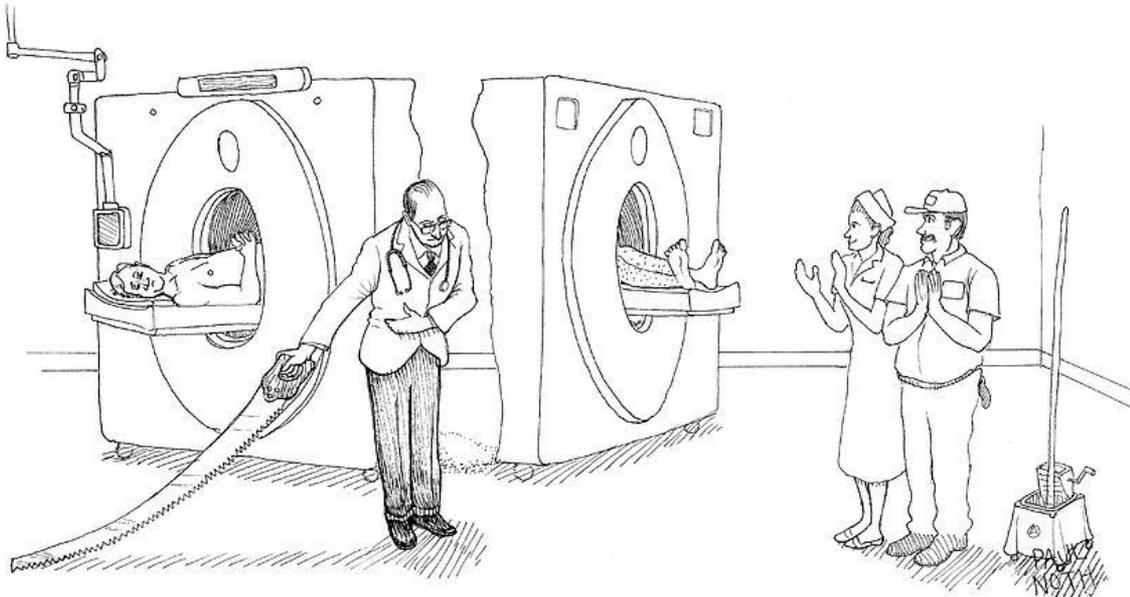


Informatica

Carlo Fantozzi

A.A. 2021/22



Informazione

- **Numerica**
 - Numeri naturali
 - Numeri interi
 - Numeri non interi
- **Non numerica**
 - Testi
 - Suoni
 - Immagini 
 - Video

Informazione

"The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point.

Frequently the messages have meaning [...] These semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem.

The significant aspect is that the actual message is one selected from a set of possible messages.

If the number of messages in the set is finite then [...] any monotonic function of this number can be regarded as a measure of the information [...]"

C. E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication", 1948

Rappresentazione dell'informazione

Informazione

Messaggio

Numero **finito** di messaggi possibili

Rappresentazione tramite
una quantità finita di **numeri**

Sistemi di numerazione posizionali

$$\begin{aligned} & (\dots a_2 a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} \dots)_b = \\ & = \dots + a_2 \cdot b^2 + a_1 \cdot b^1 + a_0 \cdot b^0 + a_{-1} \cdot b^{-1} + a_{-2} \cdot b^{-2} + \dots \\ & = \sum_i a_i \cdot b^i \end{aligned}$$

- b è la base del sistema di numerazione
- Gli a_i sono le cifre del numero
- Il valore di una cifra dipende dalla sua **posizione**

Sistema di numerazione in base 10

- $b=10$
- Possibili cifre: $\{0;1;2;3;4;5;6;7;8;9\}$

$$\begin{aligned}2095.42_{10} = & 2 \cdot 10^3 + \\ & 0 \cdot 10^2 + \\ & 9 \cdot 10 + \\ & 5 + \\ & 4 / 10 + \\ & 2 / 10^2\end{aligned}$$

Sistema di numerazione in base 2

- $b=2$
- Possibili cifre: $\{0;1\}$

$$\begin{aligned} 11011.101_2 = & 1 \cdot 2^4 + \\ & 1 \cdot 2^3 + \\ & 0 \cdot 2^2 + \\ & 1 \cdot 2 + \\ & 1 + \\ & 1 / 2 + \\ & 0 / 2^2 + \\ & 1 / 2^3 = 27.625_{10} \end{aligned}$$

Rappresentazione negli elaboratori

Negli elaboratori, l'elemento base per la rappresentazione delle informazioni è la **cifra binaria**: {0;1}.
È chiamato **B**Inary digiT o più semplicemente **BIT**.

Può essere realizzato in molti modi diversi (carica elettrica, campo magnetico, ecc.),
ma in tutti i casi **può assumere esattamente 2 valori**
e corrisponde quindi a una **cifra binaria**.

Qualsiasi informazione in un elaboratore è rappresentata
tramite un **numero finito di bit**.

Numeri naturali

Esempio di rappresentazione con $M=4$ cifre (bit):

$$0000_2 = 0_{10}$$

$$0001_2 = 1_{10}$$

$$0010_2 = 2_{10}$$

$$0011_2 = 3_{10}$$

$$0100_2 = 4_{10}$$

...

$$1110_2 = 14_{10}$$

$$1111_2 = 15_{10}$$

I numeri maggiori di 15 **non** sono rappresentabili.

Rappresentazione finita: osservazione

Utilizzando un numero di cifre finito si può rappresentare solo una **quantità finita di numeri**.

