e ora dell'acquisizione
- protocollo utilizzato
- parametri tecnici dell'apparecchiatura
- orientamento dell'immagine

È il 'documento di identità' dell'immagine, essenziale per la tracciabilità e la coerenza del flusso clinico.

HL7 e DICOM: visione generale

- HL7 e DICOM sono due standard complementari utilizzati nei sistemi sanitari.
- HL7: scambia informazioni cliniche, anagrafiche e amministrative.
- DICOM: gestisce immagini mediche e i relativi metadati.
- L'integrazione dei due consente un workflow radiologico coerente e affidabile.

HL7: ruolo e contenuti trasmessi

HL7 trasporta dati strutturati necessari ai sistemi informativi sanitari.

Contenuti tipici:

- Anagrafica del paziente.
- Ordini di esami radiologici (messaggi ORM).
- Aggiornamenti amministrativi di ricovero e trasferimento (ADT).
- Risultati e referti testuali (ORU).

HL7 non trasporta immagini ma assicura coerenza dei dati tra i sistemi.

DICOM: immagini e metadati

DICOM definisce il formato delle immagini e i protocolli di rete.

Include:

- Immagini RX, TAC, RM, PET, ecografie, CBCT, panoramiche.
- Metadati: ID paziente, data, modalità, parametri tecnici.

DICOM è utilizzato da apparecchiature radiologiche, PACS, workstation e server dedicati all'archiviazione delle immagini.

Workflow integrato HL7–DICOM

Il funzionamento combinato segue una sequenza precisa:

- 1) HL7 ORM: il gestionale o RIS genera la richiesta dell'esame.
- 2) L'apparecchiatura acquisisce e produce file DICOM con immagine e metadati.
- 3) Il PACS riceve, archivia e distribuisce le immagini.
- 4) HL7 ORU: il referto viene inviato al gestionale o alla cartella clinica.

Questo garantisce consistenza tra dati clinici e immagini.

Perché HL7 è indispensabile

Senza HL7 le immagini rischiano di essere isolate o incoerenti:

- Dati anagrafici errati.
- Esami duplicati.
- Studi non collegati correttamente al paziente.

HL7 mantiene sincronizzati CUP, RIS, ADT, cartella clinica e sistemi radiologici.

Perché DICOM è indispensabile

DICOM permette che le immagini siano acquisite, archiviate e condivise in modo standardizzato.

Senza DICOM non esisterebbero PACS, routing automatico e query/retrieve.

DICOM integra immagine e informazioni cliniche in un singolo oggetto interpretabile da qualsiasi sistema compatibile.

HL7 e DICOM in odontoiatria

Negli esami di odontoiatria e igiene dentale:

- HL7 collega richieste, anagrafica e referti.
- DICOM gestisce CBCT, panoramiche, bite-wing e altre immagini.

Il risultato è la disponibilità immediata di immagini e dati coerenti su diversi sistemi, anche non collegati direttamente tra loro.

Sintesi finale

- HL7 = dati clinici, amministrativi e anagrafici.
- DICOM = immagini e metadati.
- HL7 assicura identificazione e flusso delle richieste.
- DICOM garantisce qualità, archiviazione e distribuzione delle immagini.

Insieme costituiscono la base del workflow radiologico moderno.

Esempi concreti: esame odontoiatrico

Nel caso di una panoramica o CBCT odontoiatrica:

- il gestionale invia un messaggio ORM
- la diagnostica produce file DICOM completi
- il PACS li archivia e li rende disponibili
- il clinico visualizza l'immagine
- un messaggio ORU può contenere referto o note cliniche

Ogni passaggio richiede coerenza assoluta tra HL7 e DICOM per evitare errori.

Workflow completo dell'esame radiologico

Questa sezione descrive in modo dettagliato l'intero percorso di un esame radiologico, **dal momento della richiesta clinica fino alla refertazione finale e all'invio al Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE).**

È un processo complesso che coinvolge software gestionali, protocolli standardizzati (**HL7 – Health Level Seven**, messaggistica clinica) e (**DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine**, gestione immagini), oltre a sistemi come **RIS (Radiology Information System)** e **PACS (Picture Archiving and Communication System)**.

Comprendere questo workflow permette di capire dove nascono gli errori, come evitarli e come funzionano davvero le immagini digitali.

Dal gestionale alla richiesta: HL7 ORM (Order Message)

Un esame radiologico inizia sempre con una richiesta clinica generata dal **gestionale medico** o dal sistema di accettazione. Questa richiesta viene codificata in un messaggio **HL7 ORM (Order Message)**.

