



Tecnologie digitali per il suono e l'immagine 2020/21

Vincenzo Lombardo
Corso di Laurea in DAMS
Università di Torino

Mutuato in parte da Elaborazione audio e musica
(Laurea Magistrale di Informatica)

Il video

Video nel multimedia

- Il medium più difficile
 - non bisogna “provarci”
 - tempi e costi
- Può essere il punto debole
 - risorsa difficile da gestire per la macchina
 - risorsa facilmente valutabile (qualitativamente)

L'illusione del movimento

- Fotogrammi individuali a un tasso che illude l'occhio
- Comuni tassi (frame/sec, fps):
 - Film: 24 fps
 - Televisione americana (NTSC): 30 fps
 - Televisione europea (PAL): 25 fps

Frame richiesti per durata

	1 sec	1 min	1 ora
Film	24	1440	86400
NTSC	30	1800	108000
PAL	25	1500	90000

Gli elementi essenziali del video (analogico e digitale)

- Rappresentazione elettronica di una sequenza di immagini (*frame*)
- Può includere una o più tracce audio

Parametri del segnale video

- Frame rate
- Numero di linee di scansione
- Aspect ratio
- Interallacciamento
- Qualità
- Colore (composito VS component)

TimeCode hh:mm:ss:ff

- codice numerico unico per ogni frame
- permette editing molto accurato
- per poterlo usare, occorre scriverlo sul nastro

Standardizzazione del time code

- PAL/SECAM: *EBU time code*, 25 frame/sec
- NTSC – 29.97: *SMPTE time code*
 - Non-drop frame SMPTE time code (29.97 come 30)
 - 108000 (3600x30) VS 107892 (3600x29.97) frame/ora
 - time code più lento – perde 3.6 (108/29.97) sec/ora
 - Drop frame SMPTE time code (perde qualche frame)
 - si eliminano i frame 0 e 1 da ogni min non divisibile per 10 ...
 - in tutto $54 * 2 = 108$ frame persi per ora

Video digitale

- Serie di immagini digitali (fotogrammi, frame) mostrate in rapida successione
- Tassi di display in frame al secondo (FPS)
- Più livelli di qualità

Avvento video digitale

- Fine anni '70 – inizio anni '80
 - Attrezzature video per effetti (NEC DVE)
- 1986: D1 Sony
- 1991: QuickTime di Apple per dati time-based e streaming ... MPEG1, MPEG2
- 1996: Formato DV (editing non lineare)
- 1999-2010: MPEG4

Numeri del video digitale

Pixel per frame			Bit per frame	Byte per frame	Durata	Bit rate			Video size		
W	H	Totale	24	3	T = 1h	24 fps	25 fps	30 fps	24 fps	25 fps	30 fps
pixel	pixel	pixel	bit	KB	sec	Mbps	Mbps	Mbps	GB	GB	GB
320	240	76800	1843200	225	3600	42	44	53	19	19	23
640	480	307200	7372800	900	3600	169	176	211	74	77	93
800	600	480000	11520000	1406	3600	264	275	330	116	121	145
1024	768	786432	18874368	2304	3600	432	450	540	190	198	237
1280	720	921600	22118400	2700	3600	506	527	633	222	232	278
1920	1080	2073600	49766400	6075	3600	1139	1187	1424	501	521	626

Video interlacciato

- Ogni fotogramma composto di due metà o campi (linee dispari + linee pari)
- Due campi consecutivi compongono un fotogramma
- Se frame rate = 15 frame per second, allora field rate = 30 field per second

Formati video

- Classificazione fatta per segmenti di mercato
- I vari segmenti differiscono per
 - qualità video richiesta
 - facilità di manipolazione
 - costi

Digital interlaced component video (ITU-R BT.601)