Esempio per i numeri naturali:

base	n. di cifre	quantità	min	max
10	M	10^M	0	10^M-1
10	4	10^4	0	9999
2	M	2^M	0	2^M-1
2	4	2^4	0	15
2	10	2^{10}	0	1023
2	20	2^{20}	0	1048575
2	30	2^{30}	0	1073741823

Potenze di 2

Quando il numero di bit è elevato, si usano delle abbreviazioni analoghe a quelle delle unità di misura

**IEC
60027**

Prefisso	Nome	Pot. di 2	Valore
1Ki	kibi-	2^{10}	1.024
1Mi	mebi-	2^{20}	1.048.576
1Gi	gibi-	2^{30}	1.073.741.824
1Ti	tebi-	2^{40}	$\sim 1.1 \times 10^{12}$
1Pi	pebi-	2^{50}	$\sim 1.1 \times 10^{15}$
1Ei	exbi-	2^{60}	$\sim 1.2 \times 10^{18}$
1Zi	zebi-	2^{70}	$\sim 1.2 \times 10^{21}$
1Yi	yobi-	2^{80}	$\sim 1.2 \times 10^{24}$

Rappresentazione dell'informazione

- **Numerica**

- Numeri naturali (32 bit: $0 \dots 2^{32}-1$)
- Numeri interi (32 bit: $-2^{31} \dots 2^{31}-1$)
- Numeri non interi (floating point: $|\approx 1.4_{10} \cdot 10^{-45}| \dots |\approx 3.4_{10} \cdot 10^{+38}|$)

- **Non numerica**

- Testi (Standard UNICODE)
- Suoni () +compressione
- **Immagini**
- Video (sequenze di immagini + suono)

Immagini: rappresentazione raster

Dal latino *rastrum* ("rastrello"): sottolinea come l'immagine sia costituita da una **griglia di punti**.

I punti sono detti **pixel** ("PICTure Elements").



Il numero di bit usati per rappresentare un pixel definisce il tipo di immagine

- **1 bit/pixel**: bianco e nero
- **8 bit/pixel**: scala di grigi, a colori con palette ($2^8=256$)
- **24 bit/pixel**: 16'777'216 colori ("true color") ($2^{24}=16M$)

Esempi di standard:

- BMP
- GIF
- PNG
- TIFF
- JPEG

Formati **compressi** (vedremo cosa significa)

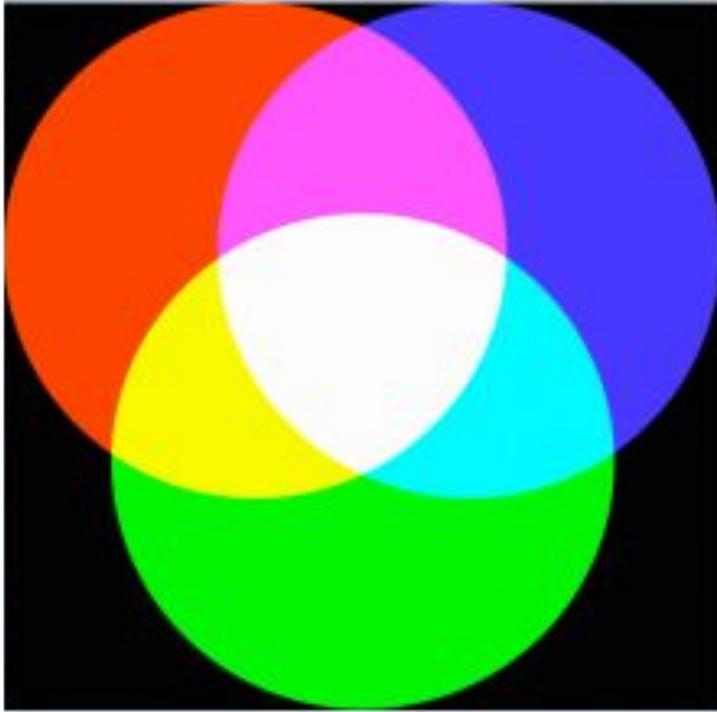
Immagini: colore dei pixel

Il colore visibile di una superficie dipende dal fatto che quella superficie assorbe una parte della luce ricevuta dall'ambiente e riflette la parte non assorbita.

Una superficie che assorbe tutte le radiazioni luminose tranne una, risulta del colore corrispondente a quella radiazione: se non assorbe il rosso, risulta rossa, ecc.

Se riflette tutte le onde luminose appare bianca (bianco = somma di tutti i colori); se assorbe tutte le onde e non ne riflette nessuna, viene percepita come nera (assenza di colori).

Colore dei pixel: modello RGB



RGB (Red-Green-Blue)

Modello additivo:
basato sui tre colori primari

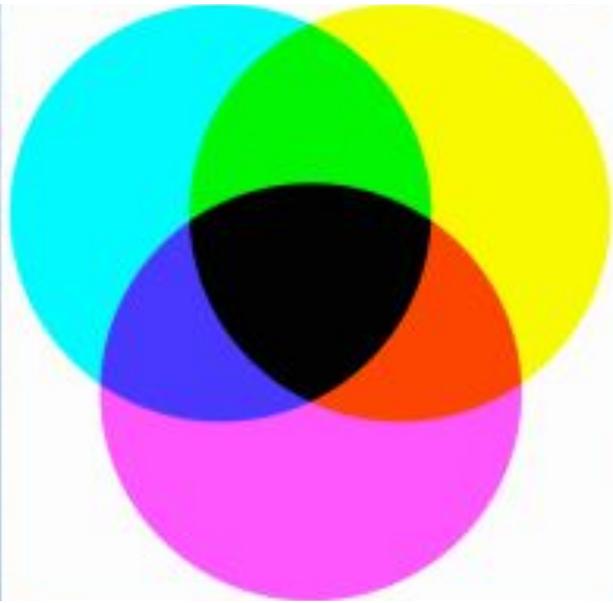
ROSSO-VERDE-BLU

Miscelando i tre colori primari, variandone le dosi,
si ottengono gli altri:

zero dose di tutti e 3 \rightarrow nero;

massima dose di tutti e 3 \rightarrow bianco.

Colore dei pixel: modello CMYK



CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-black)

Modello sottrattivo:
basato sui tre colori secondari

CIANO - **MAGENTA** - **GIALLO**

Ciascun colore assorbe tutte le componenti della luce e riflette solo la componente di quel colore.

Miscelando i tre colori secondari, variandone le dosi, si ottengono gli altri:

zero dose di tutti e 3 → bianco;

massima dose di tutti e 3 → bistro (marrone scuro).

Per ottenere il nero serve la quarta componente K - black.

Immagini: RGB vs. CMYK

RGB adatto per immagini visualizzate su uno schermo: esprime la luminosità di ciascuna delle 3 componenti (tricromia) e lo schermo emette luce.

