

Lo studio è stata tradotta dal tedesco all'italiano con il software DeepL.

Studio: Formati di immagini mediche

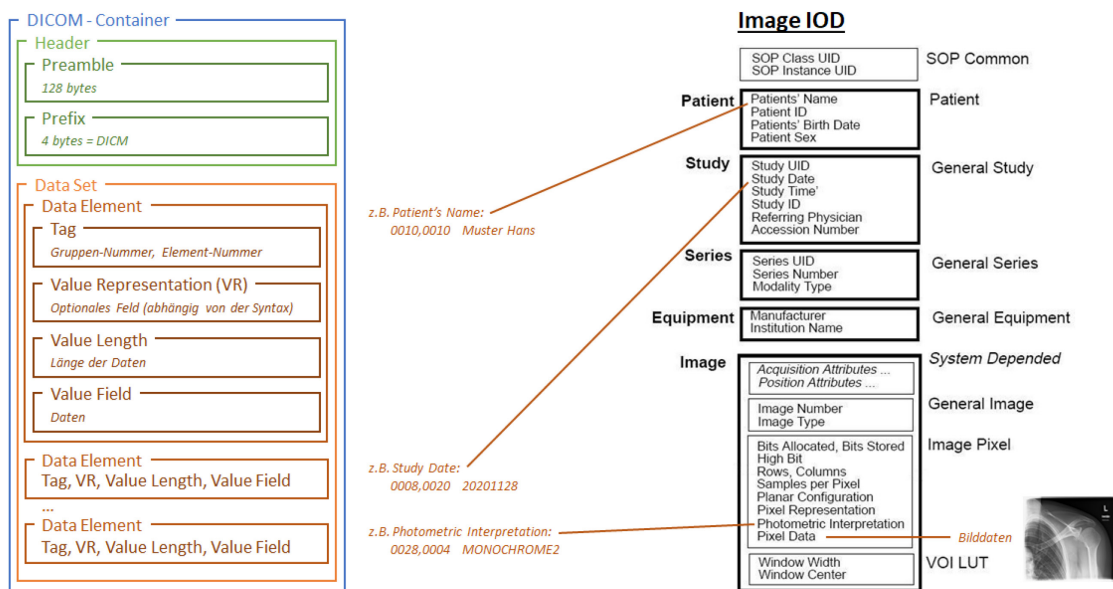
Tra i formati di immagini mediche, DICOM 3.0 (Digital Imaging and Communications in Medicine) è lo standard più diffuso. ¹[1] Oltre a DICOM, esistono altri cinque formati di immagini mediche specifici (NIFTI, NRRD, ANALYZE, PAR/REC, MINC). Il formato NIFTI (Neuroinformatics Technology Initiative) ha un'importanza paragonabile a DICOM nel campo del neuroimaging. [2] In questo studio, solo DICOM 3.0 viene considerato in modo più dettagliato.

DICOM 3.0 è il nome sia dello standard che del formato associato, sviluppato da NEMA (National Electrical Manufacturers Association) a partire dal 1993. DICOM 3.0 consente lo scambio di dati provenienti da sistemi di imaging medicale (ad esempio, elettrocardiogrammi, tomografi, ecc.). [3] [4] Il formato si distingue per la grande quantità di metadati integrati. Oltre al formato, lo standard DICOM 3.0 comprende anche un modello informativo che definisce lo scambio di dati tra dispositivi compatibili con DICOM, nonché specifiche per la protezione dei dati.

Quella che segue è una descrizione semplificata della complessa struttura di un file DICOM. Successivamente, verranno affrontate le questioni più importanti per l'archiviazione a lungo termine. Per un'introduzione più approfondita a DICOM, si rimanda a [5] si rimanda a.

1 Descrizione

DICOM 3.0 è un formato contenitore. La sua struttura è paragonabile a quella di un TIFF. Tuttavia, DICOM contiene metadati medici e tecnici aggiuntivi.