Il messaggio ORM contiene:

- dati anagrafici completi del paziente (nome, ID, codice fiscale)
- tipo di esame richiesto e sua priorità
- motivazione clinica (es. sospetta lesione, valutazione pre-intervento)
- medico richiedente e reparto di provenienza
- informazioni logistiche (data prevista, sede, risorse)

L'ORM è la 'prescrizione digitale' che permette al sistema diagnostico di sapere chi deve essere esaminato e con quale modalità.

La Worklist: il cuore della sicurezza operativa

La **Worklist DICOM** è una lista digitale di esami che viene automaticamente inviata dall'RIS o dal gestionale all'apparecchiatura (CBCT, panoramico, TAC). Evita inserimenti manuali e riduce drasticamente gli errori.

Perché è fondamentale:

- elimina errori di digitazione del nome del paziente
- riduce la possibilità di 'mismatch' tra immagine e anagrafica
- garantisce che l'esame giusto sia eseguito sul paziente giusto
- automatizza il flusso aumentando efficienza e sicurezza

In sanità, un mismatch paziente-immagine è considerato un evento sentinella (errore gravissimo). La Worklist lo previene quasi completamente.

Acquisizione CBCT: cosa accade nell'apparecchiatura

La CBCT (Cone Beam Computed Tomography) esegue una scansione tridimensionale del distretto cranio-facciale. Durante l'acquisizione vengono raccolti:

- proiezioni multiple da diverse angolazioni
- parametri di esposizione (kV, mA, tempo)
- geometria del fascio conico
- dati grezzi necessari alla ricostruzione 3D

La console della CBCT associa a questi dati le informazioni provenienti dalla Worklist, garantendo coerenza tra esame e paziente.

Generazione del file DICOM (immagine + metadati clinici)

Al termine della scansione, l'apparecchiatura genera uno o più file **DICOM** contenenti:

- **header** → dati clinici, anagrafica, parametri tecnici, identificativi univoci (UID)
- **pixel data** → l'immagine 2D/3D o la serie di immagini
- metadati di ricostruzione

L'header DICOM è essenziale: contiene centinaia di campi che permettono al PACS di archiviare correttamente l'esame e di garantirne la tracciabilità medico-legale.

Invio al PACS: C-STORE, indicizzazione e Storage Commit

L'invio delle immagini al PACS avviene tramite protocolli standardizzati:

- **DICOM C-STORE** → l'apparecchiatura invia uno o più file al PACS
- il **PACS** li riceve, li controlla e li indicizza
- **Storage Commit** → conferma che i file sono stati archiviati correttamente

Il PACS non è un semplice 'server di immagini', ma un sistema complesso che:

- cataloga
- comprime (se previsto)
- distribuisce le immagini ai viewer
- gestisce copie e backup

Un problema in questa fase (rete lenta, file incompleti, storage pieno) può bloccare l'intero workflow clinico.



Server PACS con archivio RAID da 35 terabyte e switch in fibra ottica ad alta velocità.

Visualizzazione, lettura e strumenti professionali

Una volta archiviata, l'immagine può essere visualizzata tramite:

- **Workstation diagnostica** ad alta risoluzione (monitor medicali)
- **Viewer web** per consultazione rapida
- software di implantologia 3D

La lettura può essere:

- **odontoiatrica** (uso clinico diretto)
- **radiologica** se è richiesto un referto ufficiale

La qualità del referto dipende dalla qualità dei dati DICOM e dalla corretta indicizzazione del PACS.

Invio al Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE)

Il referto e gli eventuali allegati vengono inviati al **FSE (Fascicolo Sanitario Elettronico)** tramite infrastrutture regionali.

Il FSE contiene:

- testo del referto firmato digitalmente
- codice dell'esame
- dati del paziente
- eventuali riferimenti a immagini archiviate

L'invio al FSE garantisce continuità assistenziale e valore medico-legale del documento.

Esempio completo: visita odontoiatrica

- 1) Il dentista richiede una CBCT → nasce un HL7 ORM
- 2) La Worklist carica automaticamente il paziente sulla CBCT
- 3) Scansione → acquisizione del volume 3D
- 4) Generazione DICOM (header + pixel data)
- 5) Invio al PACS tramite DICOM C-STORE
- 6) Lettura clinica su workstation o viewer
- 7) Refertazione radiologica (se richiesta)
- 8) Invio del referto al gestionale e al FSE

Questo è il percorso reale che avviene ogni giorno in una struttura sanitaria moderna.