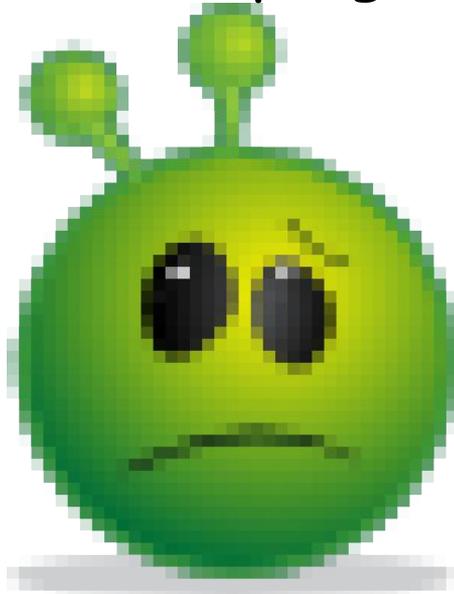
- zero luminosità di tutte 3 → nero;
- massima luminosità di tutte 3 → bianco.

CMYK adatto per immagini stampate su carta: esprime la quantità di inchiostro di ciascuna delle 4 componenti (quadricromia) cioè l'assorbimento di luce.

- zero inchiostro (zero assorbimento) → bianco
- max inch. di tutte 4 (zero riflessione) → nero

Rappresentazione raster: dimensioni

La qualità di un'immagine raster aumenta con il numero di pixel che la compongono



Anche l'occupazione in byte, però, aumenta!

- Immagine 640x480, 24 bit/pixel: \approx 900 KiB
- Immagine 3648x2736, 24 bit/pixel: \approx 29241 KiB (32x)

Per ovviare al fenomeno si adotta la **compressione**

Compressione: lossless vs. lossy

- **Compressione senza perdite (lossless)**
 - Preserva interamente l'informazione originaria
 - Fattore di compressione: 2 (tipico)
 - Esempi: GIF, PNG, TIFF (immagini), ZIP (documenti generici)
- **Compressione con perdita (lossy)**
 - Scarta alcune informazioni, valutate meno rilevanti
 - Il documento originale non può essere ricostruito fedelmente.
 - Fattore di compressione: 20 o più
 - Esempi: JPEG (immagini), MP3 (suoni)

Rappresentazione raster: formato BMP

- BMP: acronimo per Bit MaP
- Introdotto nel 1990 da Microsoft
- Tipicamente 24 bit per pixel: max 16M colori (true color)
- Nessuna compressione

Rappresentazione raster: formato GIF

- GIF: acronimo per Graphics Interchange Format
- Introdotto nel 1987 da CompuServe
- 8 bit per pixel: max 256 colori (palette)
- Possibilità di creare animazioni (sequenze di immagini)
- Compressione lossless (algoritmo LZW)
- Possibilità di visualizzazione interlacciata (progressiva): per rendere riconoscibile un'immagine solo parzialmente scaricata

Rappresentazione raster: formato PNG

- PNG: acronimo per Portable Network Graphics
- Creato nel 1995 per sostituire GIF che era brevettato (brevetto scaduto nel 2004)
- Fino a 24 bit per pixel: max 16M colori (true color)
- Non prevista la possibilità di creare animazioni
- Compressione lossless (algoritmo deflate PKZIP)
- Possibilità di visualizzazione interlacciata (progressiva): per rendere riconoscibile un'immagine solo parzialmente scaricata

Rappresentazione raster: formato TIFF

- TIFF: acronimo per Tagged Image File Format
- Creato nel 1986 da Aldus Corporation, ora Adobe
- Fino a 24 bit per pixel: max 16M colori (true color)
- Non prevista la possibilità di creare animazioni
- Può essere compresso: lossless (LZW, PKZIP), o lossy (JPEG), oppure non compresso
- Anche compressi, i file TIFF sono spesso molto più grandi dei corrispondenti file GIF o JPEG

Rappresentazione raster: formato JPEG

- Definito nel 1992 dal Joint Photographic Experts Group, da cui l'acronimo JPEG
- Tipicamente 24 bit per pixel: 16M colori (true color)
- È il più diffuso standard di compressione delle immagini fotografiche
- Il livello di compressione può essere selezionato per consentire un accettabile compromesso tra dimensione del file e qualità dell'immagine.
- Tipicamente è possibile una compressione 10:1 senza apprezzabile perdita di qualità dell'immagine
- Possibilità di visualizzazione interlacciata (progressiva)

