



OLTRE LA TV AD ALTA DEFINIZIONE

Diego Gibellino, Daniele Mazzoni



Negli ultimi anni si è verificato un cambiamento epocale nel settore della produzione cinematografica e televisiva con l'avvento dei formati digitali. Si è trattato di una vera e propria rivoluzione che ha coinvolto l'intera filiera di confezionamento dei prodotti multimediali, incidendo non solo sull'industria dell'audiovisivo in senso stretto, ma anche su quella della *consumer electronics* e delle reti di comunicazione e aprendo nuove opportunità di convergenza e sviluppo.

Come nel campo della fotografia, la qualità delle immagini digitali in movimento è cresciuta costantemente, puntando ad emulare la ricchezza cromatica e la resa dei dettagli tipiche della pellicola. Con i formati ad altissima risoluzione e le tecnologie di fabbricazione dei *display* introdotte recentemente, di cui il 4K e gli schermi OLED sono esempi di successo, la rincorsa sembra giunta al termine. Il presente articolo fa il punto sugli ultimi sviluppi evidenziandone le grandi potenzialità¹.

1 I formati del video digitale

1.1 Dall'analogico al Full HD

Storicamente il segnale televisivo digitale è stato rappresentato in vari formati caratterizzati da risoluzioni via via crescenti:

- **LDT** (*Low Definition TV*): formato a risoluzioni più basse di quella standard e spesso comparabile in termini di resa all'analogico;
- **SDTV** (*Standard Definition TV*): formato con *frame* interlacciati in modalità 480i o 576i e aspect ratio 4:3, presenta lo stesso aspetto della tradizionale TV analogica (a meno delle immagini "nevose" e dei rumori statici dovuti alla trasmissione);
- **EDTV** (*Enhanced Definition TV*): formato a 60 fps o 50 fps

progressivi, con 480 o 576 linee e sovente *aspect ratio* 16:9;

- **HDTV** (*High Definition TV*): formato con risoluzione e qualità dell'immagine apprezzabilmente superiori e aspect ratio 16:9, diffuso in tre sottoformati:

- **1920×1080i**, compatibile con molti televisori a monitor CRT (*Cathode-Ray Tube*);
- **1280×720p**: compatibile con i primi dispositivi a schermo piatto, plasma e LCD (*Liquid Crystal Display*);
- **1920×1080p**: denominato anche True HD o Full HD.

1.2 L'Ultra HD

Risoluzioni superiori a quella della TV HD vengono indicate col termine generico di *UHD TV*, il

sistema televisivo del futuro le cui sperimentazioni si sono succedute fino ad oggi introducendo miglioramenti progressivi della qualità visiva e acustica. L'obiettivo è arrivare a trattare immagini con una risoluzione 16 volte maggiore dell'HDTV, quindi pari a 7680×4320 pixel, in un formato classificato come 8K. Le risoluzioni oggi comunemente accettate per il cinema digitale sono tuttavia quelle dei formati 2K (2048×1080 px) e 4K (4096×2160 pixel); quest'ultimo, in particolare, presenta sostanzialmente una risoluzione quadrupla rispetto a quella del Full HD (*Figura 1*).

Per le applicazioni dell'alta definizione si usa attualmente il formato 1920×1080 4:2:2 (le componenti di cromaticità Cb e Cr sono sottocampionate di un fattore due rispetto alla luminanza Y): per ogni linea vi sono cioè 1920 cam-

¹ L'articolo costituisce la sintesi di uno studio prodotto dall'ing. Fabio De Lazzari nell'ambito di uno stage effettuato presso Telecom Italia a conclusione di un Master universitario di II livello in Innovazione di reti e servizi nel settore ICT