- Codifica 525-linee/60-Hz (NTSC) e 625-line/50-Hz (PAL)
- 720 luminanza x 360 crominanza per linea
- Codifica colori YUV 4:2:2
 - Campioni Y:Cb:Cr (luminanza:blue chroma:red chroma)
 - Coppia di pixel: Y1:Y2:Cb:Cr, Cb e Cr relativi a Y1
- Include dati per sync H e V + intervalli di blanking
- Quantizzazione luminanza ≥ 8 bit, crominanza ≥ 4 bit

D1 (Sony)

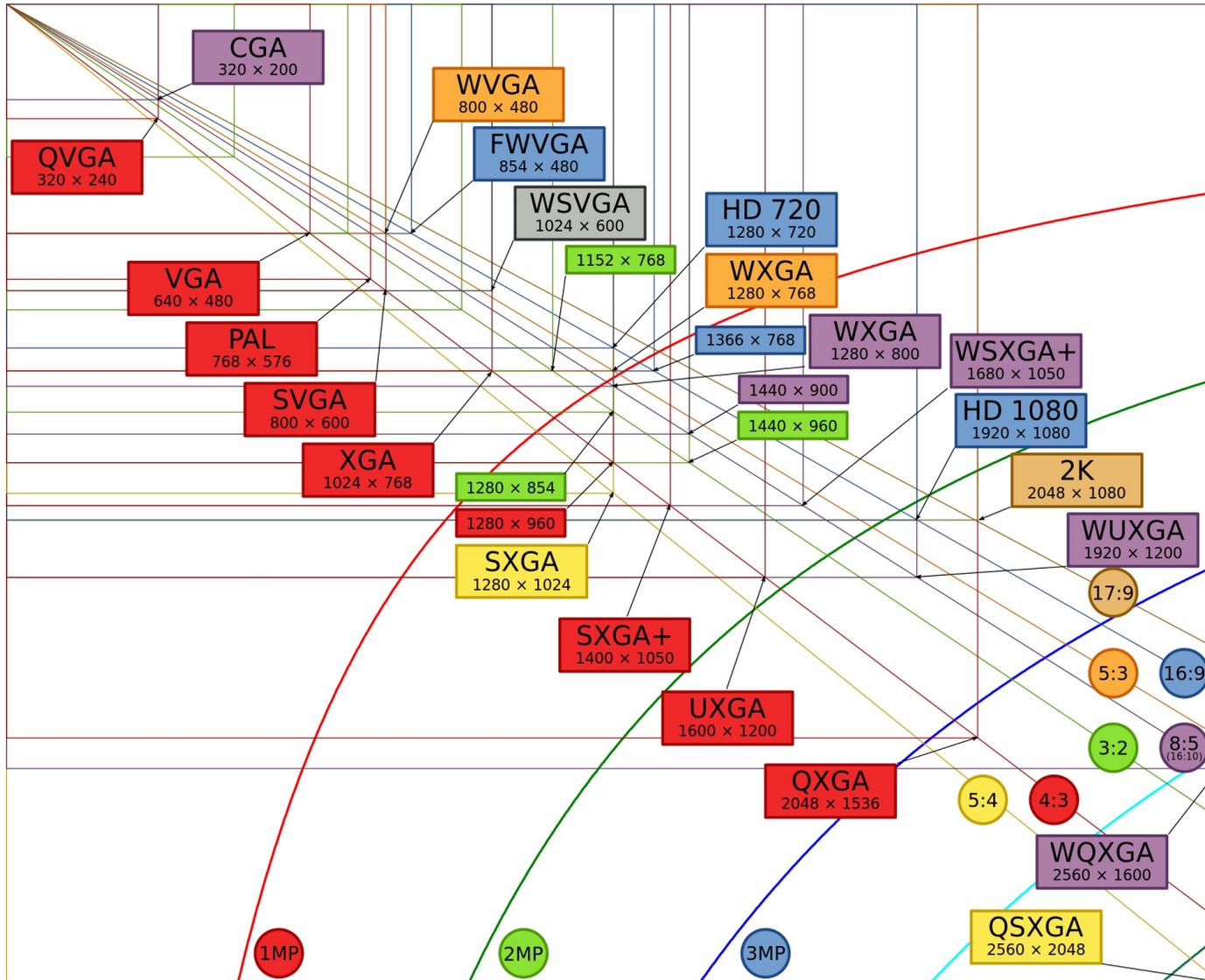
- Primo formato professionale (1986)
- Video component non compresso (uso TV)
- Codifica YUV 4:2:2 (seguendo ITU-R BT.601)
- Tracce audio PCM
- Timecode su nastro 19 mm (3/4")
- Enorme ampiezza di banda
- Tempo di registrazione max: 94 min
- Rimpiazzato dal Digital Betacam (ancora in uso)

