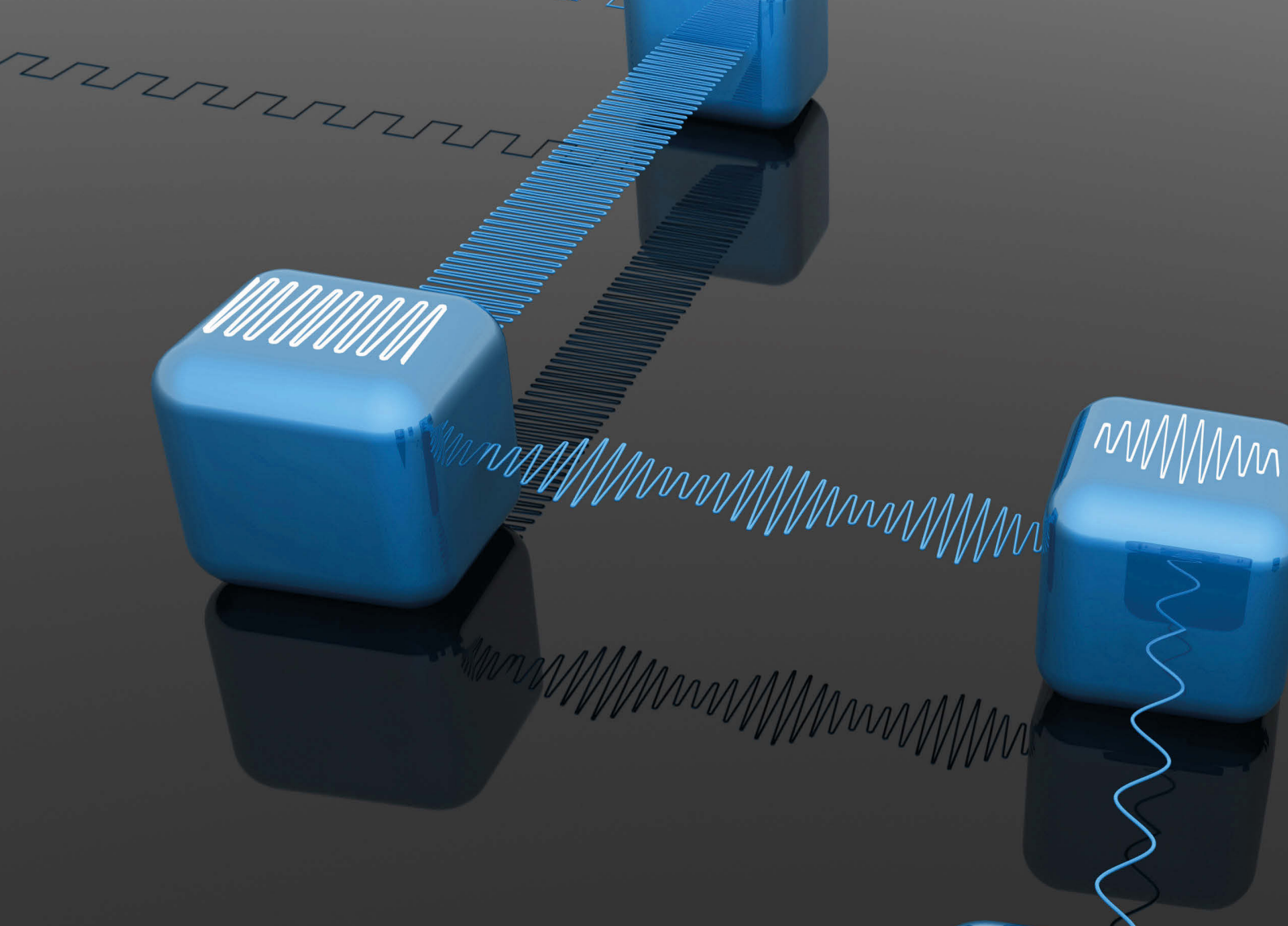
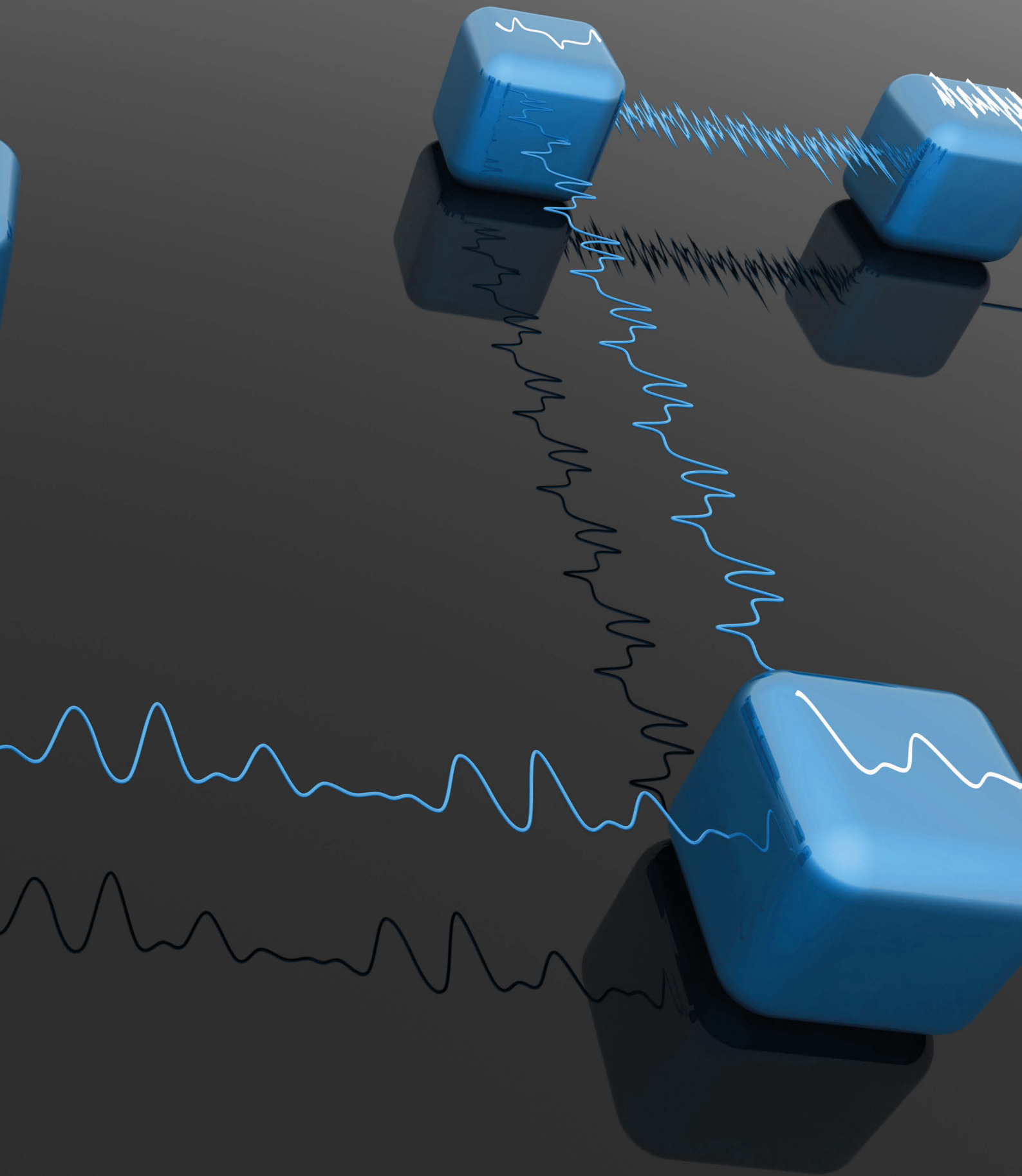




► Di Nicola Martello

CODEC VIDEO E CONTAINER

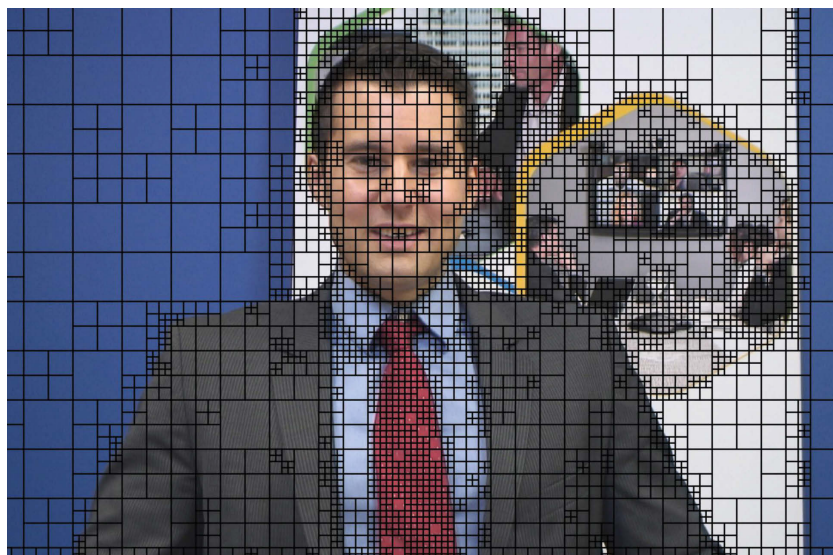
Il video digitale ha numerose caratteristiche, a cominciare dal codec e dal container. Quali sono le differenze tra codec e container? E, soprattutto, che cosa sono?



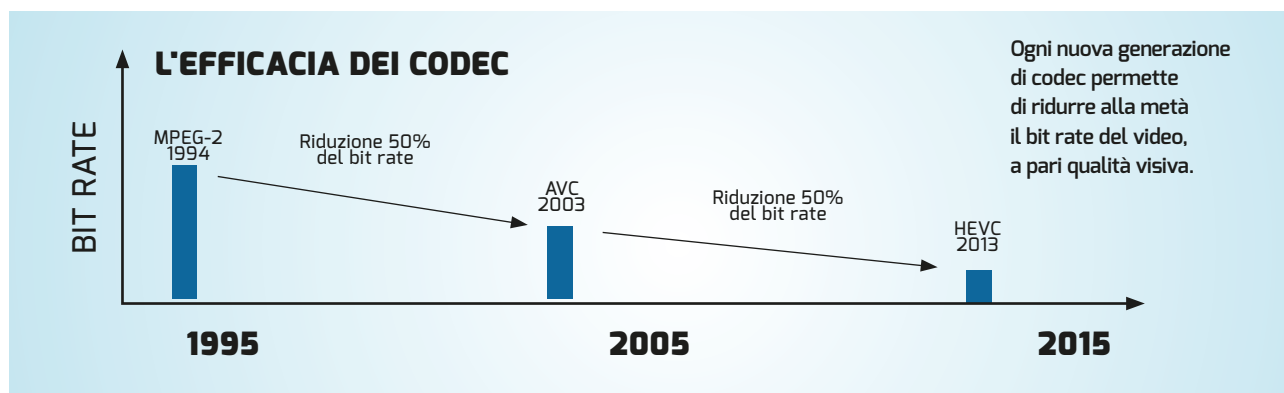


Ammettiamolo, la creazione di video a livello consumer non è così semplice come gli appassionati vorrebbero. I parametri con cui destreggiarsi sono diversi, ma probabilmente l'aspetto peggiore è la giungla dei formati video. Per riuscire a districarsi in questa giungla è necessario conoscere abbastanza bene la materia, a cominciare dalle caratteristiche dei *codec* e dei *container*. Già su questi due termini c'è parecchia confusione, dato che molti li ritengono equivalenti, addirittura sinonimi. In realtà non è così. Un *codec*, contrazione dell'espressione inglese *enCOder/DECoder*, è un insieme di algoritmi per la compressione e la successiva decompressione di dati digitali. Un *container* è invece, come dice il termine stesso inglese, un contenitore, un file che nella sua forma più completa ospita una varietà di elementi: uno o più flussi video e audio, testi, immagini, capitoli, menu interattivi, informazioni sulla sincronizzazione, metadati in genere.