¹ Secondo la dichiarazione dello stesso Comitato Standard DICOM:
<https://www.dicomstandard.org/about-home>

Illustrazione 1 Struttura di un file DICOM [3] [6] (a sinistra) e un IOD semplificato di un'immagine [7] (destra)

Il file DICOM è costituito, in forma semplificata, da un contenitore DICOM. Questo contiene un preambolo di 128 byte nell'intestazione, che di solito è vuoto, seguito dal prefisso di 4 byte, che deve sempre corrispondere a DICM. Quest'ultimo viene utilizzato per il riconoscimento del formato. L'intestazione è seguita da un insieme di dati, che contiene diversi elementi di dati. Gli elementi di dati sono costituiti almeno dal tag, dalla lunghezza dei dati e dai dati associati. Il tag è costituito da un numero di gruppo a quattro cifre e da un numero di elemento a quattro cifre. In DICOM 1.0 e 2.0 (rispettivamente ACR/NEMA 1.0 e 2.0) esisteva ancora un collegamento tra il numero di gruppo e il contenuto di un elemento di dati o di un attributo.² Con DICOM 3.0, questa connessione si è sempre più dissolta, tanto che spesso non esiste più un collegamento chiaro tra il numero di gruppo e l'appartenenza dell'elemento di dati a un modulo (ad esempio, paziente, studio generale, pixel dell'immagine). Il numero dell'elemento viene utilizzato per un'ulteriore suddivisione di un gruppo.

L'Information Object Definition (IOD) è una raccolta di vari elementi di dati. A destra nella Figura 1 è una rappresentazione semplificata di un IOD di immagine. Il numero e il tipo di elementi di dati nei file DICOM possono variare notevolmente. Questo perché diverse fonti di dati (ad esempio, tomografia computerizzata o immagini a raggi X) utilizzano classi SOP predefinite³, che differiscono nella composizione dei loro elementi di dati. I dati delle immagini sono memorizzati nell'elemento dati *Pixel Data*⁴, altri dati di misura spesso in *Waveform Data*. Nel caso di immagini e video, i dati dei pixel possono essere non compressi (bitmap) o compressi (ad es. JPEG2000). [8] [5]. Nel caso di video con audio, esistono due possibilità: I dati audio e video si trovano nello stesso file DICOM, oppure sono memorizzati in due file DICOM separati. [9]. Una categoria di dati specifica di DICOM sono gli overlay (vedi Dati *overlay* [10]). Gli overlay contengono elementi grafici come commenti, marcature a colori o simboli che possono essere sovrapposti o nascosti ai dati dell'immagine in un visualizzatore DICOM.

² Vedi anche: <https://www.dicomstandard.org/faq>

³ SOP è l'acronimo di Service-Object Pair. Una classe SOP definisce quale azione (servizio) un dispositivo può eseguire su quale oggetto. Un dispositivo conforme a DICOM può includere diverse classi SOP.

Esempio: un dispositivo radiografico supporta la classe SOP *Digital X-Ray Image Storage*. Il dispositivo può quindi esportare/importare/trasferire *immagini radiografiche digitali* (oggetto) (*Servizio=Storage*). Un file DICOM esportato da questo dispositivo radiografico è un'istanza (oggetto informativo *IO*) della classe SOP *Digital X-Ray Image Storage*. Nel file DICOM, la classe SOP con cui è stato istanziato è specificata nell'attributo SOP Class *UID*. [15]

⁴ Un esempio illustrativo di *dati pixel* può essere trovato in:

https://pydicom.github.io/pydicom/stable/old/working_with_pixel_data.html

2 Valutazione

Per valutare meglio l'idoneità all'archiviazione dei file DICOM, di seguito viene riportata una breve valutazione del formato basata sul catalogo dei criteri del KaD (Catalogo dei formati di file archivistici) di KOST.

2.1 Apertura e libertà di licenza

DICOM è uno standard aperto [3]. I metodi supportati da DICOM per la compressione dei dati di immagine sono liberi, quelli dei dati video (formati MPEG) sono in parte protetti da brevetto (cfr. 2.6).

2.2 Distribuzione

DICOM è utilizzato principalmente come formato per gli esami medici. Tuttavia, DICOM è ampiamente utilizzato anche in biologia o paleontologia.