Alta definizione (HD)

- Risoluzione più alta di SD
 - 1280×720, 720p
 - 1920×1080, 1080i/1080p
- Specifiche applicazioni in
 - broadcast (HDTV)
 - video recording (HDCAM, HDCAM-SR, DVCPRO HD, D5 HD, XDCAM HD, HDV, AVCHD)
 - delivery su disco ottico (Blu-ray Disc)
 - video tape (D-VHS)

HD: dettagli tecnici

- Numero di linee (1080 o 720)
 - DTV = 480/525 per NTSC, 576/625 per PAL
- Scanning: progressive (p) o interlaced (i).
- Frame per second o Field per second
 - 720p60 (1280×720, progressive, 60 fps)
 - 1080i50 (1920×1080, interlaced, “25 fps”)
- Aspect ratio: 16:9 (1.78 : 1)



Most common display resolutions (courtesy of Jjalocha, Aihtdikh, via Wikipedia)

Modalità HD

Video Mode	Frame size in pixel (W×H)	Pixel per immagine	Scanning	Frame rate (Hz)
720p	1280×720	921,600	Progressive	23.976, 24, 25, 29.97, 30, 50, 59.94, 60
1080i	1920×1080	2,073,600	Interlaced	25, 29.97, 30
1080p	1920×1080	2,073,600	Progressive	23.976, 24, 25, 29.97, 30, 50, 59.94, 60
2K	2048x1536	3,145,728	Progressive	
2160p	3840×2160	8,294,400	Progressive	
4K	4096x3072	12,582,912	Progressive	
2540p	4520x2540	11,480,800	Progressive	
4320p	7680x4320	33,177,600	Progressive	50, 60

Compressione

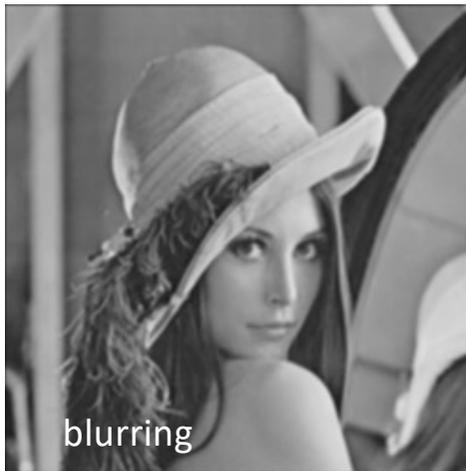
- Con perdite (fino a 1/10) e senza perdite
- Tempo reale
 - memorizzazione del video in forma compressa
 - decompressione in riproduzione
 - se non dal vivo, non necessario il tempo reale
- Interframe VS. Intraframe
 - relativo VS assoluto

Video compression artifacts



Immagine originale

[Khambete, Joshi 2007]



Supporto per non linearità

- Accesso casuale a frame individuali
- Riproduzione a frame rate differenti
- Editing

MPEG-1 (std. ISO/IEC)

- Video compresso (da 50:1 a 100:1)
- Data rate 1.5Mb/s
- Qualità VHS
- Rimuove le ridondanze spaziali (intraframe) e temporali (interframe)
 - DCT-based (Discrete Cosine Transform)
 - Motion-compensation