Per codificare i video digitali, nel corso degli anni sono stati sviluppati numerosi tipi di codec, perché la mole di dati di un flusso video non compresso è elevatissima, assolutamente ingestibile se non si dispone di una workstation professionale per il video, figuriamoci in streaming da Internet con una connessione via cavo o wireless. Facendo qualche semplice conto, è facile definire la dimensione di un film lungo 90 minuti, Full Hd (1.920 x 1.080 pixel), a 24 fotogrammi al secondo, con una codifica di 8 bit per ogni colore primario Rgb. Si arriva alla bellezza di 751 Gbyte con un bit rate di ben 142 Mbyte al secondo, cifre notevoli anche senza considerare i bit necessari per il sincronismo dei fotogrammi, l'organizzazione dei pixel e la correzione degli errori. Nel caso dell'Ultra Hd (3.840 x 2.160 punti),



I codec più sofisticati suddividono ogni fotogramma in tanti riquadri diversi: di piccole dimensioni se contengono dettagli, più grandi se includono aree di colore uniforme.



naturalmente, si moltiplica tutto per quattro.

Per ridurre a livelli ragionevoli questa quantità di bit, è quindi fondamentale impiegare algoritmi di compressione. Quelli di tipo *lossless*, ovvero senza perdita di dati, non permettono una diminuzione sufficiente, perciò la totalità dei codec video in uso oggi sono di tipo *lossy*, eliminano parte dei dati originali. Questo consente un grosso risparmio in termini di bit rate e di dimensione del file, con un degrado della qualità visiva spesso irrilevante dato che il codec rimuove i dettagli meno percepibili durante la visione del video (ne parliamo in maniera più approfondita nel riquadro dedicato). Un'altra caratteristica significativa dei codec moderni è la loro asimmetria, cioè richiedono molta più potenza di calcolo in fase di compressione rispetto a quella di decompressione. Ciò rende più agevole la riproduzione sui dispositivi portatili, dotati di limitate capacità di calcolo e riserve di energia. La codifica molto complessa non è in genere un problema con i processori odierni, sia quelli dei computer che possono lavorare offline sia quelli dei camcorder che devono operare in tempo reale.

A questo proposito è interessante notare che le moderne Gpu sono di grande aiuto quando si tratta di comprimere e decomprimere i video. La loro struttura fortemente parallela e specializzata nel gestire le immagini (i video altro non sono che una sequenza di immagini, i fotogrammi) rende questi processori grafici lo strumento ideale per questo tipo di attività. Nvidia ha sviluppato sia l'hardware sia il software per i codec video più recenti: nelle Gpu Pascal, in particolare, sono inseriti i due motori di

accelerazione hardware *Nvenc* e *Nvdec*, entrambi separati e indipendenti dal core Cuda. Il primo serve per la codifica di H.264/Mpeg-4 AVC e H.265/Hevc, con profondità colore di 8 e 10 bit, compressione cromatica 4:4:4 e 4:2:0, risoluzione fino a 8K. Il secondo si occupa invece della decodifica di Mpeg-2, Vc-1, VP8 e 9, H.264 e H.265 e, a seconda della risoluzione del video, può lavorare anche a una velocità maggiore del tempo reale, caratteristica che viene comoda in caso di transcodifica, quando cioè è necessario cambiare il codec decomprimendo e ricomprimendo il video. Sul fronte software, Nvidia ha reso disponibile il *Video Codec Sdk*, che include sia un set completo di strumenti per il trattamento dei filmati sia due interfacce Api per l'hardware, *Nvencode* e *Nvdecode* (chiamata in passato *Nvcuvid*).

Anche Amd con le sue Gpu Radeon (anche quelle integrate nei processori o, più correttamente, nelle sue Apu) è in grado di trattare in hardware i video, grazie al motore *Vce* (*Video Coding Engine*) che lavora con H.264 e che quindi permette di scaricare la Cpu, lasciandola libera di dedicare le proprie risorse ad altri task.

Vce è pensato per sfruttare al massimo l'hardware Amd disponibile oppure

per ridurre il consumo di energia, una modalità importante per i dispositivi portatili a batteria. Nel primo caso, il motore può gestire fino a 16 flussi video Full Hd a 30 fotogrammi al secondo, mentre nel secondo i flussi si riducono a tre. Nelle Apu e Gpu di Amd esiste una connessione fisica diretta (*Dem, Display Encode Mode*) tra *Vce* e il display controller, una connessione ideale per le applicazioni a bassa latenza come i display wireless. Sul fronte Intel, invece, i processori con grafica integrata della serie Kaby Lake dispongono di blocchi *MFC* (*Multi-Format Encoding*) e *MFD* (*Multi-Format Decoding*) inclusi nel blocco *MFx* (*Multi-Format Codec Engine*) e dedicati alla codifica e alla decodifica dei flussi video H.265/Hevc e VP9. Più in dettaglio, *MFC* lavora con H.265 a 8 e 10 bit e VP9 a 8 bit, mentre *MFD* gestisce anche VP9 a 10 bit. Tutte le operazioni sono eseguite con una compressione cromatica 4:2:0. Già dalla serie precedente di Cpu, Skylake, la decodifica H.265 a 10 bit è effettuata in hardware, ma in modalità ibrida, ovvero coinvolgendo sia i core della Cpu sia la Gpu.

Per quanto riguarda i player software, molti di questi possono sfruttare l'accelerazione Gpu in decodifica. Per esempio, il player gratuito *Vlc* (www.videolan.org/vlc) usa l'acceleratore grafico per la decompressione dei codec Mpeg-1, Mpeg-2, Wmv3, Vc-1 e H.264/Mpeg-4 AVC.



Per ridurre in maniera efficace il bit rate di un video è necessario ricorrere a tecniche di compressione lossy.

I codec che abbiamo preso in considerazione sono AV1, Cinepak, H.264/Mpeg-4 AVC, H.265/Hevc, Indeo, Motion Jpeg, Mpeg-1, Mpeg-2, Mpeg-4 Part 2, RealVideo, Sorenson 3/Spark, Theora, Vp9, Wmv. In questo elenco è facile riconoscere compressori molto diffusi come H.264, Mpeg-2 e Wmv,

con H.265 che sta guadagnando rapidamente popolarità grazie alle sue ottime prestazioni. Ciascun codec ha punti di forza e debolezza ed è in genere specializzato per un numero limitato di tipologie di video.

Passando ai container, abbiamo già detto che sono come scatole al cui interno si trovano flussi video e audio, immagini, metadati di vario genere. I vari componenti sono compressi e codificati con diversi algoritmi, non sempre stabiliti dalle specifiche del contenitore. È invece definita la loro struttura gerarchica, cioè come sono strutturati all'interno del file. I container più versatili sono quelli che permettono di memorizzare più colonne sonore e sottotitoli, i capitoli ed eventualmente menu interattivi. Importanti sono anche la possibilità di essere trasmessi in modalità streaming e l'esistenza o meno di royalty da pagare. Esistono molti container e noi abbiamo esaminato i più diffusi, ovvero 3gp, Asf, Avi, Dmf/DivX, Flv/F4v, Mkv, Mov/Qt, Mp4/M4a, Ogg, RealMedia. Quelli più noti del gruppo sono senza dubbio Avi, Mov e Mp4, con l'ultimo arrivato Mkv che ha già acquistato una grande popolarità grazie alla sua versatilità e al fatto che è libero da royalty.

Prima di iniziare con l'esame dei codec e dei container, segnaliamo che abbiamo raccolto in due gruppi a parte quelli che sono da considerare vecchi, obsoleti, a causa dell'impiego di tecniche e di algoritmi poco efficienti nella compressione del video per quanto riguarda i codec, per via dell'incapacità di stare al passo con le esigenze più recenti (supporto di più colonne sonore e sottotitoli, per esempio) nel caso dei container. Un discorso particolare va poi fatto per Motion Jpeg: è un codec ancora molto usato nelle fotocamere con capacità video avanzate e la sua versione più evoluta, Motion Jpeg2000, è lo standard nel cinema digitale. Ma la sua scarsa efficienza nella compressione lo rende oggi una scelta decisamente sconsigliata per chi fa montaggio video. Al massimo può essere preso in considerazione come formato intermedio in un lavoro di video editing.

In generale, i formati che abbiamo classificato come obsoleti non andrebbero presi in considerazione per creare video da vedere con dispositivi attuali.



I CODEC

Esistono numerosi codec, diversi per caratteristiche ed efficacia di compressione. Molti però obsoleti, surclassati dai codec di ultima generazione, in particolare da H.265.

WMV

Acronimo di *Windows Media Video*, è stato presentato da Microsoft nel 1999, direttamente nella versione 7. Il codec era basato su tecniche di compressione mutate da Mpeg-4 Part 2, ma in seguito Microsoft ha sviluppato il compressore rendendolo più efficiente e in grado di trattare video con risoluzioni elevate, anche Hd. Proprio per quest'ultimo caso Microsoft ha coniato il logo commerciale Wmv Hd (in effetti si tratta di Wmv9), che ulteriormente migliorato nella variante Vc-1 è diventato uno dei tre standard per il formato Blu-ray (gli altri due sono Mpeg-2 e H.264/Mpeg-4 Avc), standardizzato nel 2006 da Smpte (*Society of Motion Picture and Television Engineers*).

Secondo Microsoft, Wmv produce file grandi la metà di quelli compressi con Mpeg-4, a pari qualità visiva. In ogni caso il formato di Microsoft è molto diffuso su Internet e nel mondo in generale, visto che è implementato in maniera nativa nel sistema operativo Windows. La versione più recente, Wmv9, offre numerosi preset, adatti a ogni tipo di connessione al Web e supporta bit rate variabile, pixel non quadrati, video interlacciato, e compressione di tipo interframe.

VP9

VP9 fa parte della serie VP (*Video Processing*) di On2 Technologies, un'azienda che ha creato nel 2000 VP3, diventato open source nel 2001 ed evoluto poi in Theora. On2 è stata acquistata nel 2010

da Google, che ha proseguito l'evoluzione della famiglia VP garantendone la libertà da royalty e l'accesso libero al codice. VP9 è parte del progetto WebM, open source, sponsorizzato da Google per il video su Web, e supporta gli spazi colore Rec.601, 709 e 2020.

Il codec suddivide le immagini in blocchi grandi al massimo 64 x 64 pixel ma questi non devono essere per forza quadrati come con H.265, possono essere anche rettangoli con un rapporto 2:1 tra i lati maggiore e minore, caratteristica che esalta l'efficienza. Di contro, VP9 ha a disposizione solo 10 direzioni per la previsione del movimento dei blocchi di pixel, mentre H.265 ne può usare 33. I profili formalizzati sono quattro e contemplano la codifica da 8 a 12 bit per colore primario e livelli di compressione cromatica che vanno da 4:2:0 a 4:4:4, con o senza canale alfa.

Per favorire la diffusione di VP9, Google ha stretto accordi non solo con le principali aziende che fabbricano Soc e processori ma anche con quasi tutte le società che costruiscono televisori. Le Tv più recenti di Sony, per esempio, sono compatibili con VP9. Google ha inoltre dichiarato di voler usare il proprio codec per i video Ultra Hd/4K inseriti in YouTube. Sempre Google ha annunciato di avere in sviluppo VP10, il successore di VP9, ma sembra che questa evoluzione rimarrà allo stato sperimentale, dato che l'azienda sta trasferendo gli algoritmi più avanzati in AV1, portato avanti dal consorzio Alliance for Open Media.

AV1

È un codec ancora in sviluppo (la release 0.1.0 è stata pubblicata il 7 aprile 2016), destinato alla compressione dei clip video trasmessi via Internet, anche in tempo reale (streaming). La release ufficiale (per lo streaming) è prevista entro marzo 2017, con i primi chip hardware compatibili disponibili nel 2018. L'evoluzione di AV1 è curata da Alliance for Open Media, un consorzio fondato nel 2015 e costituito da aziende del calibro di Amd, Google, Intel, Microsoft e Nvidia. Il codec sarà libero da royalty e ambisce a essere due volte più performante di H.265/Hevc e di VP9 nella compressione dei video a pari qualità visiva. Secondo i ricercatori che lo stanno sviluppando, nel giugno 2016 AV1 ha già dimostrato di avere prestazioni paragonabili a quelle di H.265. Il codec è pensato per le applicazioni in tempo reale, per i video ad alta definizione – anche Ultra Hd – per lo spazio colore Rec.2020 e per una profondità cromatica di 10 e 12 bit. Il principio impiegato per la codifica è sempre la compressione a blocchi di pixel, interframe e intraframe, ma compiuta con nuove tecnologie sviluppate di recente per VP10 di Google, Daala di Xiph e Mozilla, Thor di Cisco. YouTube ha già dichiarato l'intenzione di impiegare AV1 il più presto possibile, non appena sarà finalizzata la versione streaming. I produttori di hardware che fanno parte di Alliance for Open Media, Amd, Arm, Intel e Nvidia, sono già al lavoro per sviluppare processori per la codifica e la decodifica di AV1.