I campi di applicazione in medicina comprendono: Tomografia, radiografia, sonografia (ultrasuoni), endoscopia, ecc.

2.3 Funzionalità

DICOM combina contenuti e metadati tecnici con dati di testo, immagini, audio e video. I punti di forza di DICOM sono:

- **Produttività:** scambio digitale senza ostacoli di informazioni mediche tra dispositivi abilitati DICOM.
- **Conformità:** metadati elaborabili dalle macchine che includono la cronologia (impostazioni del dispositivo) e il contesto (paziente, istituzione, motivo).
- **Visualizzazione:**
 - Rappresentazione animata in 3-D dei dati di immagine
 - Visualizzazione uniforme su dispositivi compatibili con DICOM (ad es. valori cromatici)
- **Valutazione:** dati grezzi sovrapposti a livelli di schermo (overlay) per elementi grafici, annotazioni, ecc.

2.4 Attuazione

I dispositivi medici configurati secondo lo standard DICOM possono creare, trasmettere, ricevere ed elaborare file DICOM. Lo standard DICOM 3.0 è compatibile con le versioni precedenti. [3]. Per visualizzare i file DICOM, è necessario utilizzare uno dei numerosi browser DICOM gratuiti o a pagamento.

2.5 Densità di stoccaggio

Nei file DICOM, i dati di immagini, audio e video possono essere compressi secondo uno standard di compressione. [5] [11] La densità di memorizzazione di DICOM può quindi variare notevolmente a seconda che siano presenti dati compressi o non compressi.

2.6 Verificabilità

Esistono diversi validatori DICOM open source.

2.7 Le migliori pratiche

File DICOM 3.0

DICOM 3.0 è compatibile con le versioni precedenti e si è affermato come standard in campo medico. È probabile che i visualizzatori DICOM 3.0 liberamente accessibili continueranno a esistere per DICOM anche in futuro. A causa dell'ampia gamma di tipi di media (immagini, audio, video), dei dati specifici del formato (overlay) e dell'inserimento di metadati in DICOM 3.0, attualmente non esiste un formato di archiviazione noto in cui DICOM possa essere trasferito.

File DICOM 1.0 e DICOM 2.0

DICOM 1.0 e DICOM 2.0 sono gli standard precedenti a DICOM 3. Sono anche conosciuti come ACR/NEMA 1.0 e 2.0. ACR/NEMA 1.0 presentava numerosi errori e incoerenze. [12] Per questo motivo alcuni file DICOM 1.0 non sono compatibili con DICOM 3. Con ACR/NEMA 2.0 gli errori sono stati corretti. I file ACR/NEMA 2.0 sono quindi solitamente compatibili con DICOM 3. Se i file DICOM non sono compatibili con DICOM 3, cioè se la convalida non riesce, e non è possibile una conversione senza perdita in DICOM 3, oltre all'archiviazione del file DICOM originale, si deve prendere in considerazione una conversione in un formato di archiviazione adatto al tipo di supporto (immagine, audio, video).

Visualizzatore/Browser DICOM

L'archiviazione dei visualizzatori DICOM non è conveniente per un archivio, poiché potrebbero non essere compatibili con i sistemi operativi futuri. Per poter visualizzare in un secondo momento un file DICOM archiviato con un visualizzatore adatto, l'archivio deve registrare la classe SOP del file DICOM da archiviare. Conoscendo la classe SOP, è possibile selezionare un visualizzatore adatto. La classe SOP può essere visualizzata con un browser DICOM.⁵

PACS e VNA

Attualmente (2022) i file DICOM sono per lo più archiviati su server PACS (Picture Archiving and Communication System) (cfr. ad es. [12] [13]). In linea di principio, ciò offre il potenziale per un'interfaccia server di archiviazione con cui i file DICOM possono essere esportati direttamente da un server PACS in un SIP.

Tuttavia, i sistemi PACS non sono standardizzati e spesso sono specifici per ogni dispositivo. In quest'ultimo caso, è necessario anche un VNA (Vendor Neutral Archive), ad esempio per scambiare e archiviare i dati DICOM tra i vari reparti di un ospedale.