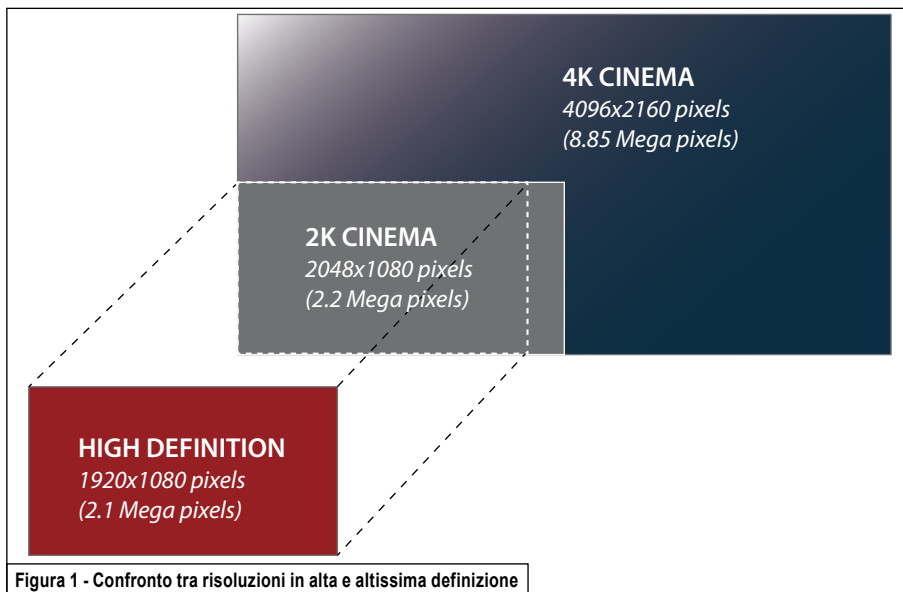


Figura 1 - Confronto tra risoluzioni in alta e altissima definizione

pioni (*sample*) Y e 960 ciascuno per Cb e Cr, in totale 3840 campioni; ogni *frame* contiene quindi $3840 \times 1080 = 4.147$ Msample e, se si adotta un campionamento a 10 bit, occupa 5.18 Mbyte di memoria.

Con una frequenza di 30 *frame* al secondo (60 *field*) si producono 155 Mbyte/s e un'ora di registrazione richiede 560 GB. Nel caso del formato 2K (4:4:4, 10 bit *sampling* in spazio colori RGB, risoluzione 2048×1080 a 24 fps) un *frame* occupa circa 12 MB e un'ora di registrazione circa 1.04 TB.

Poiché il formato 4K ha dimensioni lineari doppie rispetto a quello 2K, il numero di *pixel* dell'immagine e l'occupazione di memoria si quadruplicano.

2 Gli standard per la codifica delle immagini

2.1 Evoluzioni di MPEG

Se i principali fattori tecnologici alla base dello sviluppo del cinema digitale (strumenti per il trat-

tamento dei segnali ad alta risoluzione ai vari stadi della catena produttiva, aumento delle capacità di *storage* e di trasferimento dati) sono in via di consolidamento, ancora in fase di definizione appaiono le normative riguardanti i livelli di qualità e le specifiche standard propedeutiche ad un pieno dispiegamento commerciale. Nel 2013 è stato ufficialmente pubblicato il nuovo standard HEVC (ISO/IEC 23008 Part 2: *High Efficiency Video Coding*) definito dal gruppo congiunto ITU-T (*ITU Telecommunication Standardization Sector*) e ISO/IEC MPEG denominato JCT-VC. È caratterizzato in particolare da due profili di tipo Main ad 8 o 10 bit di profondità di colore, indirizzati a varie applicazioni quali *broadcast* TV, IPTV (TV su rete IP), videocomunicazione, telepresenza e comunicazione mobile. HEVC è stato definito per offrire un risparmio di banda del 40-50% rispetto a H.264/AVC a parità di qualità dell'immagine, introducendo nuove tecnologie di compressione (*tool*) specifiche per contenuti a risoluzione HD e oltre. Nel complesso, HEVC propone un

compromesso ottimale tra complessità computazionale, tasso di compressione, robustezza agli errori e ritardi di *processing* e introduce significativi passi avanti sul fronte della qualità dell'immagine espressa in termini di *range* dinamico, *gamut* e *noise reduction*; si presenta quindi come soluzione ideale per la televisione ad alta definizione e oltre, essendo per di più in grado di gestire risoluzioni che vanno dal QVGA (*Quarter Video Graphics Array*) al 1080p, fino a risoluzioni di 8192×4320 *pixel* e *frame rate* fino a 300 fps.