LA FAMIGLIA MPEG

MPEG-2

L'Mpeg-2 si può considerare come l'evoluzione dell'Mpeg-1 ed è stato sviluppato per superare i limiti di quest'ultimo, in fatto di risoluzione, di qualità visiva e di efficienza. Rimane invariata la gerarchia dei frame, l'individuazione dei movimenti tra un fotogramma e l'altro, l'impiego di Dct, e la suddivisione in macroblocchi e in blocchi. Quello che cambia è il supporto dei video interlacciati e delle codifiche cromatiche 4:4:4 e 4:2:2 oltre a quella 4:2:0 dell'Mpeg-1. Le prime due codifiche sono fondamentali per l'impiego in ambito professionale, dato che consentono un dettaglio cromatico nettamente superiore (quadruplo e doppio,

CONFRONTO RAGIONATO TRA CODEC



Per avere un'idea più precisa della bontà e dell'efficacia dei codec moderni abbiamo fatto una serie di test, comprimendo con HandBrake un minuto di solo video del film *Into Darkness - Star Trek* estratto senza ricompressione da un Blu-ray. Lo spezzone usato – codificato in origine con H.264/Mpeg-4 AVC – è ricchissimo di dettagli in rapido movimento, l'ideale per far lavorare al massimo i codec in esame. Questi sono stati Mpeg-2, VP8, H.264, H.265 e VP9. La disponibilità di VP9, evoluzione di VP8 e secondo Google migliore di H.265, è una novità dell'edizione 1.0.0 ma purtroppo non è stato implementato in HandBrake in maniera perfetta, come vedremo tra poco. Per la cattura dei singoli frame siamo ricorsi ad Adobe Premiere Pro CC 2017, reso compatibile con VP8 e VP9 grazie al plug-in gratuito WebM Premiere v1.0.3 (www.fnordware.com/WebM). Premiere è una garanzia per avere fotogrammi alla massima qualità, inoltre ci ha permesso di selezionare esattamente gli stessi frame dagli spezzoni compressi con i diversi codec. Abbiamo fatto due generi di prove. La prima è stata una compressione elevata a bit rate medio prefissato (3.000 kbit/s rispetto all'originale con una media di 28.400 kbit/s) per verificare la qualità visiva in una situazione limite. La seconda è stata una codifica a elevata qualità costante, per confrontare tra loro le dimensioni dei file prodotti. In tutti i casi in HandBrake abbiamo sempre lasciato in automatico il ritaglio delle fasce nere e selezionato *Constant Framerate*. Per quanto riguarda i parametri di compressione, con H.264, H.265, VP8 e VP9 abbiamo scelto il preset *Slow*. Abbiamo raccolto i risultati ottenuti in grafici, così da rendere più chiara e immediata la loro interpretazione. Nel test a elevata compressione il codec Mpeg-2 è stato quello che ha prodotto maggiori artefatti, nonostante abbia generato il file più grande tra i quattro compressor provati. L'appiattimento dei colori e soprattutto le macroscopiche quadrettature sono un segno evidente che Mpeg-2 è stato costretto a lavorare con un bit rate troppo basso. VP8 ha fatto decisamente meglio, con immagini meno scalettate, ma la perdita di dettagli è comunque notevole. H.264 ha prodotto risultati un po' migliori, soprattutto per quanto riguarda la visibilità dei



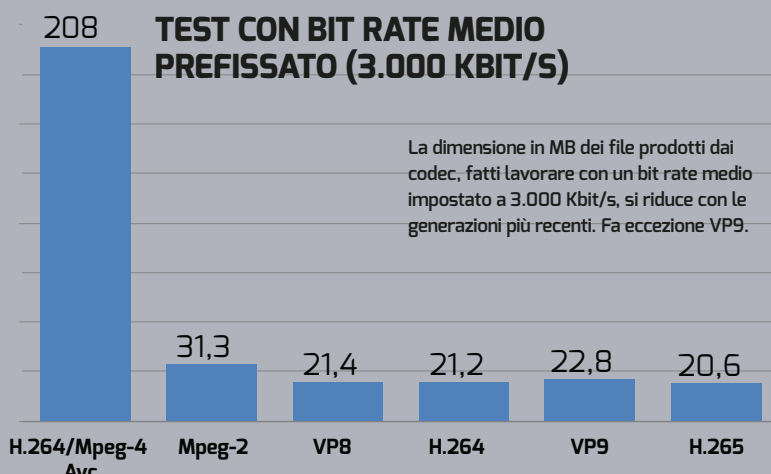
H.265



VP8



VP9



particolari più fini. Ancora meglio è stato H.265: le immagini sono decentemente vicine all'originale, sia come colori sia come visibilità dei dettagli. VP9 con un bit rate di 3.000 kbit/s ha prodotto un file un po' più grande di quelli di H.264 e H.265 (22,8 Mbyte contro 21,2 e 20,6 rispettivamente), con una qualità visiva superiore. Abbiamo fatto anche una prova con bit rate di 2.600 kbit/s, così da avere un file di 19,8 Mbyte: in questo caso la qualità è equivalente a quella di H.265, con un buon livello di dettaglio. Abbiamo notato però che i colori sono leggermente più saturi, una caratteristica presente soltanto nei file prodotti da HandBrake, non in quelli generati da Premiere Pro. Per la prova a qualità costante abbiamo impostato il parametro in HandBrake a 20, che secondo le indicazioni del programma

garantisce una qualità visiva identica a quella dell'originale. Questo è vero per H.264 e VP8, mentre per Mpeg-2 bisogna scendere a 3 e con H.265 si può salire a 21. Con VP9 abbiamo scoperto che i file prodotti variando il parametro *Quality* sono sempre molto grandi, intorno a 300 Mbyte, per di più rovinati da frequenti disturbi che riempiono completamente la scena. Evidentemente l'implementazione di questo parametro con VP9 deve ancora essere messa a punto. Abbiamo quindi scelto un bit rate di 7.500 kbit/s, così da avere in output un file di dimensioni simili a quello creato da H.265. Un esame accurato di alcuni frame con quelli rispettivi dell'originale ci ha dato la prova che effettivamente la qualità visiva è rimasta assolutamente inalterata, con tutti i codec a eccezione di VP9, che ha mostrato

rispettivamente), necessario per il ritaglio degli oggetti in una scena (*chroma key*). Inoltre sono stati migliorati gli algoritmi per il calcolo delle parti in movimento tra i fotogrammi, così da consentire un maggiore risparmio di bit nella codifica interframe. Innovazioni che hanno portato a una resa generale migliore rispetto all'Mpeg-1 con bit rate superiori a 3 Mbit/s. Lo standard Mpeg-2 contempla numerosi profili e livelli, che arrivano fino all'alta definizione. La combinazione più usata è quella definita Mp@ML (*Main Profile, Main Level*), impiegata nei Dvd Video e nelle trasmissioni televisive a definizione

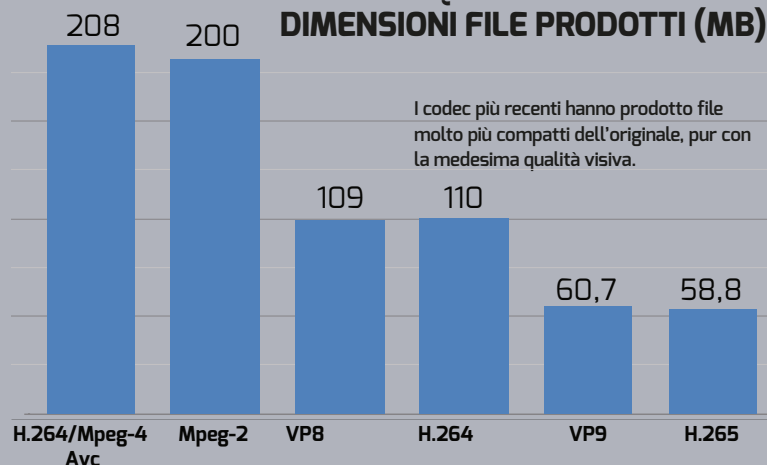
standard. Mpeg-2 è stato usato con successo anche nei Blu-ray, ma da tempo ha ceduto il passo al più efficiente H.264/Mpeg-4 Avc, il dominatore nel campo dell'alta definizione.

MPEG-4 PART 2

Fa parte dello standard Mpeg-4 Iso/Iec (Iso/Iec 14496-2) ed è implementato in DivX, Xvid e Nero Digital. Lo standard comprende 21 profili, tra cui *Advanced Simple* (Asp, usato in DivX, Xvid, Nero Digital) e *Simple* (impiegato in Xvid). Il codec supporta i video interlacciati, i B-frame come riferimento per altri

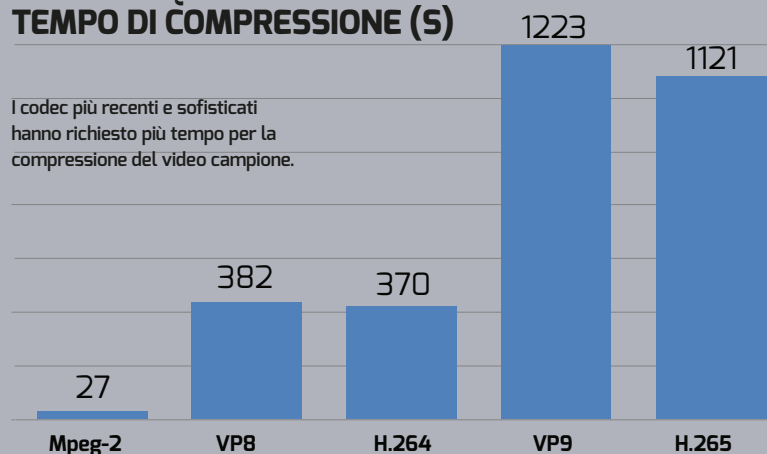
fotogrammi, il *Global Motion Compensation* e la compensazione del movimento dei blocchi tra un fotogramma e l'altro, con una precisione di un quarto di pixel (*Quarter Pixel Motion Compensation*). Le specifiche contemplano anche lo streaming e la gestione di oggetti di forma qualsiasi su più livelli, ciascuno compresso in maniera indipendente e a seconda della tipologia, come video da telecamere, animazioni generate a computer, immagini bitmap in movimento attraverso la scena. Sebbene più efficiente di Mpeg-2, la complessità degli algoritmi e il ridotto

TEST CON QUALITÀ COSTANTE: DIMENSIONI FILE PRODOTTI (MB)



TEST CON QUALITÀ COSTANTE: TEMPO DI COMPRESSIONE (S)

I codec più recenti e sofisticati hanno richiesto più tempo per la compressione del video campione.



immagini più saturate e con lievissime variazioni (praticamente invisibili durante la normale visione del film) rispetto all'originale. Quello che è cambiato è invece la dimensione dei file: si passa da 208 Mbyte dell'originale a solo 110 Mbyte con H.264, per scendere ancora di circa la metà, 58,8 Mbyte, con H.265. VP8 è risultato in questo caso equivalente a H.264, mentre Mpeg-2 ha prodotto un archivio di ben 200 Mbyte, quasi il doppio di quello di H.264 e di poco più piccolo di quello originale. VP9, per avere una qualità visiva veramente molto vicina a quella dell'originale, ha creato un file di 60,8 Mbyte, un po' più grande di quello di H.265. VP9 sembra un codec più adatto a lavorare a elevati livelli di compressione (come è il caso dei filmati via Web e via etere) piuttosto che ad elevata qualità, caratteristica primaria per i Blu-ray e per i Blu-ray Ultra Hd. È interessante notare, inoltre, che il codec usato per il Blu-ray è lo stesso H.264 disponibile in HandBrake: la macroscopica differenza di dimensione dei due clip si spiega con la scelta degli autori del disco di non voler correre alcun rischio riguardo la qualità visiva, portando il bit rate a valori molto più elevati dello stretto necessario. Un'ultima nota va fatta sui tempi di elaborazione rilevati durante la compressione a qualità costante. Mpeg-2 è stato velocissimo, ha avuto bisogno solo di 27 secondi, mentre H.264 e VP8 hanno fatto lavorare il computer per circa sei minuti e un quarto. H.265 e VP9 hanno confermato la complessità di esecuzione dei propri algoritmi, dato che hanno richiesto circa 20 minuti per portare a termine il compito (con VP9 abbiamo conteggiato solo il tempo del secondo passaggio di codifica; il primo passaggio ha richiesto due minuti e 26 secondi). Una conferma del fatto che più un codec è efficace nella compressione maggiore è la potenza di calcolo necessaria.

miglioramento in fatto di qualità visiva rispetto a Mpeg-2 ne hanno limitato la diffusione e oggi è quasi totalmente soppiantato da H.264/Mpeg-4 Avc, molto più versatile e capace.