Workflow completo dell'esame radiologico — schema riassuntivo

Il percorso di un esame radiologico digitale segue una sequenza strutturata: dalla richiesta clinica generata dal gestionale, codificata come HL7 ORM (Order Message), fino alla refertazione finale e all'invio al Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE).

L'apparecchiatura riceve la Worklist DICOM, che garantisce coerenza paziente–esame ed elimina errori di selezione. Durante l'acquisizione CBCT vengono generati i dati tecnici e uno o più file DICOM contenenti pixel data e un header ricco di metadati clinici e tecnici.

L'invio al PACS avviene tramite DICOM C-STORE, seguito da Storage Commit che certifica l'avvenuta archiviazione.

Il PACS indicizza, archivia e distribuisce le immagini. La refertazione può essere clinica o radiologica e il referto finale viene inviato in HL7 ORU al gestionale e al FSE, completando l'intero ciclo.

Tre scenari reali che mostrano l'importanza dei flussi corretti

- 1) Upload lento → ritardi clinici: connessioni non simmetriche possono impiegare minuti per inviare una CBCT al PACS, ritardando la visita o rendendo l'immagine indisponibile. Una linea FTTH stabile riduce drasticamente i tempi.
- 2) Mismatch paziente–immagine senza Worklist: inserimenti manuali favoriscono errori di anagrafica, considerati eventi sentinella. La Worklist DICOM previene quasi completamente il rischio.
- 3) PACS non raggiungibile → blocco operativo: problemi di rete o firewall consumer possono impedire l'archiviazione, costringendo a ripetere esami o interrompere la diagnostica. VLAN dedicate e firewall professionali garantiscono continuità.

Errori tipici nella diagnostica digitale e come prevenirli

- Mismatch anagrafico: nasce da inserimenti manuali o dati incoerenti. Prevenzione: Worklist DICOM, anagrafiche unificate, controlli automatici.
- Immagini non archiviate correttamente: accade quando il PACS non riceve o non conferma lo Storage Commit. Prevenzione: monitoraggio rete, log DICOM, PACS ridondato.
- Errori di esposizione o parametri errati: operatore inesperto o preset non adeguati. Prevenzione: protocolli standardizzati, formazione, checklist.
- File corrotti o incompleti: causati da rete instabile o storage pieno. Prevenzione: VLAN diagnostica, diagnostica PACS, allarmi su spazio.

RAID (Redundant Array of Independent Disks)

- RAID è un sistema che **usa più dischi (hard disk o SSD) come se fossero uno solo**, per ottenere due obiettivi importanti:

1) Sicurezza dei dati

- Se un disco si rompe, gli altri continuano a funzionare e non si perde nulla. È come avere una copia di sicurezza sempre attiva.

2) Velocità maggiore

- Più dischi possono lavorare insieme, quindi il computer o il server può leggere e scrivere i dati più velocemente.

Tipologie utili da ricordare

RAID 0 → “Striping” (solo velocità)

- I dati vengono divisi a blocchi e scritti su più dischi. Molto veloce, ma se un disco si rompe si perde tutto.

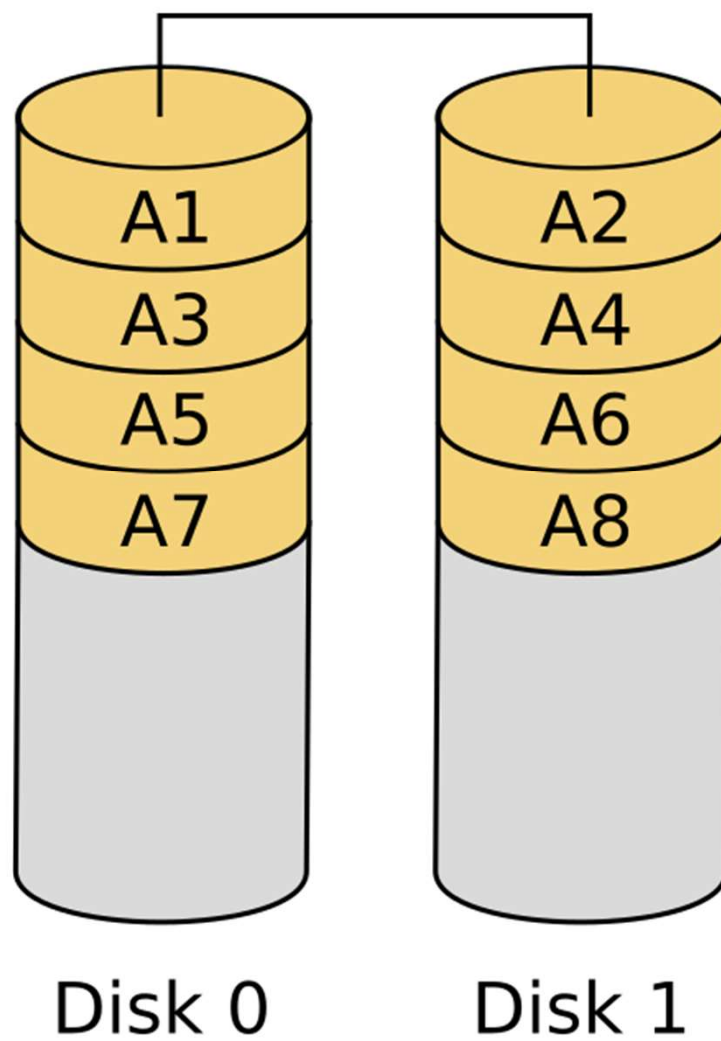
RAID 1 → “Mirroring”