2.2 Evoluzioni di HDMI

Un elemento importante verso il supporto di risoluzioni oltre l'HD è la disponibilità della nuova interfaccia standard della consumer electronics HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*) 2.0: questa, rilasciata nel settembre 2013 durante l'IFA 2013 a Berlino, offre 18 Gbit/s di banda passante massima totale (6 Gbit/s per canale) e supporta, tra l'altro, la risoluzione 4K (2160p) a 60 fps (30 fps in 3D). Le nuove specifiche HDMI 2.0 non includono la definizione di nuovi cavi o connettori; gli attuali cavi "HDMI High Speed" e "HDMI High Speed with Ethernet" consentono infatti già l'aumento di banda passante richiesto dalle nuove risoluzioni introdotte.

3 Le tecnologie di ripresa e di registrazione

Negli ultimi tempi notevoli sviluppi da parte di grandi firme dell'industria cinematografica hanno fatto compiere parec-

I formati video MPEG

Il Moving Picture Experts Group è un gruppo di lavoro ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) che si occupa dello sviluppo di standard internazionali per la compressione, la decompressione, l'elaborazione e la codifica di immagini in movimento e di audio per una svariata serie di applicazioni. Ha iniziato i suoi lavori nel 1988 sotto la guida di 25 esperti, coordinati da Leonardo Chiariglione, elaborando standard di elevata efficienza per il video digitale che sono stati poi adottati nei formati impiegati per il DVD e la DTT (*Digital Terrestrial Television*), aprendo così la strada alla rappresentazione di immagini compresse ad alta qualità.

Lo standard MPEG-1 produce filmati compressi a 1.2 Mbit/s ed è indirizzato al video su CD-ROM; il formato compresso MPEG-1 Audio Layer 3 (MP3) viene invece utilizzato nei più vari contesti ed è molto diffuso su Internet. Lo standard MPEG-2 comprende una serie di specifiche per la compressione *intra* e *inter-frame* imperniata su algoritmi DCT applicati a blocchi di *pixel* e con funzioni di quantizzazione simili a quelle

in uso nello standard JPEG, organizzate per 'livelli' e 'profili', che garantiscono qualità adatte a diverse applicazioni, da quella del video VHS (*Video Home System*) fino all'HDTV.

Per la DTT e il DVD, in particolare, si utilizzano *bitrate* intorno ai 4 Mbit/s, con un guadagno enorme rispetto ai 180 Mbit/s del video non compresso. Lo standard MPEG-4/AVC (conosciuto anche con la sigla H.264) copre le aree della televisione digitale ad alta definizione, della grafica interattiva (immagini di sintesi) e della multimedialità su Web; sfrutta algoritmi di compressione simili a quelli di MPEG-2, ma più potenti e capaci di produrre *bitrate* molto bassi. Storicamente, le caratteristiche di MPEG-2 sono risultate adatte a coprire le necessità del mercato del video digitale per molti anni, tuttavia nuovi algoritmi di compressione si sono resi necessari con il superamento da parte delle tecnologie di visualizzazione dei limiti dei display 1920×1080.

Nel 2010, MPEG e ITU-T hanno creato un JCT-VC (*Joint Collaborative Team on Video Coding*) per la definizione di un nuovo codec denominato HEVC, con

l'obiettivo di ridurre del 40-50% il *bitrate* necessario a pari qualità rispetto alla codifica AVC/H.264. HEVC introduce per la prima volta un insieme di strumenti di compressione progettati per contenuti ad alta risoluzione e tecniche normative per la parallelizzazione delle operazioni di decodifica su piattaforme *multi-core* e *multi-processor*.

Nel Gennaio 2013 lo standard HEVC è stato finalizzato nella sua prima versione, dieci anni dopo la pubblicazione di AVC/H.264. HEVC sta riscuotendo un enorme interesse da parte dell'*industry*: *broadcaster*, operatori, OTT *service provider* e *manufacturer* hanno presentato, sin da metà 2013, i primi prototipi basati su implementazioni *software* e li hanno utilizzati in *trial* ed eventi dimostrativi.

È prevista una graduale introduzione di HEVC in servizi commerciali nel corso del 2014, principalmente per servizi OTT VoD via Internet. La disponibilità di *chipset* con supporto alla decodifica HEVC in *hardware* nel corso del 2014 dovrebbe permetterne poi una diffusione sostanziale nel mercato dei ricevitori televisivi (*connected TV* e STB) a partire dalla *lineup* di prodotti 2015 ■

chi passi avanti sul piano del *workflow* di produzione, del peso e dell'ergonomia delle attrezzature, delle tecnologie di storage e della qualità di archiviazione del girato. Fino a pochi anni fa, infatti, la nozione di immagine a risoluzione 4K fungeva da puro termine di paragone per valutare quanto il materiale acquisito in digitale da una macchina da presa avesse caratteristiche vicine a quelle della pellicola 35 mm in termini di risoluzione spaziale e gli apparati richiesti erano ingombranti e costosi (Figura 2).