H.264/MPEG-4 AVC

È attualmente uno dei codec più diffusi, impiegato nei Blu-ray, nelle trasmissioni in alta definizione via etere (satellite e digitale terrestre), e nei camcorder digitali. La sua finalizzazione è avvenuta nel 2003 e le sue specifiche sono articolate in profili e livelli, in modo da coprire praticamente ogni esigenza di trasmissione

video sia professionale sia consumer, dai cellulari multimediali all'alta definizione. Purtroppo specifiche così complesse hanno creato parecchia confusione tra gli appassionati di video, soprattutto a causa delle diverse sigle con cui è conosciuto: Mpeg-4, Mpeg-4 Part 10, Mpeg-4 Avc, Avc, H.264, H.264/Mpeg-4 Avc e AvcHD. In realtà tutte queste sigle fanno riferimento a un unico insieme di algoritmi per la compressione video. Lo sviluppo dell'Mpeg-4 è cominciato nel 1998 da parte dell'Iso/Iec Mpeg (Moving Picture Expert Group) che lo ha formalizzato come Iso/Iec 14496, dividendo le specifiche

in più porzioni (Part in inglese). Le più conosciute sono: Mpeg-4 Part 2 chiamata anche Mpeg-4 Sp/Asp (Simple Profile/Advanced Simple Profile) e implementata in QuickTime, DivX, Xvid e Nero Digital. Mpeg-4 Part 3 conosciuta anche come Aac (Advanced Audio Coding), dedicata alla compressione audio di tipo percettivo. Mpeg-4 Part 10 chiamata anche Mpeg-4 Avc (Advanced Video Coding), usata per la compressione video Hd in Nero Digital Avc, QuickTime 7, e nei dischi Blu-ray. Quest'ultima porzione è stata in realtà sviluppata in parallelo con l'ITU-T Vceg (Video Coding Expert Group)

che lo ha classificato con la sigla H.264. I due gruppi Iso/Iec Mpeg e Itu-T Vceg hanno lavorato insieme con il nome di Jvt (*Joint Video Team*) e da questa collaborazione è nata la sigla H.264/Mpeg-4 Avc, che descrive in maniera completa e chiara l'origine dello standard.

H.264/Mpeg-4 Avc comprime il video scartando le informazioni ridondanti sia all'interno dei singoli fotogrammi (intraframe) sia tra un quadro e l'altro (interframe). Grazie all'impiego di algoritmi avanzati, l'efficienza dell'H.264/Mpeg-4 Avc è il doppio di quella dell'Mpeg-2. In altre parole, un filmato Mpeg-4 ha un bit rate dimezzato rispetto a quello Mpeg-2, pur mantenendo una qualità di immagine molto simile. Più in dettaglio, la suddivisione in macroblocchi – di dimensione fissa 16 x 16 pixel con l'Mpeg-2 – è variabile da un minimo di 4 x 4 a un massimo di 16 x 16 punti, in funzione dei dettagli visibili nel fotogramma. Zone ricche di dettagli richiedono macroblocchi piccoli, aree di tinta uniforme sono separate con macroblocchi più grandi. Invece della Dct dell'Mpeg-2, si usa una trasformata a numeri interi (*Integer Transform*), meno precisa ma più semplice da calcolare e soprattutto in grado di fornire risultati migliori in presenza di macroblocchi di dimensione variabile.

Un'altra differenza importante rispetto all'Mpeg-2 è la possibilità di usare i B-Frame come riferimento, non solo P-Frame e I-Frame. Inoltre la stima del movimento da un fotogramma all'altro è calcolata considerando fino a un massimo di cinque frame, contro i due dell'Mpeg-2. I vettori di movimento, utilizzati per individuare i blocchi simili tra un frame e l'altro, consentono una precisione fino a un ottavo di pixel, mentre nel caso dell'Mpeg-2 è possibile arrivare solo a mezzo pixel. La modalità di previsione dei movimenti è adattabile tra semiquadro e quadro, caratteristica utile nel caso di video interlacciato. L'H.264/Mpeg-4 Avc consente la creazione di Gop molto più lunghi e inoltre prevede l'impiego di un filtro di *deblocking*, per ridurre la visibilità dei bordi dei macroblocchi, un problema particolarmente importante nelle aree di colore uniforme.

H.265/HEVC

Reso pubblico nel 2013, è il successore di H.264/Mpeg-4 Avc e vanta un'efficienza doppia rispetto al predecessore. In altre parole, a pari qualità visiva produce file video grandi la metà. Proprio grazie alla

I CODEC OBSOLETI

→ CINEPAK

È uno dei codec più vecchi. Sviluppato da Peter Barrett di SuperMac Technologies e rilasciato nel 1991, nel 1992 è stato integrato in QuickTime di Apple e l'anno successivo è arrivato in Windows.

In origine, Cinepak era in grado di comprimere video con una risoluzione di 320 x 240 pixel e con un bit rate di 150 kbit/s, non a caso lo stesso bit rate di un Cd-Rom. Questo permetteva di usare il disco ottico come veicolo per la distribuzione dei filmati.

La compressione si basa su una quantizzazione vettoriale, un algoritmo diverso da Dct (*Discrete Cosine Transform*, trasformata discreta del coseno), che consente l'uso di Cpu poco potenti ma che produce video con molti artefatti. La codifica è un ibrido tra intraframe e interframe, con fotogrammi chiave a intervalli regolari. Ogni frame è diviso in bande orizzontali, ciascuna con una palette di 256 colori memorizzata nel fotogramma chiave; ogni banda è a sua volta separata in blocchi di 4 x 4 pixel. Il compressore usa la quantizzazione vettoriale per determinare quale delle palette memorizzate si avvicina di più ai colori dei blocchi e registra solo le differenze, sotto forma di vettori a 16 bit. Il ricorso alla quantizzazione vettoriale invece che alla più efficiente Dct e la codifica esclusivamente intraframe limitano drasticamente l'efficacia di questo codec rendendolo poco efficiente, soprattutto se confrontato con i codec più moderni.

→ INDEO

Sviluppato da Intel nel 1992 e venduto nel 2000 all'azienda Ligos autrice di GoMotion, uno dei più diffusi compressori Mpeg. Indeo è stato uno dei primi codec a non richiedere hardware dedicato per il playback. In effetti il codec è molto asimmetrico: la compressione è nettamente più pesante della decodifica,

sebbene con i processori odierni questa complessità di calcolo non sia più un problema. La versione 5.11 è shareware e quindi implementabile senza problemi di copyright, mentre la release 5.2 è stata sviluppata esclusivamente per il sistema operativo Windows Vista. Nonostante l'edizione 5.11 sia gratuita, nessun decoder open source supporta le versioni 4 e 5 di Indeo. Questo perché il codec di Intel è rimasto un codice proprietario ed è stato superato velocemente dalla famiglia Mpeg, anche a causa di un mancato sviluppo da parte di Intel, che ha cessato di mantenerlo e di promuoverlo proprio in seguito alla nascita dell'Mpeg.

→ MPEG-1

Lo standard Mpeg-1 è il capostipite dei più recenti Mpeg-2, usato nei Dvd e nelle trasmissioni via satellite, e Mpeg-4, impiegato nelle trasmissioni e nei dischi ottici ad alta definizione. L'Mpeg-1 è stato formalizzato all'inizio del 1990 e pubblicato nel 1993 dal comitato *Moving Picture Experts Group* (Mpeg), con il preciso scopo di rendere disponibile un sistema di compressione per memorizzare video di qualità pari al Vhs su un comune Cd-Rom. In origine, la risoluzione prevista era di 352 x 288 pixel per 25 fotogrammi al secondo, con un bit rate di 1,5 Mbit/s. Lo standard consente comunque di arrivare a una definizione massima di 4.095 x 4.095 punti con un bit rate di 100 Mbit/s. Mpeg-1 è pensato per sistemi di trasmissione e supporti abbastanza affidabili, con poche perdite di dati come i dischi ottici, di conseguenza le specifiche prevedono un sistema di correzione degli errori molto limitato. Mpeg-1 organizza il video in fotogrammi I, P e B e ogni frame è suddiviso in macroblocchi di 16 x 16 pixel, a loro volta costituiti da blocchi di 8 x 8 punti. I tre tipi di fotogrammi sono organizzati in Gop e l'individuazione delle parti comuni tra un frame e l'altro avviene tramite vettori di

movimento, con una precisione di mezzo pixel. La compressione si basa su Dct, sulla quantizzazione dei valori trovati e poi su una codifica entropica dei blocchi. Il bit rate tipico di un frame I è di 1 bit per pixel, 0,1 bit per pixel per i frame P, e infine 0,015 bit per pixel per i frame B.

Gli algoritmi formalizzati nello standard Mpeg-1 non sono efficienti quanto quelli definiti dagli standard più recenti Mpeg-2 e Mpeg-4 e sono ottimizzati per il solo video progressivo. Nel caso si comprima video interlacciato, i risultati sono di bassa qualità. Nonostante questo, Mpeg-1 è uno dei formati di compressione che garantisce la maggior compatibilità, in quanto è riconosciuto da tutti i player software attuali. Tale diffusione è stata favorita anche dal fatto che le parti video e audio Layer I/II sono implementabili in un software senza dover pagare royalty. Soltanto l'inclusione dell'audio Layer III (il celebre Mp3) è a pagamento.

→ MOTION JPEG (MJPEG)

Mjpeg è un codec che deriva direttamente dalle immagini Jpeg. In effetti un clip video compresso in questo formato consiste in una semplice sequenza di fotogrammi compattati in maniera indipendente, in altrettante immagini Jpeg. La compressione è quindi esclusivamente intraframe e impiega gli algoritmi Jpeg, basati su Dct. In passato ha conosciuto una buona diffusione in ambito professionale, grazie alla facilità di accesso ai singoli frame in fase di montaggio video. In seguito è caduto in disuso, sia per la scarsa efficienza di compressione sia perché nuovi algoritmi e processori più potenti hanno permesso un editing in tempo reale anche dei video compressi con tecniche interframe come Mpeg. Ultimamente Mjpeg è riapparso in alcune fotocamere digitali (per esempio la Canon Eos 5D Mark IV, che registra internamente il video Ultra Hd in Mjpeg con un bit rate di circa 500 Mbit/s) grazie alla facilità di implementazione del codec in processori specializzati nella compressione Jpeg. Una variante più evoluta, basata su Jpeg2000 e chiamata Motion Jpeg2000, è lo standard ufficiale per il cinema digitale, con

risoluzioni 2K e 4K (pari a 2.048 x 1.080 e 4.096 x 2.160 pixel rispettivamente). Mjpeg consente di ottenere un'elevata qualità visiva ma con un bit rate elevato, a causa della mancanza di compressione interframe. Per dare un'idea, un video con una scena prevalentemente statica – come un paesaggio – compressa con Mjpeg comporta la memorizzazione di tutti i fotogrammi completi, mentre con codec interframe come Mpeg solo un frame è registrato completamente, i seguenti sono memorizzati solo come differenze rispetto al primo e quindi richiedono pochi bit

→ REALVIDEO

Codec sviluppato dalla società RealNetworks, è stato rilasciato per la prima volta nel 1997 e dal 2008 è fermo alla versione 10, che RealNetworks dichiara essere migliore anche di H.264/Mpeg-4 Avc. Fino alla versione 8, RealVideo era basato sul codec Itu-T Vceg H.263, caratterizzato da un basso bit rate e pensato per le videoconferenze. In seguito RealNetworks ha creato e implementato algoritmi proprietari, per liberarsi dai vincoli delle royalty, ma comunque largamente ispirati a H.264. Il codec è stato sviluppato fin dall'inizio per lo streaming su Web e per questo supportava solo un bit rate costante, caratteristica che semplifica il lavoro di decodifica da parte del dispositivo di visualizzazione. Soltanto in seguito è stato introdotto il bit rate variabile, che ha consentito una maggiore efficienza di compressione a scapito di una più elevata complessità di decodifica. RealVideo è di solito accompagnato dalla controparte RealAudio e inserito nel container RealMedia. Sebbene la qualità video possa competere con quella dei migliori codec, RealVideo rimane vincolato ai filmati per Internet, con risoluzione e qualità limitate agli standard del Web.