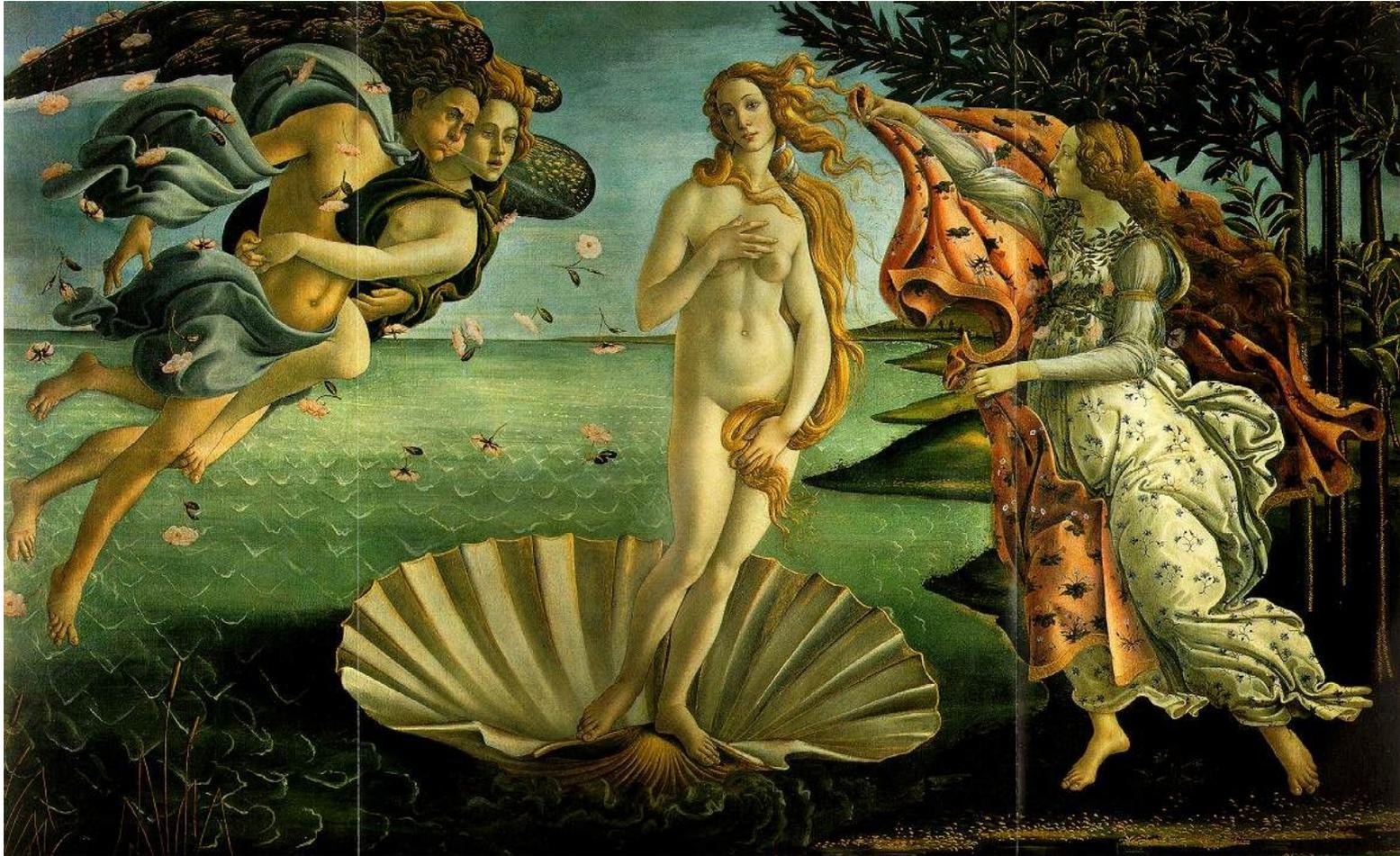
Confronto tra PNG, JPEG, GIF, TIFF

File type comparison of PNG, JPEG, GIF, and TIFF

	Use	Example Uses	Don't Use
PNG	Graphics, small images that maintain original quality, transparency	Charts, diagrams, logos, photos	Sharing high-resolution photos on the web
JPEG	Photos on the web	Photos in a slide deck, blog, or social media	Editing images, line graphics, or print
GIF	Small, simple graphics with limited color	Ad banners, simple charts, buttons, animation	Photographs, detailed imagery
TIFF	Editing and storage	Storing photos that will be edited, print	Images on the web

Compressione lossy: esempio (1 di 2)

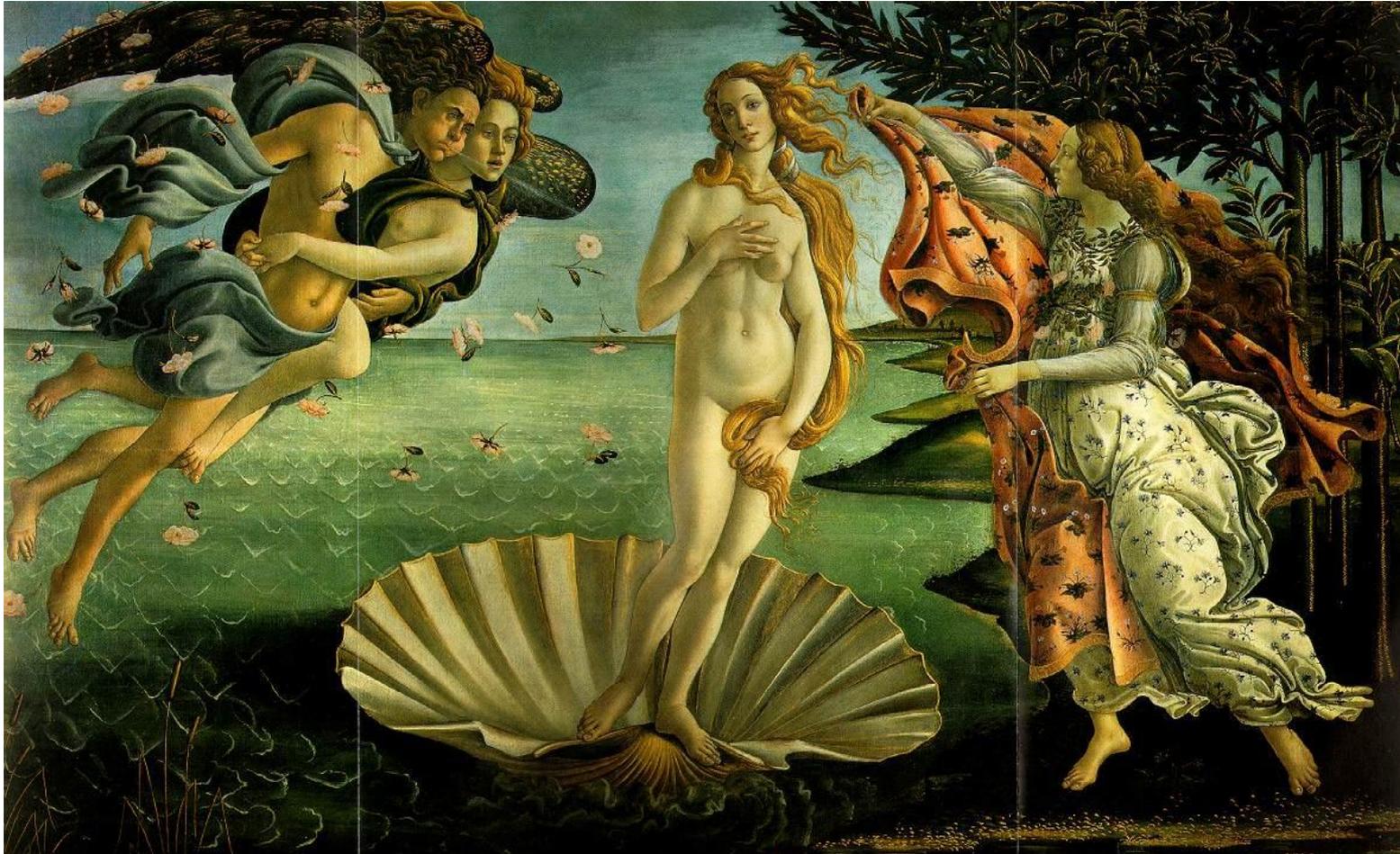
bmp



La nascita di Venere.Botticelli.bmp (non compressa: **2.59 Mbyte**)
(risoluzione 1024x768 pixel)