Figura 2 - Videocamera UHDTV preparata al BBC Television Centre



Il 3D e l'UHD TV

Il 3D è stato il primo passo con cui il digitale, una volta superata la fase iniziale di adozione, ha puntato a nuovi standard di qualità nella fruizione, obiettivo rispetto al quale il 4K offre un percorso di evoluzione parallela e complementare. Sebbene si annoverino molte tecniche per la creazione di immagini 3D, esistono due classi di dispositivi per la proiezione: quelli che impiegano occhiali polarizzati passivi e quelli che utilizzano occhiali con commutatori attivi. La principale differenza fra i due tipi di proiezione è legata all'entità del 'residuo' dell'immagine di *ghosting* (il fenomeno per cui l'occhio sinistro vede una parte del segnale destinato al destro e viceversa): gli occhiali attivi sono più efficienti nel limitare il problema.

Gli occhiali passivi sono tuttavia molto robusti ed economici e hanno quindi larga diffusione, mentre quelli attivi, oltre ad essere più costosi, necessitano di una minima cura. Independentemente dalla tecnologia, l'uso degli occhiali ha sinora limitato fortemente la diffusione del video 3D, a fronte di soluzioni per la visione 3D autostereoscopica, che impongono una riduzione drastica nella risoluzione dell'immagine.

È possibile tuttavia utilizzare l'altissima definizione di un pannello 4K per visualizzare contemporaneamente le due immagini bidimensionali, che costituiscono un'immagine tridimensionale autostereoscopica ad alta risoluzione (Full HD), rendendo non apprezzabile ad occhio nudo la perdita di qualità.

In questo senso l'abbinamento con il 3D potrebbe costituire un fattore di stimolo all'adozione di massa della tecnologia 4K, impiegata per veicolare al grande pubblico il 3D in versione autostereoscopica ■

3.1 Videocamere

Nel 2010 e nel 2011 sono apparse le videocamere compatte *Red Epic-M* e *Epic-X*, dotate di un sensore *Misterium* a 14 Megapixel, e la *Red Scarlet*, molto simile alla *Epic*. Lo spettro delle risoluzioni supportate da questi modelli include l'1K a 120 fps, il 4K a 24 fps e il 5K a 12 fps. Sempre nel 2011 *Sony* ha presentato il suo nuovo prodotto di punta della categoria *CineAlta*, la *F65*, pubblicizzata con lo slogan "True 4K and beyond", il cui sensore da 20 Megapixel con un fotosito dedicato al colore verde in ogni pixel genera immagini 4K e 8K fino a 60 fps e 120 fps. Interessante anche la soluzione messa a punto dall'azienda *GoPro* con il prodotto *Hero3 Black Edition*, una videocamera ad alta definizione indossabile che oltre al formato 1080p a 60fps supporta il 4K nella doppia risoluzione 3840x2160 e 4096x2160 a 15 e 12 fps rispettivamente; in scenari di servizi convergenti questo modello apre la strada all'altissima definizione nel mondo della realtà aumentata e virtuale.

3.2 Supporti

Per quanto concerne l'archiviazione delle immagini, con la progressiva digitalizzazione della catena produttiva sia in ambito amatoriale che professionale si è passati dall'uso di supporti magnetici all'impiego di memorie ottiche e allo stato solido via via più capienti. Al DVD (con capacità di 4.7 GB nella versione *single-layer* e di 9 GB in quella *double-layer*), che fa uso della codifica MPEG-2, si è affiancato il disco *Blu-Ray* che utilizza i

codec H.264 e AVC per comprimere filmati 1080p e 3D, le cui evoluzioni dovrebbero garantire almeno 100 GB per layer abbattendo i relativi costi². Un filmato non compresso a risoluzione UHD TV può richiedere fino a 24 TB di spazio d'archiviazione, che si riducono a circa 360 GB con la compressione H.264. Ulteriori progressi in questo senso sono attesi con l'avvento della codifica HEVC e l'introduzione di supporti ottici ad alta densità. Le videocamere HD sopra citate impiegano attualmente *hard-disk* rimovibili o a stato solido.