→ SORENSON 3/SPARK

Sviluppato dall'azienda Sorenson Media, è un codec che nelle sue varie versioni è stato legato dapprima a QuickTime e in seguito a Flash. Più precisamente, la prima edizione del codec di Sorenson appare

nel 1998 con QuickTime 3, che lo impiegò anche nel 1999, quando uscì la seconda release. Nel 2001 fu la volta dell'edizione 3, che fece il suo debutto in QuickTime 5.0.2. Poco dopo però Apple manifestò la propria intenzione di abbandonare i codec proprietari in favore di Mpeg-4, di conseguenza Sorenson strinse un accordo con Macromedia per includere nel 2002 all'interno di Flash 6 la nuova versione del proprio codec, chiamata Spark. A partire da Flash 8 del 2005, però, anche Macromedia decise di preferire un altro codec a quello di Sorenson, ovvero VP6 di On2 Technologies. Spark continua a rimanere disponibile nel programma di authoring multimediale Flash CC curata da Adobe, anche se Adobe stessa raccomanda di usare H.264 per la compressione video. Le specifiche del codec di Sorenson non sono pubbliche e l'azienda non rilascia informazioni sugli algoritmi impiegati. Sembra comunque che il codec derivi da Itu-T Vceg H.263, un formato a basso bit rate per le videoconferenze.

→ THEORA

Un codec open source gratuito sviluppato dall'organizzazione non profit Xiph.Org Foundation, già creatrice della famiglia di formati Ogg (il più celebre è Vorbis per la compressione audio). Nel 2008 è uscita la versione 1.0 e l'anno successivo la release 1.1. Theora deriva dal codec VP3.2, della società On2 Technologies, che nel 2001 lo ha reso open source e open code e nel 2002 ne ha donato a Xiph.Org tutti i diritti di sviluppo. La compressione video con Theora si basa su Dct applicata a blocchi di 8 x 8 pixel e sulla codifica interframe, con fotogrammi di tipo I e P ma non B (*bi-directional predictive frame*), come invece avviene nei codec Mpeg. Theora non è ottimizzato per i video interlacciati e lavora solo con immagini con 8 bit per ogni colore primario Rgb. Sebbene Theora sia gratuito e sia supportato dai browser Firefox e Chrome, la sua ultima versione, la preview 1.2, risale al 2010 e da allora non ha ricevuto aggiornamenti. In pratica il codec è stato abbandonato

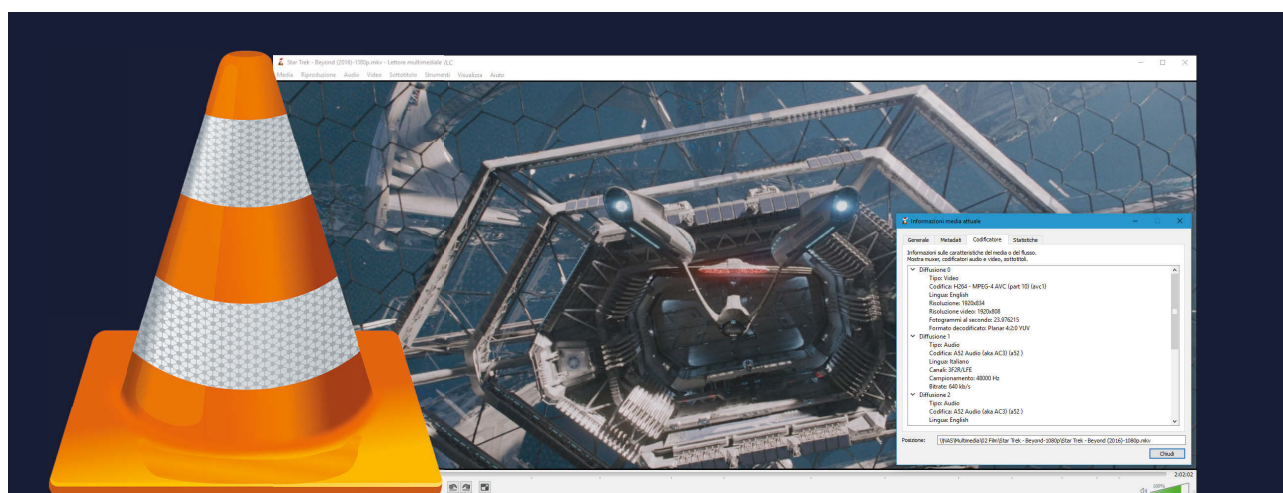
sua efficienza, H.265 è stato scelto come codec d'elezione per le trasmissioni Tv Ultra Hd e per il Blu-ray Ultra Hd.

Hevc è pensato non solo per aumentare l'efficienza di codifica ma anche per migliorare la qualità video complessiva e per gestire video con risoluzioni fino a 8.192 x 4.320 pixel e cadenze fino a 300 fps. In altre parole Hevc è pronto sia per i dispositivi video di oggi sia per quelli del prossimo futuro, capaci di produrre flussi video di elevata qualità, rumore ridotto, gamut e gamma

dinamica estesi. Seguendo le tendenze attuali in campo video, Hevc lavora soltanto con fotogrammi progressivi. Questo non vuol dire che è impossibile comprimere filmati interlacciati: in tali casi il codec tratta come frame indipendenti i singoli semiquadri. Hevc usa le codifiche *intraframe* e *interframe*, ovvero comprime il primo fotogramma (che diventa quello principale, di riferimento) di una sequenza di immagini con algoritmi che considerano solo i pixel in esso contenuti (*intraframe*), mentre degli

altri fotogrammi memorizza e comprime solo le parti differenti rispetto al primo (*interframe*).

Hevc è strutturato per parallelizzare il processo di compressione, così da sfruttare appieno l'hardware multicore odierno. L'incremento di prestazioni è ottenuto grazie a una serie di migliorie agli algoritmi già usati per l'H.264/Mpeg-4 Avc. Ma questi miglioramenti hanno un costo, che si traduce in una maggiore complessità degli algoritmi, bisognosi di un'elevata potenza di calcolo. In altre



VLC, IL LETTORE MULTIMEDIALE VERSATILE, GRATUITO E MULTI PIATTAFORMA

Vlc (www.videolan.org/vlc) di VideoLan è un lettore multimediale gratuito e open source, molto semplice da usare e capace di riprodurre non solo moltissimi formati video e audio (l'elenco completo è disponibile alla pagina www.videolan.org/vlc/features.html), ma anche Dvd Video non protetti e Cd Audio. L'installazione è semplice e pulita perché tutti i codec compatibili sono già inclusi nel programma, non è necessario caricare librerie separate o plug-in. Il programma è disponibile per Windows, Mac Os, Linux, Unix, Android, iOS.

L'interfaccia è semplice e minimalista, ma sono disponibili numerose skin alternative, scaricabili dal sito di VideoLan. Naturalmente è possibile vedere i filmati nella finestra liberamente ridimensionabile oppure a schermo intero, senza alcun elemento grafico; ma anche in questa modalità basta muovere il cursore per far apparire in basso un'interfaccia ridotta con i comandi essenziali. L'utente può creare una playlist, molto comoda nel caso di riproduzione di

più brani audio, selezionare uno dei molti algoritmi per il deinterlaccio, attivare alcuni filtri per i suoni e per le immagini. Più in dettaglio, per i primi è disponibile un equalizzatore a 10 bande, un compressore di dinamica e un simulatore di ambianza. Per il video è consentito variare i parametri cromatici, attivare un riduttore di rumore, ritagliare e ruotare l'immagine. Quest'ultima funzione viene utile con i filmati fatti con gli smartphone, talvolta rovesciati perché il dispositivo era a testa in giù durante la ripresa. Vlc sfrutta la Gpu per accelerare la decodifica del video, carica in automatico i sottotitoli memorizzati in file separati (devono avere lo stesso nome dei file video) e dispone nel pannello *Strumenti/Informazioni codificatore* tutti i dati tecnici relativi ai flussi multimediali inclusi nel file in esecuzione: video, audio e sottotitoli. Qui è possibile vedere quali sono i codec video e audio, la risoluzione, la cadenza dei fotogrammi, il numero di canali e il bit rate audio. Queste informazioni sono preziose per gli appassionati del video editing.

H.264



HEVC



H.264/Mpeg-4 Avc può ridurre la dimensione dei blocchi di codifica fino a 4 x 4 pixel nelle zone con più dettagli, ma non può usare blocchi più grandi di 16 x 16 punti se le aree di colore uniforme sono molto ampie. H.265/Hevc, invece, può usare blocchi molto più ampi, fino a 64 x 64 pixel.

CODEC VIDEO: PRO E CONTRO

	AV1	H.264/MPEG-4 AVC	H.265/HEVC	MPEG-2	MPEG-4 PART 2	VP9	WMV
PRO	Molto performante	Molto performante	Veramente molto performante	Performante	Diffuso	Molto performante	Molto diffuso
		Molto diffuso	Diffusione in forte crescita	Molto diffuso		Open source e gratuito	
		Compatibile con ogni hardware		Compatibile con ogni hardware			
CONTRO	Ancora in sviluppo	Royalty per uso commerciale	Pesanti royalty per uso commerciale	Royalty per uso commerciale	Poco performante	Non compatibile con ogni hardware	Poco performante
	Principalmente solo per streaming		Non compatibile con ogni hardware				

parole, un incremento dell'efficienza del 50% richiede una potenza di calcolo doppia o tripla rispetto a quella necessaria per l'H.264/Mpeg-4 Avc. Hevc divide l'immagine in una griglia, con le sezioni elaborabili in parallelo sia in codifica sia in decodifica.

Un frame 4K/Ultra Hd può essere suddiviso fino a un massimo di 22 x 20 sezioni e ciascuna sezione è poi spezzettata in quadrati grandi al massimo 64 x 64 pixel (Ctb, *Coding Tree Block*), a loro volta suddivisibili in quadrati (Cu, *Coding Unit*) a gruppi di quattro, secondo una struttura gerarchica ad albero decisa dal codec in base alle caratteristiche cromatiche. Quindi Hevc non divide più l'immagine

in macroblocchi, come facevano le generazioni Mpeg precedenti. Per la predizione del movimento dei blocchi di pixel all'interno di un frame si è passati da 8 direzioni a 33 in Hevc, mentre per il *motion compensation* il nuovo codec usa filtri di maggior precisione.

Come per le generazioni passate di compressori Mpeg, anche le specifiche di Hevc prevedono una serie di profili e di livelli. I profili definiscono quali strumenti di codifica si possono usare per la compressione, mentre i livelli stabiliscono le dimensioni minima e massima del flusso di bit prodotto dal codec. Gli algoritmi implementati in Hevc sono

protetti da numerosi brevetti e il loro uso da parte delle aziende produttrici di hardware e di software richiede il pagamento di royalty a diverse società, come Mpeg LA, Hevc Advance, Technicolor. Le cifre in gioco sono molto più alte di quelle relative a H.264/Mpeg-4 Avc e questo è uno dei principali motivi per cui Hevc non si è ancora diffuso nelle applicazioni Web.

Per evitare di pagare royalty così salate, molte aziende tra cui Amazon, Amd, Google, Intel, Microsoft, Mozilla, Netflix e Nvidia hanno aderito alla Alliance for Open Media, che si prefigge di sviluppare il codec alternativo AV1, con prestazioni pari o superiori e per di più gratuito.