Compressione lossy: esempio (2 di 2)

jpg



La nascita di Venere.Botticelli.jpg (compressa: **221 Kbyte**)

.bmp (2.59 MB) \Rightarrow .jpg (221 KB): **compression ratio = 11.7**

Rappresentazione delle immagini

Compressione lossy: distorsioni

Nell'immagine ricostruita (non fedele) sono presenti delle **distorsioni** che cambiano a seconda del metodo di compressione

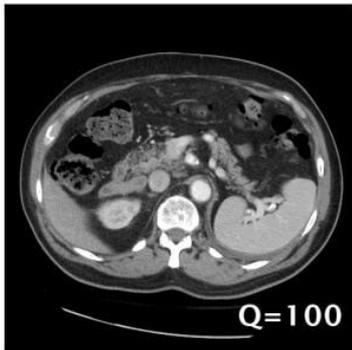
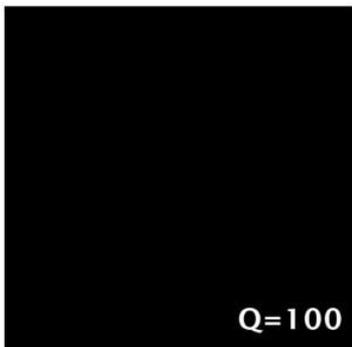
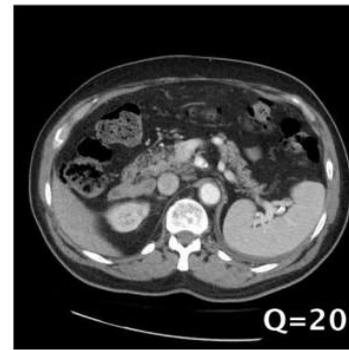
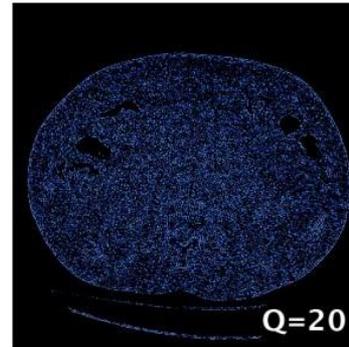


immagine
ricostruita



errore di
ricostruzione



Compressione lossy: immagini mediche

Rapporti di compressione accettabili per uso medico ([European Society of Radiology, 2011](#)).

	UK	Canada JPEG	Canada J2K	Germany
Radiography - chest	10	30	30	10
Radiography - skeletal	10	30	20	10
Radiography - body	10	30	30	10
Radiography - pediatric		30	30	
Radiography - mammo	20	25	25	15
CT - head	5	12	8	5
CT - skeleton/chest/lung	5	15	15	8
CT - body		15	10	10
CT - angio		15	15	
CT - pediatric		15	15	
MR	5	24	24	7
NM		11	11	
US	10	12	12	
XA	10			6
XRF				6
Images for RT planning	None			

Immagini: rappresentazione vettoriale

Insieme di elementi geometrici bidimensionali (punti, linee, archi di curva, triangoli...) o tridimensionali (cubi, quadriche, ...)

Esempi di formati:

- PostScript (immagini 2D)
- DXF (disegno tecnico)
- RISpec (immagini 3D)
- TrueType (caratteri)

```
...  
/v /v ldef  
/y {_r 2 copy curveto} bdef  
/Y /y ldef  
/l {_r lineto} bdef  
/L /l ldef  
/m {_r moveto} bdef  
% path construction operators  
/_R {.25 sub round .25 add} bdef  
...
```



RIS: sistema informativo radiologico

Un sistema informativo radiologico, RIS (Radiology Information System) è utilizzato nelle Radiologie per gestire il flusso dei dati legati ai pazienti.

Le funzionalità del RIS permettono di gestire tutta la serie di azioni od eventi

- dall'approccio del paziente con la struttura
- fino alla consegna del referto.

PACS: gestione delle immagini radiologiche

PACS (*Picture archiving and communication system*) è un sistema hardware e software dedicato alla gestione (archiviazione, trasmissione, visione) delle immagini diagnostiche digitali.

- Si integra con gli altri sistemi informativi, in particolare con il RIS, consentendo l'accesso alle immagini da qualunque postazione.
- Utilizza il protocollo di rete TCP/IP seguendo lo standard HL7 (*Health Level 7*)
- Può permettere anche elaborazioni delle immagini, ad esempio ricostruzioni 3D.

Immagini tomografiche: pixel e voxel

Nelle immagini tomografiche:

- TC o CT (*Computed Tomography*),
- RM o MR (*Magnetic Resonance*),
- PET (*Positron Emission Tomography*),
- SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*)

i pixel corrispondono agli elementi di volume (*volume element, voxel*) che costituiscono gli strati o sezioni del corpo in esame. I voxel hanno la forma di un parallelepipedo o di un cubo.

Immagini diagnostiche: scala di grigi

Nella maggior parte delle tecniche (radiografia, ecografia, TC) le immagini dipendono da un singolo parametro fisico, quale la densità dei tessuti; in questi casi la presentazione in scala di grigi è pienamente idonea.

Le immagini sono rappresentate con un numero di bit per pixel variabile tra 10 e 16 (tra 1024 e 65536 livelli di grigio).