Formato video MPEG-1

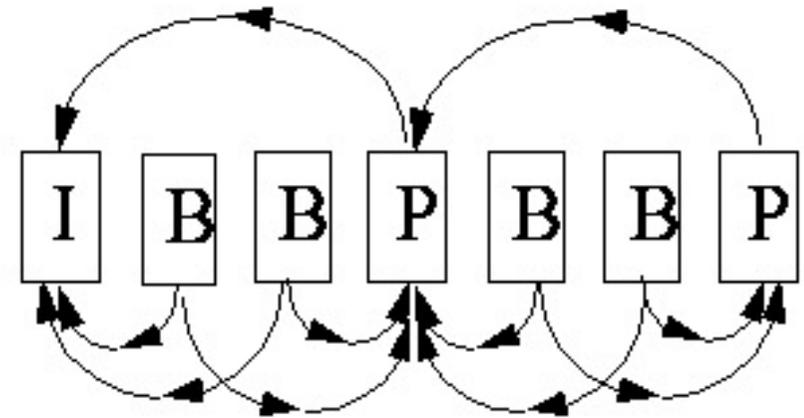
- Compressione
 - Da RGB-24 bit / 24-30 fps / 55.7-69.6Mbps
 - A max 1.5Mb/s
- Spazio colore YUV (YCrCb) - 4:2:0
 - Da 24 bit per pixel (8 bit Y, 8 bit U, 8 bit V)
 - A 12 bit per pixel (8 bit Y, 2 bit U, 2 bit V)

Frame Encoding in MPEG

- Frame suddivisi in macro-blocchi di 16x16 pixel
- 4 blocchi 8x8 di luminanza e 2 blocchi 8x8 di cromaticanza (1 U e 1 V)
- Compressione dentro macroblocchi con DCT

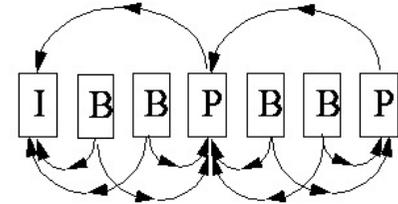
Tre tipi di frame nell'encoding

- Intra-frame (I-frames)
- Forward predicted frames (P-frames)
- Bi-directional predicted frames (B-frames)

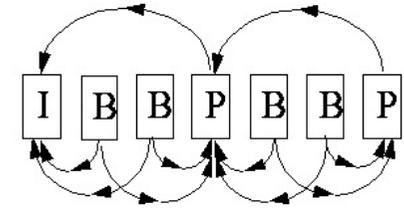


I-frame

- codificato come singola immagine (simil JPEG)
- blocchi 8x8 codificati indipendentemente (DCT + quantizzazione + RLE a zig-zag) tranne DC (codifica DPCM)

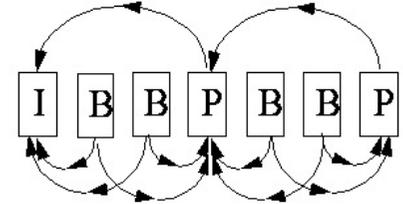


P-frame



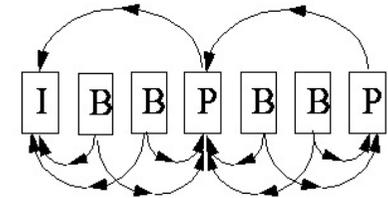
- Codificato in relazione al P- o I-frame (ref.) precedente
- Macroblocchi codificati come I-macroblock (come in I-frame) o come P-macroblock
- P-macroblock:
 - Rif. a area 16x16 del ref. frame + motion vector (anche $\frac{1}{2}$ pixel)
 - Un errore codificato in (DCT + quantizzazione + RLE)
- Si skipa macroblocco con motion vector (0, 0) e errore 0
- Motion vector elemento critico della compressione