I CONTAINER

Come per i codec, esistono numerosi tipi di container, "scatole" destinate a contenere un flusso video, uno o più colonne sonore, i sottotitoli, i capitoli e altri metadati.

MOV/QT (QUICKTIME)

È apparso al pubblico per la prima volta nel 1991 ed è stato sviluppato da Apple come container multimediale in ambiente Mac. È disponibile anche per il sistema operativo Windows e gestisce sia video sia suoni, immagini e panorami interattivi. Dal 2002 QuickTime 6 implementa le specifiche per l'organizzazione dei contenuti audio e video che sono state inglobate anche in Mpeg-4 Part 14.

La release 7 supporta anche H.264, l'iterazione più recente e più evoluta dello standard Mpeg-4. I dati sono

memorizzati in tracce separate disposte in ordine gerarchico, una per ogni flusso (audio, video, sottotitoli). Questo consente un editing più facile, dato che non è necessario ricodificare l'intero file quando si modifica un solo tipo di dati (l'audio, per esempio). Per il video sono ammessi numerosi codec tra cui H.264, Mpeg, Sorenson Spark e Vp6; per l'audio si possono usare Aiff, Mp3 e Wave. La compressione dei clip video nel formato QuickTime è tuttora la scelta meno problematica se si desidera che il filmato sia visibile anche a chi impiega un computer Mac.

AVI (AUDIO VIDEO INTERLEAVE)

Creato da Microsoft e introdotto nel 1992, è sicuramente il container più diffuso nel mondo dei Pc, almeno fino all'avvento di Mp4 e di Mkv. Avi fa parte della tecnologia *Video for Windows* e supporta solo pixel quadrati, in altre parole non memorizza le informazioni relative al rapporto d'aspetto dei video anamorfici. Altri limiti sono la possibilità di inserire solo un video e due colonne sonore, quindi niente sottotitoli a meno che siano stampati nei

CONTAINER: LE CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Sì ●
No ✗

CONTAINER	CODEC VIDEO	CODEC AUDIO	AUDIO IN LINGUE DIVERSE	SOTTOTITOLI IN LINGUE DIVERSE	METADATI	CAPITOLI	MENU INTERATTIVI	STREAMING
3gp	H.263, Mpeg-4 Part 2, H.264/Mpeg-4 Avc	Aac, Amr	✗	✗	●	✗	✗	●
Asf	Vari	Vari	✗	●	●	●	✗	●
Avi	Vari	Vari	● (2 al massimo)	✗	✗	✗	✗	✗
Drmf/DivX	Mpeg-4	Aac	●	●	✗	●	●	●
Flv/F4v	Spark, Vp6, H.264/Mpeg-4 Avc	Mp3, Aac	✗	✗	●	✗	✗	●
Mkv	Vari	Vari	●	●	●	●	✗	●
Mov/Qt	Vari	Vari	✗	●	●	●	●	●
Mp4/M4a	Vari	Vari	●	●	●	●	●	●
Ogg	Vari	Vari	✗	●	●	●	✗	●
RealMedia	RealVideo	RealAudio	✗	●	●	✗	✗	●

CONTAINER VIDEO: PRO E CONTRO

	AVI	DMF/DIVX	MKV	MOV/QT	MP4/M4A	OGG
PRO	Molto diffuso	Replica fedele dei Dvd Video	Molto versatile	Molto diffuso	Molto diffuso	Open source e gratuito
	Compatibile con ogni hardware e software		Open source e gratuito	Compatibile con ogni hardware e software	Compatibile con ogni hardware e software	
			Diffusione in forte crescita			
CONTRO	Solo due colonne sonore	Non compatibile con ogni hardware	Supporto hardware non universale	Solo una colonna sonora	Royalty per uso commerciale	Solo una colonna sonora
	No sottotitoli					Non compatibile con ogni hardware
	No capitoli					

singoli frame (e perciò sempre visibili). In compenso all'interno del container è possibile usare praticamente qualsiasi codec video e audio.

Nel 1996 Microsoft ha incluso nelle specifiche di Avi un set di estensioni OpenDml sviluppate da Matrox, che consentono di superare la dimensione massima di 1 GB per un file Avi, definiscono l'impiego del codec video MJpeg, e il supporto per il video interlacciato. L'implementazione di queste aggiunte è stata formalizzata con la release Avi 2.0. Avi è stato il container usato da DivX fino al 2005.

OGG

Creato da Xiph.Org Foundation, è un formato open source gratuito e fa parte di un progetto attivo dal 1993, teso a sviluppare codec audio e video liberi da qualsiasi vincolo commerciale. All'inizio Ogg si è diffuso molto rapidamente come contenitore per i file audio compressi con il codec audio open source Vorbis, sviluppato dalla stessa organizzazione e qualitativamente equivalente al celebre Mp3. In seguito, con lo sviluppo del codec video Theora, Ogg è diventato più versatile e oggi consente lo streaming e può incorporare clip video, audio, sottotitoli e metadati in genere.

Oltre che con Theora i video possono essere compressi con altri codec, e l'audio con il già citato Vorbis, con Flac e altri ancora. Grazie al fatto che Ogg non è protetto da brevetti né da copyright, molti dispositivi portatili multimediali sono in grado di riprodurre i clip audio e video racchiusi in questo container. A livello di player software, i file Ogg sono apribili con VLC; Xiph.Org Foundation ha sviluppato

I CONTAINER OBSOLETI

→ RM (REALMEDIA)

RealNetworks ha sviluppato i codec per l'audio (*RealAudio*) e per il video (*RealVideo*). Non manca naturalmente un container, che è stato pensato esclusivamente per questi due codec. Il formato consente lo streaming e in origine supportava solo video a bit rate costante. In seguito l'azienda produttrice ha introdotto un aggiornamento (chiamato Rmvpb) per consentire il bit rate variabile. Il formato Rm e i codec audio e video sono protetti da copyright e mantenuti esclusivamente da RealNetworks, molto più concentrata nella promozione e nella vendita del proprio player software (RealPlayer gratuito, RealPlayer SP Plus a pagamento), piuttosto che nello sviluppo dei codec e del container. Proprio per questi fatti, la diffusione del formato Rm non è molto ampia tra gli appassionati e comunque limitata al mondo di Internet, in cui i filmati hanno in genere risoluzione e qualità piuttosto basse. Rm è stato da tempo surclassato da altri container, Mkv e Mp4 in primis.

→ 3GP (THIRD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT)

Creato da 3gpp (*Third Generation Partnership Project*), è il container per la distribuzione dei contenuti video e audio sui cellulari di generazione 3g. La struttura del container è basata sulle specifiche definite nello standard Mpeg-4 Part 12 e quindi 3gp ha diversi punti in comune con il container Mp4. 3gp è stato creato pensando alle caratteristiche tecniche dei telefoni cellulari con capacità video delle prime generazioni: ridotta quantità di memoria, larghezza di banda limitata e connessione spesso disturbata. Ecco quindi che il container consente di trasmettere flussi con bit rate contenuto, compressi con algoritmi che non richiedono troppa memoria. In più sono previsti metodi per la correzione degli errori, assai frequenti con una connessione a una rete mobile. 3gp è ovviamente adatto allo streaming e supporta i codec video H.263, Mpeg-4 Part 2, H.264/Mpeg-4 AVC. Per quanto riguarda l'audio, si possono usare i codec AAC (*Advanced Audio Codec*, evoluzione del celebre Mp3) e AMR (*Adaptive Multi-Rate*, per la codifica del parlato). È possibile aggiungere anche testi sincronizzati, con informazioni accessorie relative all'audio e al video, come il titolo della canzone, l'autore e così via.

→ ASF (ADVANCED SYSTEMS FORMAT)

Sviluppato da Microsoft espressamente per lo streaming via Web da server multimediali come quelli Http, e reso pubblico nel 2000, fa parte delle specifiche Windows Media e accetta praticamente tutti i codec audio e video, in maniera molto simile a quello che è possibile fare con il ben più diffuso Avi. Sebbene si possano usare anche codec open source, questo formato contiene di solito clip audio compressi con *Windows Media Audio* e brani video compattati con *Windows Media Video*. A

> questi possono aggiungersi metadati di contorno, come informazioni sugli autori dei brani musicali o sul regista e sugli attori del video. Il container è proprietario e ogni sua eventuale evoluzione è curata esclusivamente da Microsoft, che ne detiene i brevetti. Proprio a causa della necessità di fare capo a Microsoft per ogni implementazione di Asf, è molto raro trovare questo container tra i formati di output nei compressori freeware. Difficoltosa è poi la gestione dei file Asf nei programmi di video editing, sempre a causa dello scarso supporto di questo formato.

→ FLV/F4V

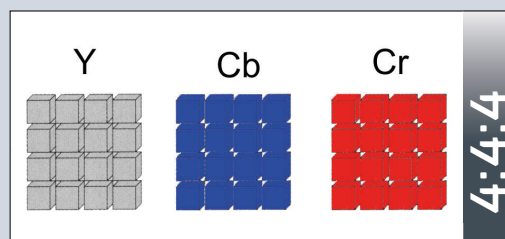
Il software originale da cui deriva Flash è apparso nel 1995 per opera della società FutureWare, con il nome FutureSplash Animator. Nel 1996 Macromedia ha acquistato i diritti sul codice e ha rinominato il prodotto come Flash 1.0. L'evoluzione di Flash è continuata in seguito per mano di Adobe, che ha acquisito Macromedia alla fine del 2005. Flash è nato per visualizzare animazioni vettoriali interattive, e possiede algoritmi di compressione ottimizzati per gestire forme e colori codificati con espressioni matematiche. A partire dal 2002, però, con il rilascio del programma di authoring Flash MX e di Flash Player 6, è possibile codificare anche filmati video, con risoluzioni, bit rate e qualità visiva adeguati al Web. Con Flash Player 7 il codec video è Spark di Sorenson, a cui si aggiunge, in Flash Player 8, VP6 di On2 Technologies. Si tratta di due codec molto ottimizzati per il video a bassa risoluzione e a basso bit rate, anche se VP6 funziona bene pure con clip a risoluzione standard e alta. Il container F4v è stato introdotto con Flash Player 9.3 e ha un'architettura derivata dal formato multimediale Iso Mpeg-4 Part 12. Il supporto per i codec video si riduce al solo H.264. Adobe incoraggia esplicitamente l'abbandono di Flv e il passaggio a F4v, poiché il primo non è versatile quanto F4v e non supporta H.264 in maniera adeguata. In questi ultimi anni Flash è caduto in disgrazia per via della sua vulnerabilità al trasporto di virus e attacchi informatici, tanto è vero che sta venendo gradualmente abbandonato dai principali Web browser, in favore di Html5. I formati Flc e F4v, di conseguenza, stanno subendo lo stesso destino.



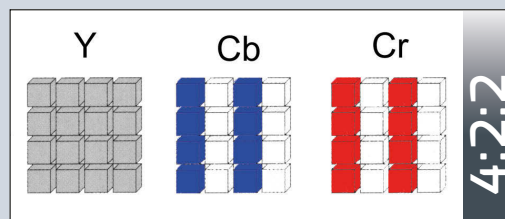
COMPRESSIONE VIDEO, LE DIVERSE FASI

Per impostare al meglio i parametri di compressione è importante conoscerne i principi base di funzionamento.

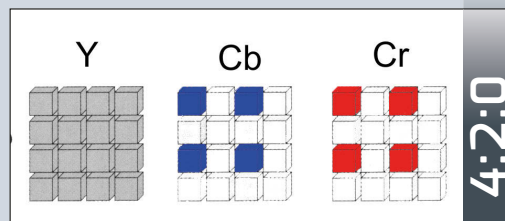
Il processo di compressione compiuto da un codec inizia con il passaggio dallo spazio colore Rgb, definito dalle tre tinte primarie rosso, verde e blu, a quello YCbCr composto dai canali Y (luminanza o luma), Cb (differenza tra il canale blu e luma) e Cr (differenza tra il rosso e luma). Il sensore di una telecamera o anche di una macchina fotografica con funzioni video produce infatti immagini Rgb, che il codec converte in YCbCr. Questo passaggio consente di separare le informazioni relative alla luminosità da quelle proprie del colore. Siccome il nostro sistema visivo è molto meno sensibile ai dettagli colorati rispetto ai particolari ad alto contrasto, è possibile dimezzare o anche ridurre a un quarto la risoluzione cromatica (i canali Cb e Cr) senza degradare visibilmente l'immagine. Per rappresentare in maniera sintetica il numero di campioni relativi ai canali Y, Cb e Cr si impiegano tre cifre. Il video non compresso è definito con il codice 4:4:4, cioè per ogni quattro campioni di luma se ne prendono altrettanti per il canale Cb e altri quattro Cr.