- Due dischi fanno la stessa copia identica. Se uno muore, l'altro ha tutto.

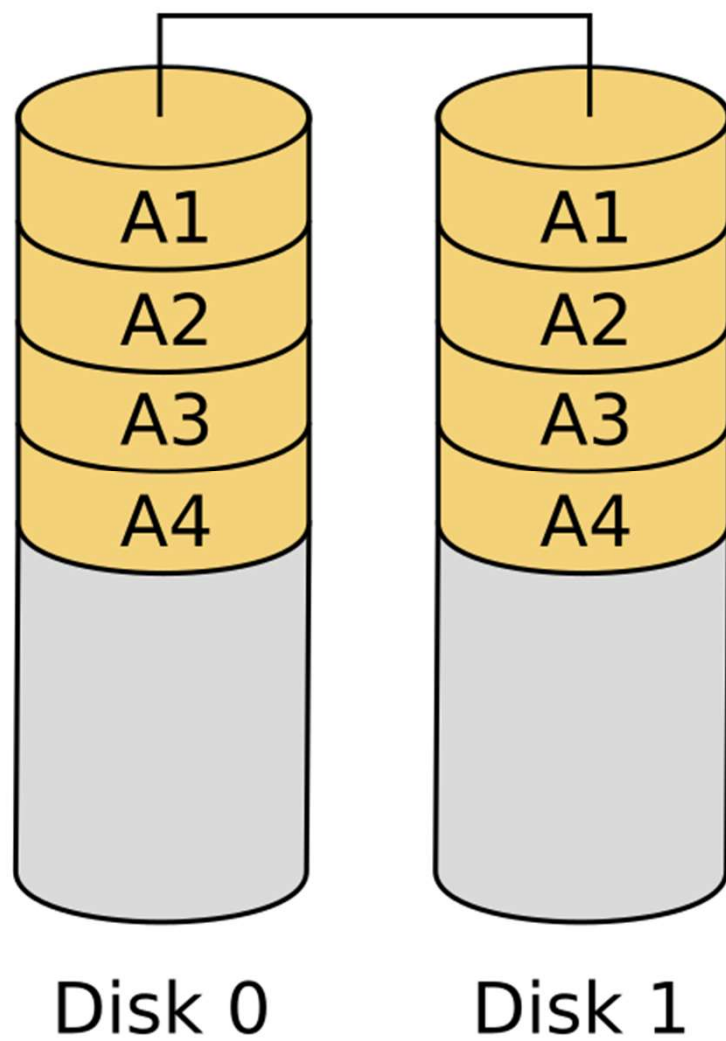
RAID 5 → “Parity” / “Sicurezza intelligente”

- Usa almeno 3 dischi. Se uno si rompe, i dati si ricostruiscono automaticamente grazie alla parità distribuita.