B-frame



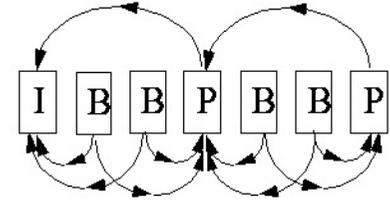
- Codificato come P-frame ma in relazione al reference frame precedente, futuro, o entrambi
- Usando entrambi i reference frame si prende la media delle due aree 16x16

Esempio



- Frame non seguono una sequenza statica IPB: ogni frame può essere di un tipo qualsiasi
- Spesso se ne usa una fissata per tutto il video per semplicità
- Data rate tipici
 - I-frame: 1 bit per pixel
 - P-frame: 0.1 bit per pixel
 - B-frame: 0.015 bit per pixel

Ordine dei frame

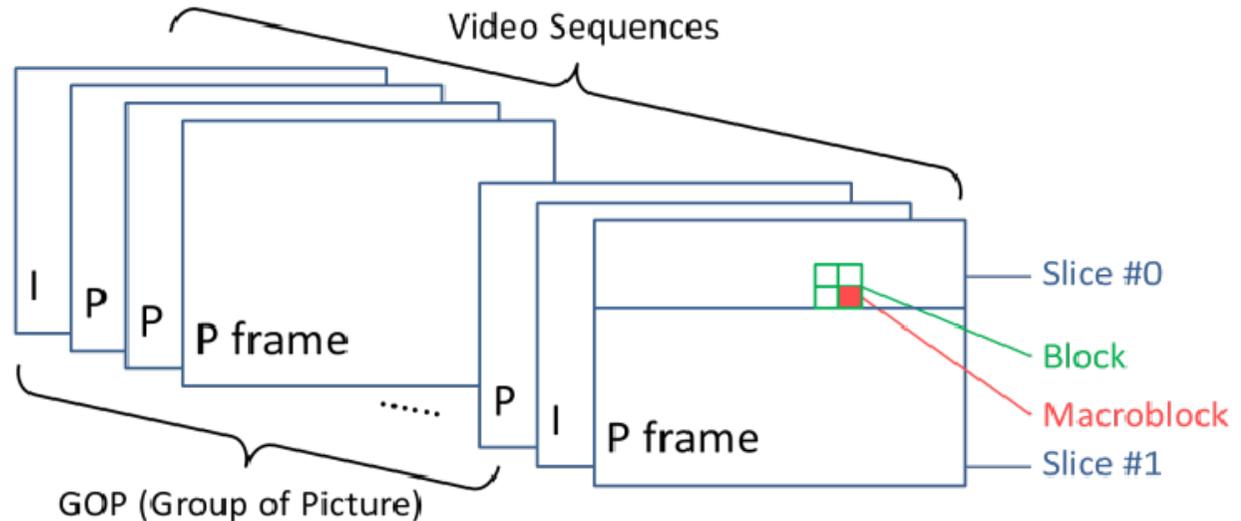


- Organizzati per minimizzare il buffering in decodifica (max 3 frame buffer)
- Esempio: IBBPBBP diventa IPBBPBB

Struttura gerarchica (a livelli)

Sequenza Video MPEG-1: flusso ordinato di bit, pattern per inizio e fine di sezione logica

- Sequenza = serie di “Groups of Pictures (GOP's)”
- GOP = sequenza di pictures (frames)
- Frame = serie di Slice
- Slice = serie di Macroblock
- Macroblock = max 6 block
 - 4 luminanza
 - 2 crominanza
 - motion vector



Yen-Jen Chen, Yang-Jen Lin, Sheau-Ling Hsieh
Analysis of Video Quality Variation with Different Bit Rates of H.264 Compression
January 2016, *Journal of Computer and Communications* 04(05):32-40

GOP e slice

- Struttura a GOP per accesso casuale
 - GOP decodificabile in modo indipendente
 - GOP di lunghezza qualsiasi (se inizia con I-frame)
 - Ma le Sequenze possono contenere le tabelle di quantizzazione
 - Pattern chiusi (IBBP), pattern aperti (IB)
- Slice per decodifica in presenza di errori