In questo caso, di conseguenza, per ogni pixel sono necessari 24 bit di campionamento ($8 + 8 + 8$) se si usa una profondità di quantizzazione di 8 bit per ciascuno dei tre canali Y, Cb e Cr. Con la simbologia 4:2:2 si intende una compressione in cui si sacrifica la metà delle informazioni cromatiche, ovvero per ogni quattro campioni Y se ne considerano due Cb e due Cr. Tale compressione è in uso negli studi video professionali e richiede 16 bit di campionamento per ogni pixel dell'immagine ($8 + 4 + 4$).

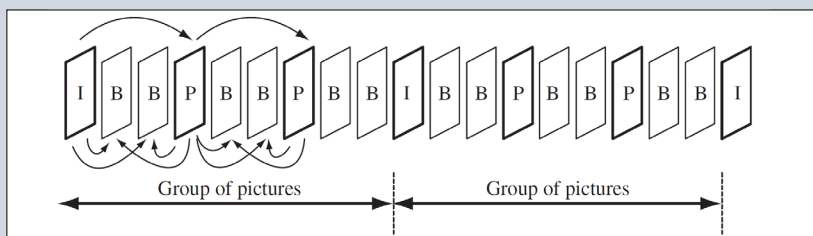


Infine, con il codice 4:2:0 si considerano per ogni quattro campioni Y un valore Cb e uno Cr, presi però a righe video alterne. Questo tipo di codifica è adottato in tutti i video amatoriali, nei Dvd, nei Blu-ray, nei Blu-ray Ultra





I codec interframe analizzano il movimento dei blocchi di pixel da un fotogramma all'altro, sostituendoli con vettori. Esistono quindi frame principali di riferimento (I-frame) e subordinati (P-frame e B-frame). I B-frame sono i più compressi.



Hd, nelle trasmissioni Tv e comporta una netta riduzione del numero di bit necessario per definire ogni singolo pixel, dato che ne servono solamente 12 ($8 + 2 + 2$).

Il passo successivo nel processo di compressione consiste nella riduzione delle informazioni contenute nel singolo fotogramma, cominciando da quelle meno visibili, come per esempio le deboli variazioni cromatiche in aree estese e i dettagli più minuti. L'algoritmo più usato è quello chiamato Dct (*Discrete Cosine Transform*, trasformata discreta del coseno) applicato a blocchi di pixel, ma ne sono disponibili anche altri. Poi il codec raggruppa i coefficienti generati da Dct per limitarne il numero (un'operazione definita *quantizzazione*) ed elimina quelli che hanno valore pari a zero (*codifica entropica*).

A questo punto i codec cosiddetti *intraframe*, che elaborano ciascun fotogramma in maniera indipendente dagli altri, hanno terminato il loro lavoro. Invece i compressori più efficienti non si fermano qui e ricorrono ad algoritmi che lavorano su gruppi di frame. Questi algoritmi confrontano il fotogramma corrente con quelli circostanti – sia precedenti sia successivi – con l'obiettivo di eliminare le informazioni ridondanti, visibili cioè in più frame. Memorizzano infatti un fotogramma come riferimento (*I-frame*) e gli altri come differenza rispetto al primo: i *P-frame* fanno riferimento all'I-Frame, i *B-frame* sono generati partendo dai P-frame.

La memorizzazione delle differenze tra un frame e l'altro è fatta sotto forma di vettori, che descrivono il movimento dei gruppi di pixel tra i diversi fotogrammi. Questo tipo di codifica, chiamata *interframe*, è molto efficiente, ma richiede una maggiore potenza di calcolo sia in fase di compressione, sia durante il video editing poiché il computer deve tenere in memoria e gestire numerosi fotogrammi contemporaneamente (raggruppati in un *Gop*, *Group Of Pictures*) per ricostruirli nella loro integrità. Grazie alla potenza delle moderne Cpu e ai programmi di video editing che consentono all'utente di continuare a modificare il progetto anche mentre il motore di rendering sta calcolando in background le anteprime, la diffusione dei codec basati sulla compressione interframe è oggi praticamente universale.

anche plug-in che rendono QuickTime e Windows Media Player in grado di eseguire i clip Ogg.

MKV (MATROSKA)

Il nome di questo container deriva dal russo *matryoshka*, la serie di bambole in legno costruite in modo da stare una dentro l'altra. Il nome è un chiaro riferimento alla capacità di Mkv di includere file eterogenei ordinati in maniera gerarchica. Il formato è open source e gratuito ed è stato sviluppato con l'intento di offrire agli appassionati del video-fai-da-te un container moderno, versatile e modulare, in grado di supportare anche gli sviluppi futuri nel campo del multimediale. Mkv consente lo streaming e può contenere un numero illimitato di clip video, audio, immagini, sottotitoli, menu e capitoli. Sebbene di introduzione abbastanza recente (il suo sviluppo è diventato pubblico nel dicembre del 2002), la popolarità di questo container è cresciuta molto rapidamente nella comunità degli appassionati, proprio in virtù della sua completezza e della sua versatilità. La diffusione è oggi ottima anche tra i media extender e i dispositivi multimediali stand-alone: ormai tutti i dispositivi di questo tipo accettano senza problemi il formato Mkv. In sostanza quindi, le caratteristiche di base del formato Mkv, i software di elaborazione e la disponibilità di player compatibili hanno creato un circolo virtuoso che ha spinto velocemente questo container ai vertici della popolarità, rendendolo di fatto la miglior scelta possibile quando si desidera disporre di un file multimediale completo di funzioni e informazioni accessorie. Non è un caso, infatti, che Mkv sia molto diffuso tra gli appassionati del video-fai-da-te.

MP4/M4A

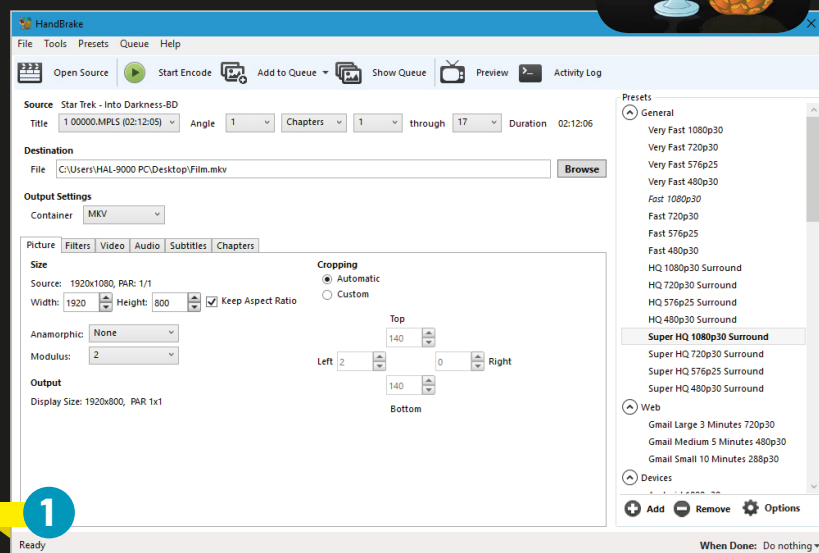
È il container descritto nelle specifiche dello standard Mpeg-4, più precisamente nella sezione Part 14, che a sua volta fa riferimento al capitolo Part 12, definito partendo da alcune caratteristiche di Apple Quicktime Mov. La pubblicazione delle specifiche del formato Mp4 risalgono al 2003. Mp4 supporta video, audio, sottotitoli e immagini ed è compatibile con lo streaming. I formati video accettati sono H.264/Mpeg-4 Avc e Mpeg-4 Part 2; per quanto riguarda l'audio le specifiche contemplano AAC e Mp3. A questi

codec si sono aggiunti nel tempo quelli più recenti, come H.265, Ac-3 e Dts. Mp4 gode di una notevole popolarità, soprattutto grazie alla diffusione dei lettori personali portatili di file Mp3 (come l'iPod di Apple), che sono in grado di visualizzare anche video codificati in Mpeg-4 Part 2 e incapsulati nel container Mp4. Il container M4a è in realtà identico a Mp4, anche se in genere è usato per veicolare solo file audio.

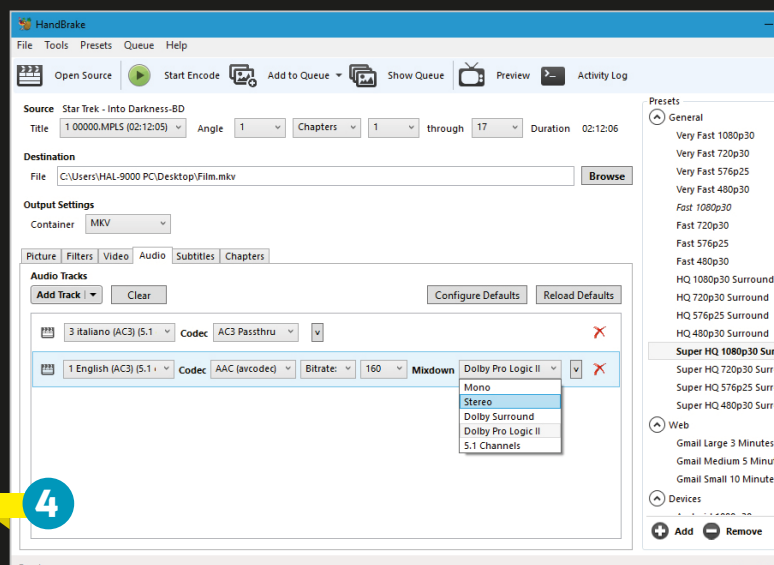
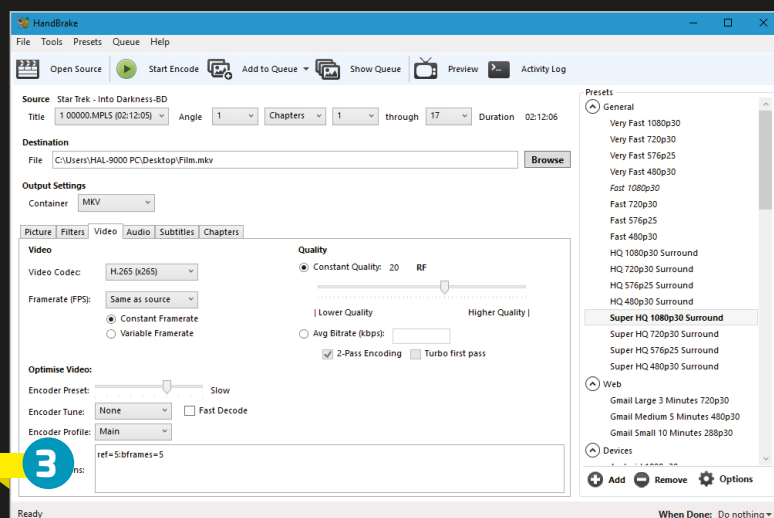
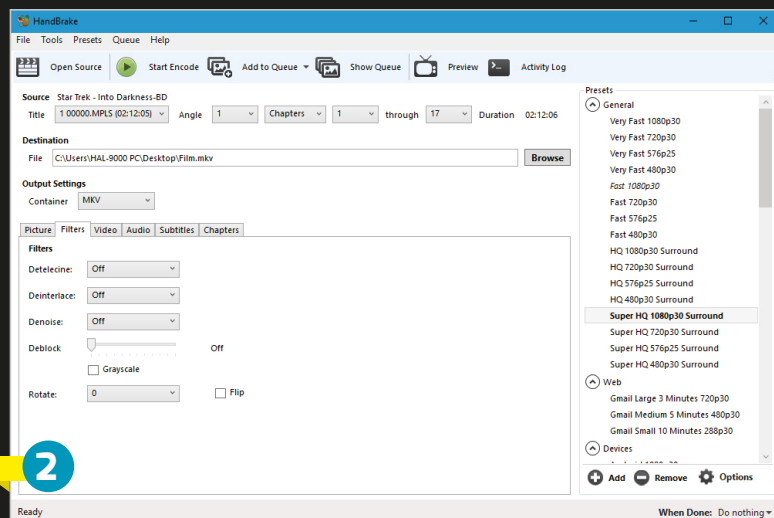
DMF (DIVX MEDIA FORMAT)

Introdotta da DivX Network nel 2006 con la versione 6 di DivX, deriva direttamente dal container Avi e ha estensione .divx. Il container è stato presentato insieme al profilo DivX Ultra, quindi tutti i dispositivi certificati Ultra sono in grado di riprodurre tutte le caratteristiche tipiche dal formato Dmf. Oltre ai contenuti audio e video (compressi esclusivamente con Mpeg-4 Part 2) sono supportati i menu interattivi, i sottotitoli, i capitoli, i filmati extra (*back stage*, interviste e così via) e più colonne sonore. In pratica Dmf replica in maniera fedele le caratteristiche tipiche dei Dvd Video. La parentela di Dmf con Avi è piuttosto stretta, nonostante Avi non supporti i menu, i sottotitoli e le altre caratteristiche in stile Dvd Video. Questo è possibile perché DivX Network ha sfruttato estensioni di codice assai diffuse nell'ambiente dei codec freeware, che rendono il formato Avi molto più versatile. Queste estensioni non sono però ufficiali e quindi non è affatto detto che un player non conforme al profilo DivX Ultra sia in grado di riconoscerle e di accedere ai contenuti extra referenziati. In questo caso sarà visibile soltanto il flusso audio video principale.