Lo sviluppo del supplemento 223 di DICOM e l'iniziativa IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) stanno lavorando per un'implementazione uniforme del PACS, ma l'implementazione rimane volontaria.

2.8 Prospettiva

DICOM è saldamente radicato nel settore medico e viene costantemente sviluppato per tenere conto dei nuovi sviluppi. Non si conosce un formato alternativo che soddisfi tutti i requisiti in campo medico.

⁵ Ad esempio, tramite l'editor di file del browser online <https://dicom.innolitics.com/ciods>.

Dal punto di vista archivistico, sarebbe auspicabile poter creare SIP direttamente dal PACS/VNA. Tuttavia, non si intravede uno standard vincolante per un'interfaccia archivistica nel PACS/VNA.

3 Conclusione

DICOM 3.0 è attualmente l'unico formato stabilito a livello globale che soddisfa tutti i requisiti per lo scambio di dati di immagini mediche. Al momento non è prevedibile che il formato diventi obsoleto o venga sostituito da un altro.

4 Bibliografia

- [1] F. Dickmann e O. Rienhof, "Medicina", Archiviazione a lungo termine dei dati di ricerca. Eine Bestandsaufnahme, pp. 227-256, 2012.
- [2] T. Roy, "KDNuggets", [Online]. Disponibile: <https://www.kdnuggets.com/2017/07/medical-image-analysis-deep-learning-part-4.html>. [Accesso 8 12 2022].
- [3] DICOM, "DICOM Digital Imaging and Communication in Medicine", [Online]. Disponibile: https://www.dicomstandard.org/vedere_soprattutto:https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part10.pdf. [Consultato l'8 12 2022].
- [4] Wikipedia, "Wikipedia", 2 12 2022. [Online]. Disponibile: https://de.wikipedia.org/wiki/Digital_Imaging_and_Communications_in_Medicine. [Consultato l'8 12 2022].
- [5] O. S. Pianykh, "Medical Images in DICOM", in Digital Imaging and Communications in Medicine, Berlin, Heidelberg, Springer, 2008, pp. 85-111.
- [6] LeadTools, "LeadTools", [Online]. Disponibile: <https://www.leadtools.com/help/sdk/v21/dicom/api/overview-basic-dicom-file-structure.html>. [Consultato l'8 12 2022].
- [7] dcm4che, "dcm4che-2.x", 18 11 2015. [Online]. Disponibile: <https://dcm4che.atlassian.net/wiki/spaces/d2/pages/1835038/A+Molto+base+DICOM+Introduzione>. [Consultato l'8 12 2022].
- [8] Leadtools, "Leadtools", [Online]. Disponibile: <https://www.leadtools.com/help/sdk/v21/dh/to/file-formats-dicom-format-dic.html>. [Consultato l'8 12 2022].
- [9] W. G. 1. Comitato per gli standard DICOM, Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): Supplemento 202: Real-Time Video, Rosslyn, Virginia 22209 USA: NEMA, 2019.
- [10] Innolitics, "Browser standard DICOM", [Online]. Disponibile: <https://dicom.innolitics.com/ciods/cr-image/overlay-plane/60xx3000>. [Consultato l'8 12 2022].
- [11] DICOM, "DICOM PS3.5 2022d - Strutture dati e codifica", . [Online]. Disponibile: https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part05/chapter_8.html. [Consultato l'8 12 2022].
- [12] G. Flury et al, "Un'integrazione di sistema completa in un ospedale senza film", Schweizerische Ärztezeitung, pagg. 369-372, 2008.
- [13] Ospedale universitario di Balgrist, "Migrazione di 500.000 dati di esami in tre mesi: PACS: sostituzione di successo del sistema all'Ospedale Universitario Balgrist", Clinicum, n. 5, pagg. 55-57, 2011.
- [14] DICOM, 2022. [Online]. Disponibile: <https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/pdf/part10.pdf>. [Consultato l'8 12 2022].
- [15] Toshiba, "A practical guide to DICOM", Toshiba Corporation, Tustin, California, 2001.