Immagini diagnostiche: uso del colore

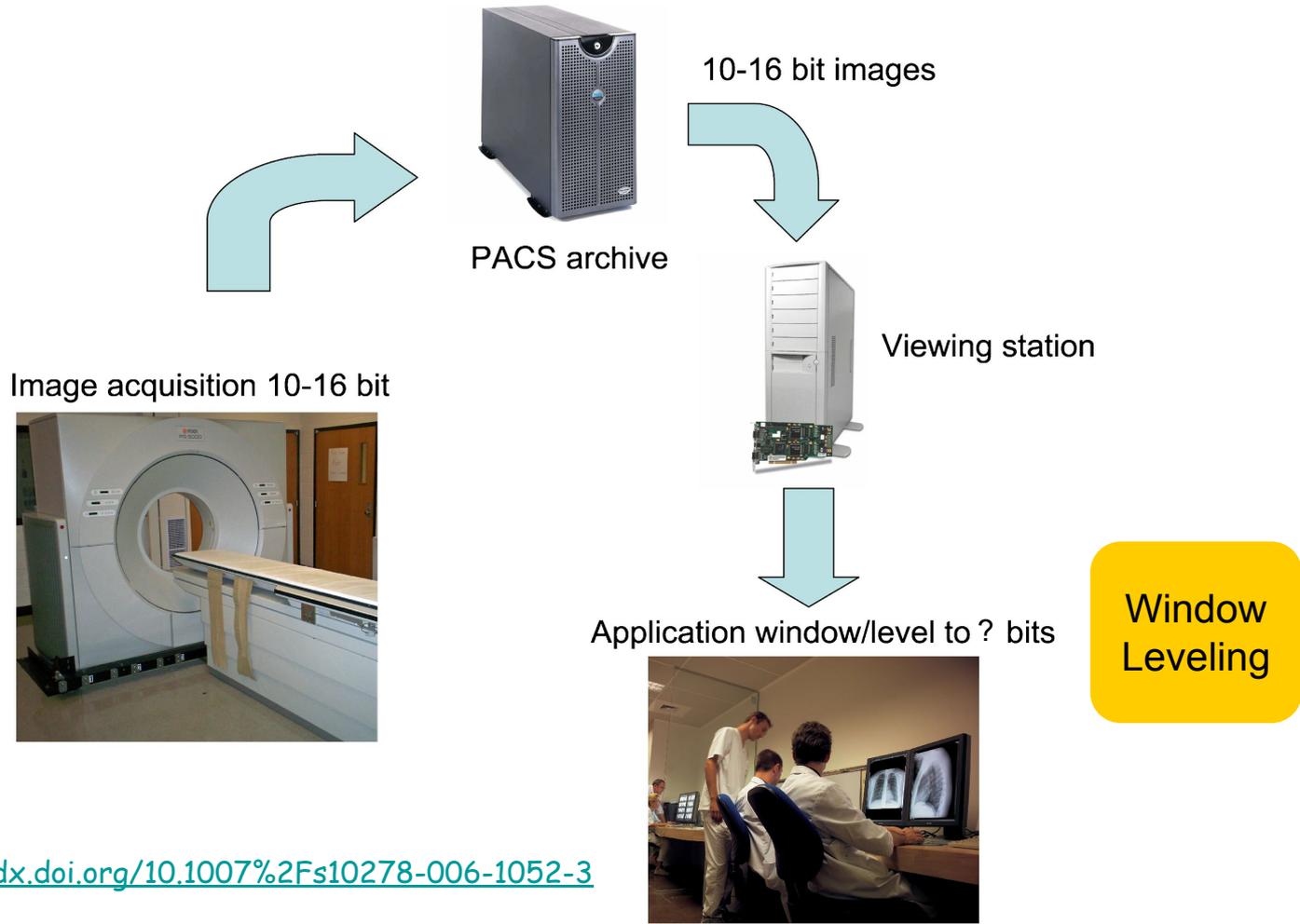
Le immagini a colori si utilizzano soprattutto in medicina nucleare e per visualizzare in sovrapposizione immagini ottenute con tecniche diverse (come PET e TC) e dati anatomici e funzionali ottenuti con la stessa tecnica, come con l'ecografia color Doppler, in cui le informazioni anatomiche sono visualizzate in scala di grigi, e quelle funzionali (flusso sanguigno) a colori. Le immagini a colori possono essere utili per visualizzare simultaneamente dati che derivano dall'analisi di diversi parametri fisici, per esempio in immagini RM.

Immagini diagnostiche: visualizzazione

Il dispositivo ideale per la visualizzazione di immagini diagnostiche deve

- essere in grado di mostrare il numero di livelli di intensità previsto
(esempio: un monitor ordinario visualizza 256 livelli di grigio, non 1024 o 65536),
- avere una differenza tra livelli di intensità consecutivi che sia percepibile
(Just Noticeable Difference, JND),
- essere calibrato.

Immagini diagnostiche: visualizzazione



Fonte: <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs10278-006-1052-3>

DICOM: standard per immagini radiologiche

- Lo standard **DICOM** (*Digital Imaging and COmmunications in Medicine*) definisce i criteri per la comunicazione, l'archiviazione, la visualizzazione e la stampa di immagini mediche.
- Lo standard DICOM è pubblico: vantaggioso perché consente interscambio di informazioni tra apparecchiature di diversi produttori.
- I sistemi PACS trasmettono immagini secondo lo standard (e in formato) DICOM.
- Inizialmente standard industriale, DICOM è ora uno standard ufficiale (ISO 12052:2017).

DICOM: standard internazionale



Home

DICOM[®] (Digital Imaging and Communications in Medicine) is the **international standard** to transmit, store, retrieve, print, process, and display **medical imaging** information.

DICOM[®]:

- makes medical imaging information **interoperable**
- **integrates** image-acquisition devices, PACS, workstations, VNAs and printers from different manufacturers
- is actively developed and maintained to meet the **evolving** technologies and needs of medical imaging
- is **free** to download and use

DICOM: standard internazionale

- DICOM® (Digital Imaging and Communications in Medicine) è lo **standard internazionale** che definisce le modalità per la trasmissione, l'archiviazione, l'elaborazione e la visualizzazione di **immagini mediche e informazioni associate**.
- Consente l'interoperabilità delle immagini mediche
- Integra i dispositivi di acquisizione delle immagini, i sistemi PACS, i dispositivi di visualizzazione, le reti locali, ecc. di diversi produttori.
- Può essere scaricato e usato liberamente.