4 I contenuti

4.1 Cinema

Come si è visto, apparati per la produzione di video 4K sono già presenti sul mercato professionale. Tuttavia, la creazione di contenuti sta ancora muovendo i suoi primi passi e rimangono da definire offerte commerciali per il pubblico in un contesto tuttora focalizzato sul raffinamento tecnologico delle componenti materiali della catena del valore. Negli ultimi tempi contenuti prodotti originariamente in 4K hanno comunque cominciato a fare la loro comparsa nelle sale cinematografiche, benché spesso dopo essere stati sottoposti a *downscaling*, a causa del numero limitato di strutture attrezzate per gestire il formato pieno nei diversi paesi. Il prodotto più atteso del 2012 è stato il film *'Lo Hobbit'*, primo capitolo di una trilogia firmata dal regista Peter Jackson, che ha scelto di collocarsi all'avanguardia del cinema digitale: per le riprese si è orientato verso la stereoscopia nativa 4K a 48 fps (HFR o High

² http://www.avmagazine.it/news/dvd/il-blu-ray-e-adatto-anche-al-4k_7056.html

Frame Rate), con un frame rate doppio rispetto a quello usuale per garantire alle immagini maggiore fluidità e avvicinarne la percezione a quella che l'occhio umano ha della realtà (a 55 fps non distingue più le singole immagini)³.

4.2 Televisione

A Torino, nella prima metà del 2012, sono state invece effettuate presso il centro di produzione RAI una serie di riprese in 4K a 50 fps finalizzate alla realizzazione di sequenze di test in formato UHD TV, con il supporto di EBU e di partner industriali come Sony, DVS, Astro Design, TV Logic, CW Sonderoptic e TCP⁴. Tutto il materiale è stato acquisito nel formato RAW della videocamera F65 e sottoposto a *post-processing* a Zurigo.

4.3 Internet

Dall'estate del 2010 anche YouTube mette a disposizione video a risoluzione nativa 4K, benché la fruizione su PC o smartphone non consenta in pratica di apprezzare la differenza rispetto al formato 1080p. In prospettiva questo si presenta comunque come un interessante canale di distribuzione per contenuti UHD TV.

5 La distribuzione

5.1 Apparati

Il codec HEVC sembra la soluzione più efficiente per trasmettere contenuti delle dimensioni richie-

ste dalla tecnologia 4K e quindi dalla UHD TV, in quanto la riduzione del *bitrate* a parità di qualità percepita rispetto all'H.264 è considerevole; tuttavia si pone un problema per quanto riguarda l'*hardware* che deve elaborare la notevole mole di dati da codificare in fase di produzione e decodificare durante la fruizione. Benché esistano già *smartphone* dotati di *chipset* in grado di trattare il video 4K, come il Samsung Galaxy Note III, una *workstation* ben equipaggiata rappresenta in pratica oggi una scelta obbligata in ambito professionale per la riproduzione di filmati ad altissima risoluzione, mentre le prestazioni richieste dalla codifica impongono requisiti ancora più stringenti: 60 minuti di filmato non compresso occupano circa 1.44 TBytes a 400 MBytes/s; sono quindi indispensabili ampie bande di I/O che indirizzano la scelta verso architetture ad elevato parallelismo e di tipo RAID. La dotazione *software* necessaria per la postproduzione deve poi includere programmi professionali per l'*editing* di materiale in alta definizione, come Adobe Premiere CS6 o Vegas Pro 12.

5.2 Infrastrutture

Nel mercato del cinema digitale il *canale satellitare* rappresenta in questa fase un veicolo efficiente per la distribuzione commerciale dei contenuti UHD se si rispettano alcune condizioni che permettano di sfruttare al meglio la sua costosa capacità di banda, coinvolgendo un numero di sale sufficiente a rendere economicamente conveniente la trasmissione: un singolo film può infatti superare i 200 GB e richiedere un *datarate* di

100 Mbps. Sul versante della distribuzione all'utenza residenziale i principali operatori hanno invece lanciato servizi sperimentali: in particolare Eutelsat ha iniziato nel gennaio del 2013 la trasmissione di contenuti 4K codificati in MPEG-4/AVC a 50 fps su quattro canali affasciati, per un *bitrate* complessivo di 40 Mbps⁵.