UTILIZZARE HANDBRAKE



HandBrake 1.0.1 (<https://handbrake.fr/>) è un programma gratuito specializzato nella compressione dei video e dell'audio associato, disponibile per Windows, Mac e Linux. Dopo ben 13 anni di sviluppo, il 24 dicembre dell'anno scorso è stato finalmente promosso alla versione 1.0.0. L'ultima release segna quindi un passo importante, ma già da diversi anni il software è perfettamente utilizzabile, stabile e capace di comprimere i video in maniera più che soddisfacente. L'interfaccia è in inglese ma con un minimo di conoscenze è facile da usare poiché molti termini tecnici sono comuni in italiano. Le opzioni sono raccolte in maniera ordinata in diversi pannelli sovrapposti, richiamabili con linguette. I codec disponibili per i filmati sono H.264 (libreria x264), Mpeg-4, Mpeg-2 e H.265 (x265). Se si sceglie il container Mkv invece di Mp4, sono utilizzabili anche i codec VP8, VP9 (una novità della release 1.0.0) e Theora. Sulla destra dell'interfaccia sono elencati molti preset personalizzabili, totalmente rinnovati con l'edizione 1.0.0. I preset sono suddivisi in gruppi: generici, per il Web, per i dispositivi mobili, per Mkv, disponibili nelle edizioni precedenti del programma. Questi template sono un aiuto importante per i principianti e per coloro che non vogliono perdere tempo, un ottimo punto di partenza per i più esperti e per gli smanettoni. Una volta scelto il preset più adatto, restano da stabilire il formato di output, Mp4 o Mkv, e la cartella di destinazione. Il programma riconosce in automatico la struttura dei Dvd e dei Blu-ray (purché non protetti), quindi basta trascinare la cartella principale, in cui è stato copiato il disco ottico, nella casella *Source/Title* perché HandBrake individui in automatico il film, le colonne sonore, i sottotitoli e i capitoli. Da notare che HandBrake 1.0.1 all'avvio mostra subito un pannello per la selezione dell'input, che può essere - come abbiamo già detto - una cartella o un singolo file. Tra i pannelli a linguette con le impostazioni il più importante è senz'altro quello *Video*, in cui si sceglie il codec e la qualità di compressione. Di default, HandBrake propone la



regolazione del livello di compressione tramite il parametro *Constant Quality*, così non è necessario impostare il bit rate medio né attivare la codifica in due passaggi. Nel caso di H.264 e H.265, per una resa visiva praticamente indistinguibile dall'originale HandBrake suggerisce di scegliere un valore di *Constant Quality* da 20 a 23 per il Full Hd. Valori minori comportano l'aumento della dimensione del file in output senza miglioramenti apprezzabili, con valori maggiori il file finale sarà più piccolo ma saranno visibili artefatti dovuti a una compressione eccessiva. Un altro parametro caratteristico di HandBrake, disponibile con H.264, H.265, VP8 e VP9, è il cursore *Preset*, posto in basso a sinistra del pannello Video. In sostanza permette di stabilire il livello di precisione di lavoro degli algoritmi incaricati di trovare blocchi di pixel simili tra i fotogrammi in corso di elaborazione, così da scartare i doppioni e sostituirli con informazioni sintetiche per la loro ricostruzione in fase di lettura. Più il cursore è a destra maggiori sono la complessità e il tempo di elaborazione, minore sarà la dimensione del file in output. L'impostazione delle colonne sonore va fatta nella finestra *Audio*. Per ciascuna lingua è possibile stabilire se il flusso sonoro deve rimanere uguale all'originale oppure essere compresso in mono, stereo o multicanale, con un bit rate a scelta. Sono disponibili i compressori AAC, MP3, AC3, Vorbis, Opus e FLAC a 16 o a 24 bit. Per quanto riguarda i capitoli, HandBrake non è in grado di crearli se non sono già presenti nell'archivio originale, forse l'unico limite significativo di questo software. Nel caso si desideri lanciare più elaborazioni, è possibile impostare altre compressioni e caricarle in un batch con il comando *Add to Queue*, vicino a *Start*, proprio di fianco al tasto *Pause*.

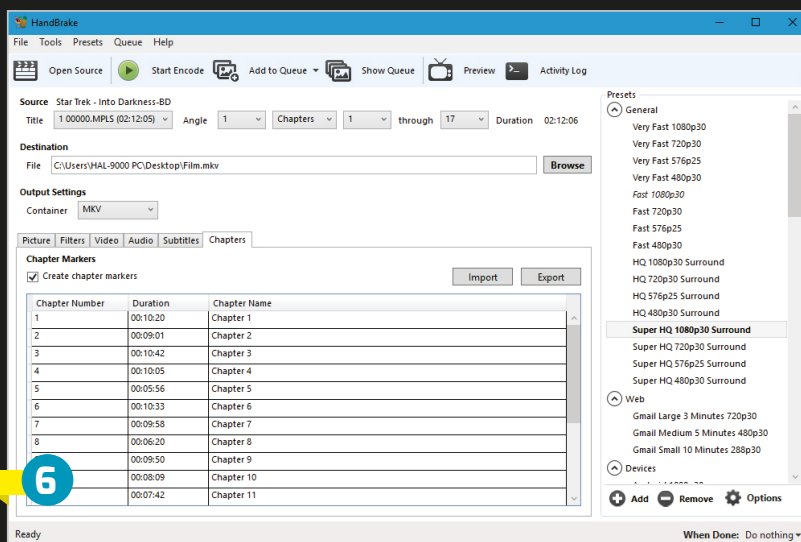
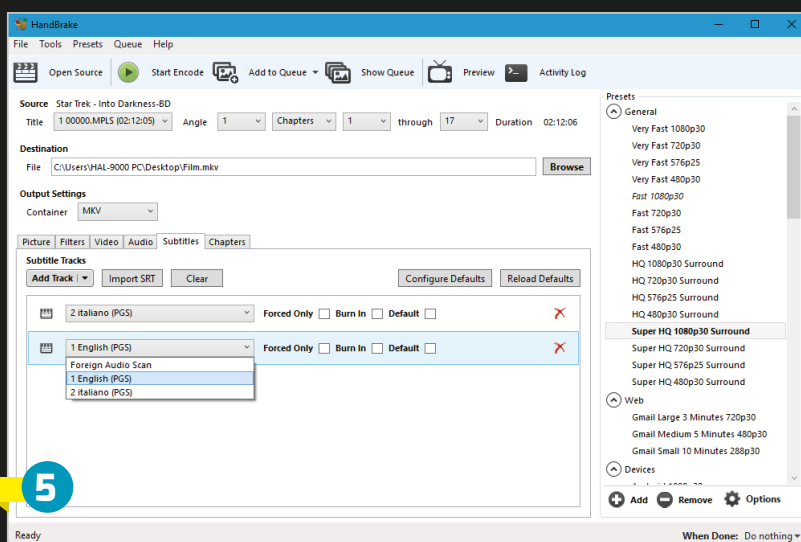
LA COMPRESSIONE CON H.265/HEVC

HandBrake è un ottimo programma per la compressione dei video, in particolare quando è necessario adeguare il filmato – codec, container, risoluzione e dimensione del file – alle caratteristiche del dispositivo che sarà usato per la riproduzione. Per



esempio per fare in modo che un film sia perfettamente visibile con uno smartphone o un tablet, oppure per ridurre la dimensione di un lungometraggio da Blu-ray senza sacrificare la qualità di visione. In questo tutorial descriviamo le operazioni necessarie per quest'ultimo compito, sfruttando l'elevata efficienza di H.265/Hevc. Una volta caricato il film da comprimere (nel pannello iniziale che appare al lancio del programma oppure con un clic sul tasto *Source* in alto a sinistra nell'interfaccia principale), scrivete il nome del file di output nella casella *Destination/ File*, scegliete in *Output setting/ Container* Mp4 oppure Mkv e fate clic sulla prima linguetta, *Picture*. Nella casella *Anamorphic* scegliete *None*, in *Modulus* mettete 2, verificate che *Keep Aspect Ratio* sia attivo ed eventualmente scegliete la larghezza o l'altezza in pixel del video in output (casella *Width* o *Height*, rispettivamente). Se volete ridurre al minimo la dimensione del file potete ritagliare i fotogrammi, in modo da eliminare le strisce nere che di solito sono sopra e sotto l'immagine. Di default ci pensa HandBrake (*Cropping/Automatic*), ma è possibile impostare a mano i valori di ritaglio e verificare il risultato lanciando il calcolo di una breve anteprima (serve il player Vlc). **[Figura1]**

Nel secondo pannello, *Filters*, verificate che sia tutto su *Off*, dato che il materiale di partenza è un film, quindi non interlacciato e (si suppone) di buona qualità visiva. **[Figura2]** Giungiamo quindi al pannello *Video*, decisamente il più importante. Qui scegliete il codec, nel nostro caso H.265 (verificate che il vostro player sia in grado di decodificarlo). Di seguito in *Framerate* scegliete *Same as source*, attivate *Constant Framerate* e impostate 20 per il cursore *Quality/Constant Quality*, così da avere un video finale con una qualità visiva praticamente indistinguibile dall'originale. Se invece è importante contenere la dimensione del file in output pur senza sacrificare troppo la qualità, portate il cursore a 23 - 25. Il cursore *x265 Preset* è bene che sia su *Medium*, *Slow*, *Slower* o anche *Very slow*: l'elaborazione sarà più lunga ma la dimensione del file in output sarà la minore possibile. Infine in *x265 Tune* lasciate *None* e in *H.265 Profile*



selezionate *Main*. **[Figura3]** Nel pannello *Audio* caricate solo le colonne sonore che vi interessano e selezionate il codec che preferite. Se volete che HandBrake lasci inalterato l'audio, scegliete una delle voci *passthru*, per AC3, Dts, Dts-Hd. **[Figura4]** In *Subtitles* selezionate i sottotitoli che preferite. È importante verificare che il player sia in grado di visualizzarli, se così non fosse e i testi sono importanti, potete attivare la casella *Burn in*, così HandBrake stampa le scritte nelle immagini, in maniera definitiva e indelebile. **[Figura5]** Infine verificate che la sezione *Chapters* contenga i capitoli, che il software carica dal file in input. **[Figura6]** A questo punto siete pronti per lanciare la compressione, con un clic sul pulsante *Start* in alto a sinistra. Se avete più film da comprimere, potete creare nuove impostazioni e caricare le elaborazioni in una coda batch, con il tasto *Add to Queue*, di fianco a *Pause*.