DICOM: formato delle immagini

Un file DICOM ha due parti.

(a) Intestazione testuale: dati anagrafici del paziente, protocollo di acquisizione, tipo di scansione, posizione e dimensione dell'immagine, dimensioni dei pixel, ecc.

(b) Valori dei pixel (l'immagine).

Lo standard DICOM non stabilisce il formato (BMP, JPG, ..., compresso o non compresso) con cui sono rappresentate le immagini.

Spesso le immagini sono archiviate in forma compressa, nel formato JPG.

DICOM: esempio di visualizzazione

ISTITUTO DIAGNOSTICO ANTONIANO
TAC addome completo senza e con m.d.c.
StyDA: 26/09/2018
09:44:40
CT/SR
Contr/Bolus: IV

1 Esame

- TAC addome completo senza e con m.d.c.
26/09/2018 09:39 (7 settimane fa)
13 Serie, 1700 Immagini - (A)
- SR - Dose Record
1 Referto
- 1: CT - Scout
2 Immagini
- 2: CT - ARTERIOSA - VENOSA
363 Immagini
- 3: CT - VENOSA bone
259 Immagini**
- 4: CT - TARDIVA
178 Immagini
- 5: CT - Screen Save
1 Immagine
- 6: CT - VENOSA Lung
270 Immagini
- 7: CT - MPR Sag Lung
168 Immagini
- 8: CT - MPR Cor Lung
126 Immagini
- 9: CT - Serie Prep Smart
9 Immagini
- 10: CT - MPR Sag
190 Immagini

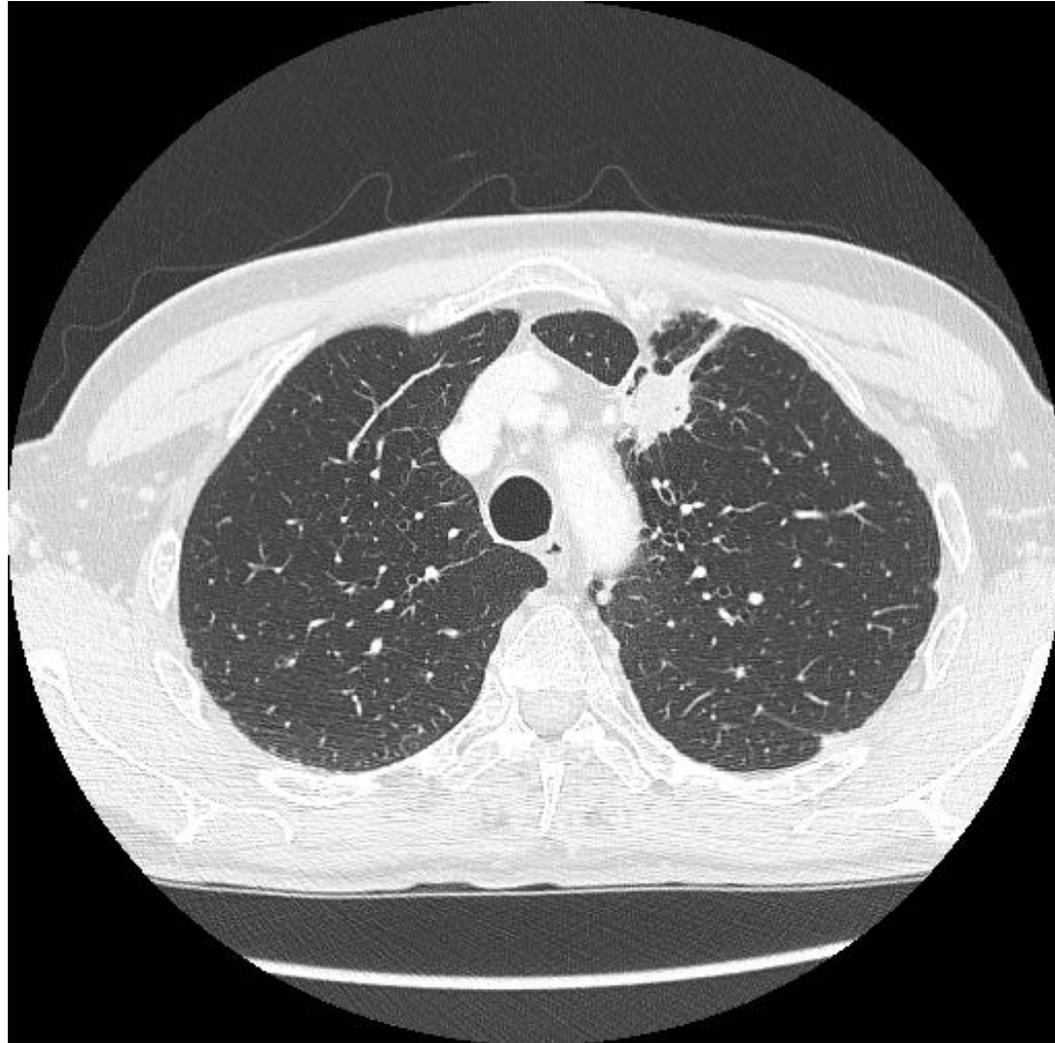
Sex: M
ACC: 479600.2

KVP: 120 kV
TC: 195 mA
EXP: 8 mAs
ST: 2.5 mm
SL: -55 mm

L: 300
W: 2000
[184%]
CAL
3.33

10 cm

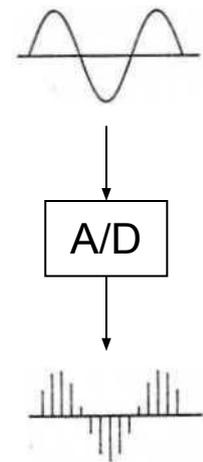
DICOM: esempio di immagine (867.jpeg)



Suoni: rappresentazione (1 di 2)