Formato MPEG

- MPEG1 (1992): fino a 1,5 Mbps
 - SIF PAL: 352x288 (176x144), 25fps
 - NTSC: 352x240 (176x120), 29,97 fps
- MPEG2 (1994): fino 100 Mbps
 - 352x288, 30 fps, fino a 4 Mbps
 - 720x576, 30fps, fino a 20 Mbps
 - 1440x1152, 60 fps, fino a 80 Mbps
 - 1920x1152, 60 fps, fino a 100 Mbps

Envelope

Quicktime (.mov)

- formato video rilasciato da Apple nel 1991
- include tutti i media temporali (anche musica)
- riproduzione su piattaforme diverse
- comprende funzioni multitraccia (es. sottotitoli) e supporti integrati (per MPEG, M-JPEG)

Audio-Video Interleaved (.avi)

- formato video di Microsoft (tecnologia Windows Media Player)
- video e audio vengono alternati l'uno all'altro (per la sincronizzazione)

Video HD nel web

Source	Codec	Highest resolution (W×H)	Total bit rate/bandwidth	Video bit rate	Audio bit rate
Amazon Video ^[note 1]	VC-1 ^[8]	1280×720 ^[9]	2.5-6 Mbit/s		
BBC iPlayer	H.264 ^[10]	1280×720 ^{[11][note 2]}	3.2 Mbit/s ^[10]	3 Mbit/s ^[10]	192 kbit/s ^[10]
blinkbox		1280×720	2.25 Mbit/s (SD) and 4.5 Mbit/s (HD)	2.25 - 4.5 Mbit/s	192 kbit/s
Blockbuster Online		1280×720			
CBS.com/TV.com		1920×1080 ^[12]	3.5 Mbit/s and 2.5 Mbits (720p) ^[12]		
Dacast	VP6, H.264 ^[13]	Unknown	5 Mbit/s ^[14]		
Hulu	On2 Flash VP6 ^[15]	1280×720 ^[16]	2.5 Mbit/s ^[17]		
iPlayerHD	FLV, QuickTime H.264, MP4 H.264 ^[18]	1920×1080 ^[19]		2 Mbit/s and 5 Mbit/s ^[20]	
iTunes/Apple TV	QuickTime H.264 ^[21]	1920×1080 ^[21]			
MetaCDN	MPEG-4, FLV, OGG, WebM, 3GP ^[22]	No Limit ^[23]			
Netflix Watch Instantly	VC-1 ^[24]	3840×2160 ^[25]	25 Mbit/s ^[26]	2.6 Mbit/s and 3.8 Mbit/s (1080p) ^[27]	
PlayStation Video	H.264/MPEG-4 AVC ^[28]	1920×1080 ^[28]		8 Mbit/s ^[28]	256 kbit/s ^[28]
StreamShark	H.264, FLV, OGV, WebM, VP8, VP9 ^[29]	1920×1080 ^[30]			
Vimeo	H.264 ^[31]	1920×1080 ^[32]		4 Mbit/s ^[33]	320 kbit/s ^[34]
Vudu	H.264 ^[35]	1920×1080 ^[36]	4.5 Mbit/s ^[37]		
Xbox Video ^[note 3]		1920×1080 ^[38]			
YouTube	H.264/MPEG-4 AVC, VP9, AV1	7680×4320			
StreamH	Istantanea Schermo	1920×1080 ^[40]			

[Wikipedia: HD video]

Encoding: parametri da settare

- *size*: dimensione area visibile (in pixel)
- *data rate*: flusso di dati (in K/sec)
- *profondità di colore*: numero di bit per pixel
- *frame al secondo*
- *key frame*: per compressione interframe
- *algoritmo di compressione*
- *traccia audio*: sr, quantizzazione, canali

Video: consigli generali

- digitalizzazione senza compressione
- decrementare qualità con compressione (codec)
- alta ipoteca posta dal materiale di partenza
- considerazioni analoghe a immagini statiche e audio

Grazie dell'attenzione