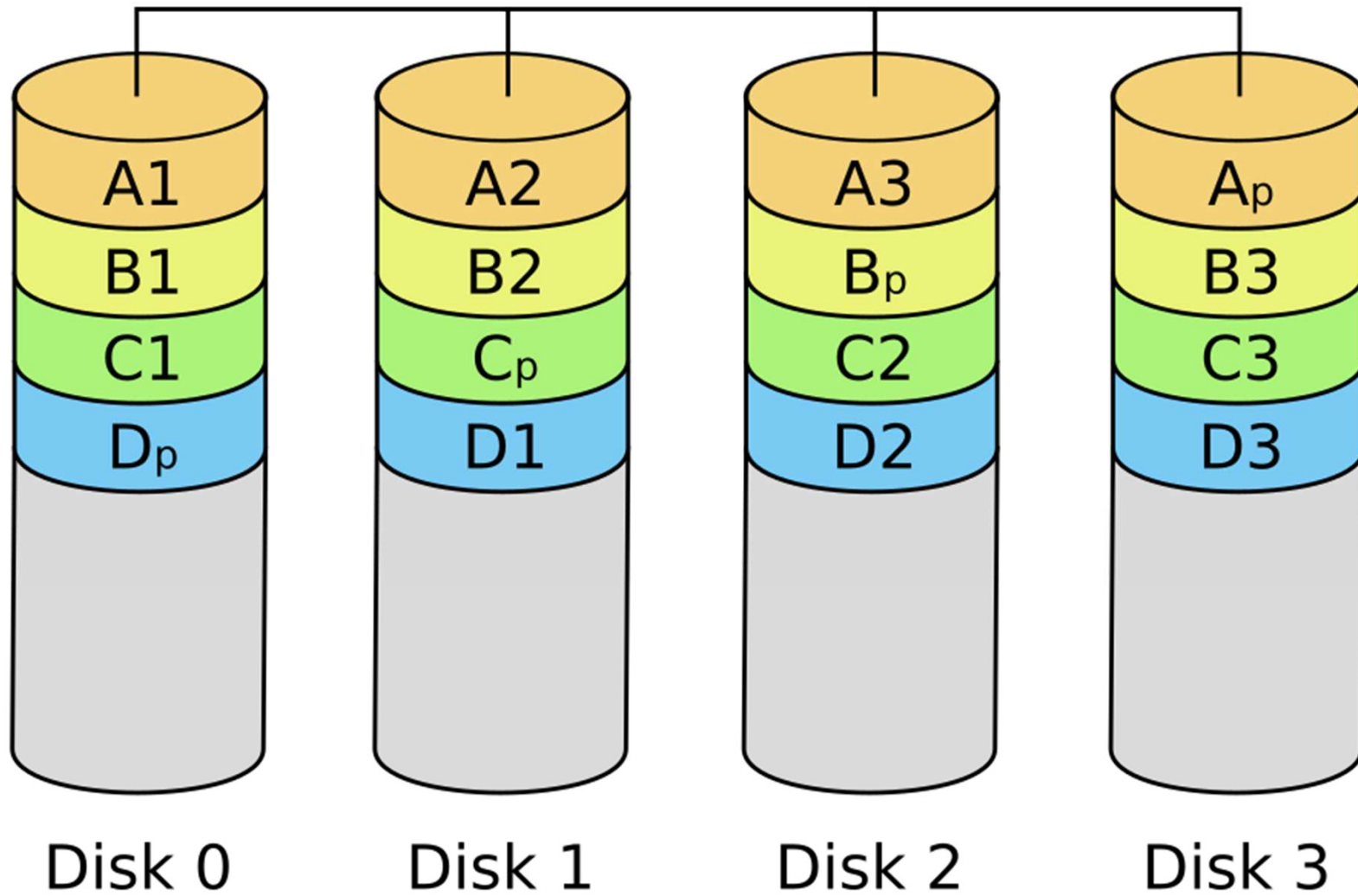
RAID 0



RAID 1



RAID 5



Perché conta in ambito sanitario

- Perché un PACS o un server radiologico non può permettersi di perdere le immagini. Il RAID è uno dei modi più semplici per garantire che:
 - CBCT
 - panoramiche
 - referti
 - immagini pregresse

rimangano sempre disponibili e al sicuro.

RAID: cosa ricordare in breve

- RAID non è un backup, ma una protezione dalla perdita immediata dei dati.
- RAID 0 aumenta solo la velocità, non la sicurezza.
- RAID 1 (mirroring) duplica tutti i dati: semplice e molto usato.
- RAID 5 offre sicurezza e spazio efficiente, ideale nei server.

In ambito sanitario è uno standard di fatto per proteggere immagini e referti.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Immagini tratte (ove non diversamente specificato) da Wikipedia e Wikimedia Commons, utilizzate a fini didattici e non commerciali. Tutte le immagini restano soggette alle rispettive licenze libere (CC BY, CC BY-SA, CC0 o pubblico dominio).