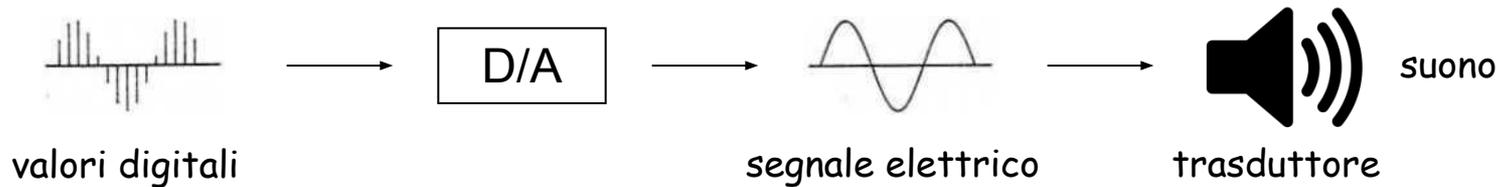
1. Il suono (vibrazione dell'aria) tramite un trasduttore (microfono) viene trasformato in un **segnale elettrico analogico** (tensione elettrica che varia nel tempo in modo **analogo** al suono)
2. Tramite un convertitore analogico/digitale (A/D) il segnale analogico viene discretizzato
 - nel TEMPO, raccogliendone **campioni** a una frequenza prestabilita
 - in AMPIEZZA, codificando ciascun campione con un **numero finito di bit**

La sequenza dei campioni codificati è la **rappresentazione digitale del suono**.



Suoni: rappresentazione (2 di 2)

Il segnale sonoro può essere ricostruito con la trasformazione inversa



La rappresentazione è tanto più fedele quanto maggiori sono

- la **frequenza di campionamento**
(per riprodurre fedelmente un suono a frequenza f bisogna campionare a frequenza almeno $2f$)
- il **numero N di bit dei campioni** (rapp. segnale/rumore)

Esempio: il Compact Disc (1982)



Frequenza di campionamento: 44100 Hz
(la massima frequenza udibile è ~20KHz).

16 bit per campione.

Suono stereofonico: 2 canali.

Un brano audio di 3 minuti occupa ~31'000 KiB!

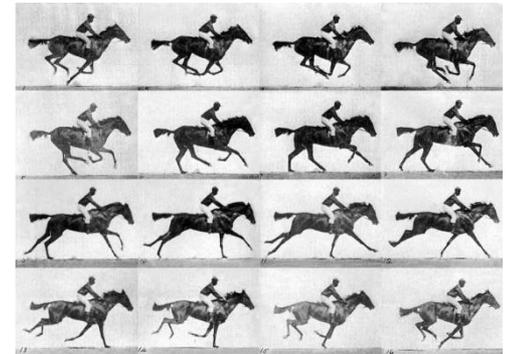
Anche per i suoni è importante la compressione.

Esempio: 3 minuti di suono compresso (lossy)
in MP3 a 128 Kbit/s occupano ~3'000 KiB.

Video

Un video è una sequenza di immagini ("**frame**")

- Cinema: 24 frame al secondo (fps)
- TV, standard europeo PAL: 25 fps
- TV standard USA NTSC: 30 fps



Senza compressione:

- Un minuto di video alla risoluzione di 640x480 (true color, 24fps) occupa 1'296'000 KiB (~1.2 GiB).
 - Un minuto di video ad **alta definizione** 1080p30 (1920x1080) occupa 10'935'000 KiB (~10.6 GiB)
- ⇒ La compressione è fondamentale.

Video: compressione

La maggior parte dei formati sono lossy.

Vengono ereditate le tecniche per le immagini, inoltre si effettua anche una compressione lungo l'asse del tempo (predizione del moto, eccetera).

Standard più diffuso: **MPEG**

- **MPEG-2**: DVD, digitale satellitare e terrestre
- **MPEG-4 AVC (H.264)**: Quicktime 7, Blu-ray Disc, ...

Rapporti di compressione tipici: 20 - 100

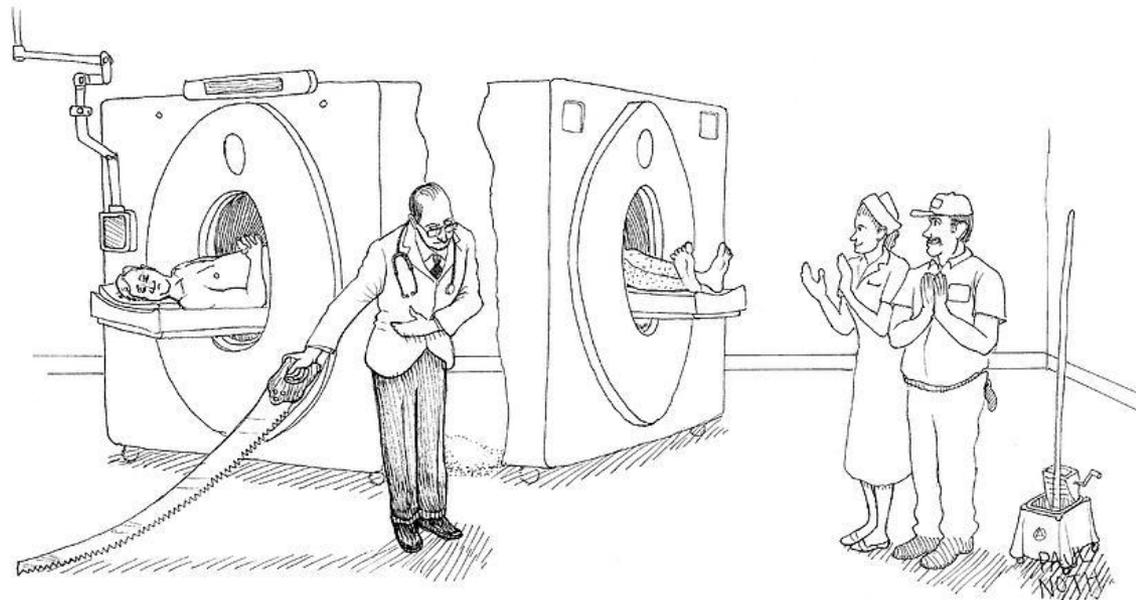
Esempi di altri formati di compressione:

- **.flv**: **Flash Video** (Macromedia/Adobe)
- **.divx** (DivX, Incorporated)
- **.wmv**: **Windows Media Video** (Microsoft)



Fine

Informatica



Diapositive di S. Congiu,
con aggiunte e modifiche