La distribuzione di un contenuto 4K in modalità VoD (*Video on Demand*) su *rete IP* pone requisiti sulla banda minima disponibile, in quanto *bitrate* inferiori ai 20 Mbps con codifica MPEG-4/AVC non garantiscono una qualità di fruizione adeguata. Al momento sono quindi rari i servizi in *streaming* ad altissima definizione (tra questi quello già menzionato di YouTube, che agisce come un pioniere in questo mercato, mentre Netflix ha avviato una sperimentazione limitata al territorio statunitense), benché le più innovative soluzioni commerciali per la connettività residenziale *broadband* come l'FTTCab (*Fiber to the Cabinet*) siano potenzialmente in grado di garantire *data-rate* superiori ai 30 Mb/s ad un'utenza di massa.

6 La fruizione

6.1 Consolidamento del mercato

Il video digitale, già disponibile da tempo ai clienti residenziali attraverso la TV digitale terrestre, i dischi ottici e l'IPTV, con la comparsa di nuovi apparati di *consumer electronics* in grado di ricevere materiale in formato 4K su connessioni *ultrabroadband* impiegando algoritmi di decodifica molto efficienti, renderà

³ <http://www.supergacinema.it/film/approfondimenti/10023-lo-hobbit-un%E2%80%99esclusiva-e-lunghissima-intervista-a-peter-jackson-sui-rapporti-tra-le-sue-due-trilogie.html>

⁴ <https://tech.ebu.ch/testsequences>

⁵ <http://www.eutelsat.it/news/eutelsat-lancia-il-primo-canale-europeo-in-ultra-hd-4k/#hideIFrame>

possibile una visione dei contenuti analoga a quella del cinema o dell'evento *live*. In questo contesto *Intel* si è fatta portavoce di una crescente domanda di maggiore risoluzione dei pannelli presenti nei dispositivi di uso quotidiano, indicando come obiettivi schermi a 5 pollici con una definizione pari a 1280x800 per gli *smartphone*, a 10 pollici con risoluzione di 2560x1440 per i *tablet*, a 11 e 13 pollici con risoluzioni di 2560x1440 e 2800x1800 rispettivamente per gli *ultrabook*, a 15 pollici per i *notebook* e a 21 pollici con definizione 3840x2160 per i *PC desktop*.

Sul fronte prettamente televisivo, la Consumer Electronics Association americana su proposta dell'ITU ha imposto ai produttori di pannelli TV di utilizzare il logo *Ultra HD* per identificare tutti gli schermi, videoproiettori o *monitor* con risoluzione nativa almeno pari al Quad Full HD (3840x2160 pixel) e dotati di almeno un ingresso HDMI in grado di ricevere segnali a tale risoluzione⁶. Quest'ultimo punto è d'importanza fondamentale perché esclude la possibilità di commercializzare come dispositivo Ultra HD un *display* dotato di una semplice funzione interna di *upscaling*. L'approccio non risolve però tutti i problemi di standardizzazione degli apparati in grado di gestire nuovi formati: i *display* 8K rientrano nella categoria dei dispositivi Ultra HD esattamente come i 4K, in quanto entrambi possono vantare 'almeno' una risoluzione di 3840x2160 *pixel*; unitamente al fatto che non vengono definiti in maniera univoca parametri come il *frame rate* e non si specifica se il segnale video sia interlacciato o progressivo, ciò induce una certa confusione.

6.2 Prodotti in commercio

In ambito commerciale i primi pannelli 4K sono stati presentati nell'autunno del 2012, mentre il 2013 è stato l'anno della diffusione iniziale dell'altissima definizione presso alcuni segmenti selezionati di clientela. L'iniziativa è stata assunta ancora una volta principalmente da Sony, che ha annunciato, a fine 2012, l'arrivo del suo TV LCD Bravia 4K (3840x2160) da 84 pollici con 52 ppi (pixel per pollice), che oltre ad essere in grado di visualizzare contenuti 4K nativi come quelli inclusi in bundle da Sony su hard-disk (si tratta di filmati di circa 50 GB l'uno) può mostrare video 3D, mantenendo per ciascuna delle due immagini destinate all'occhio destro e sinistro la risoluzione Full HD e interagire con la Play Station per gestire foto e video 4K. Recentemente anche gli altri principali costruttori, da LG a Philips, a Samsung, hanno presentato al

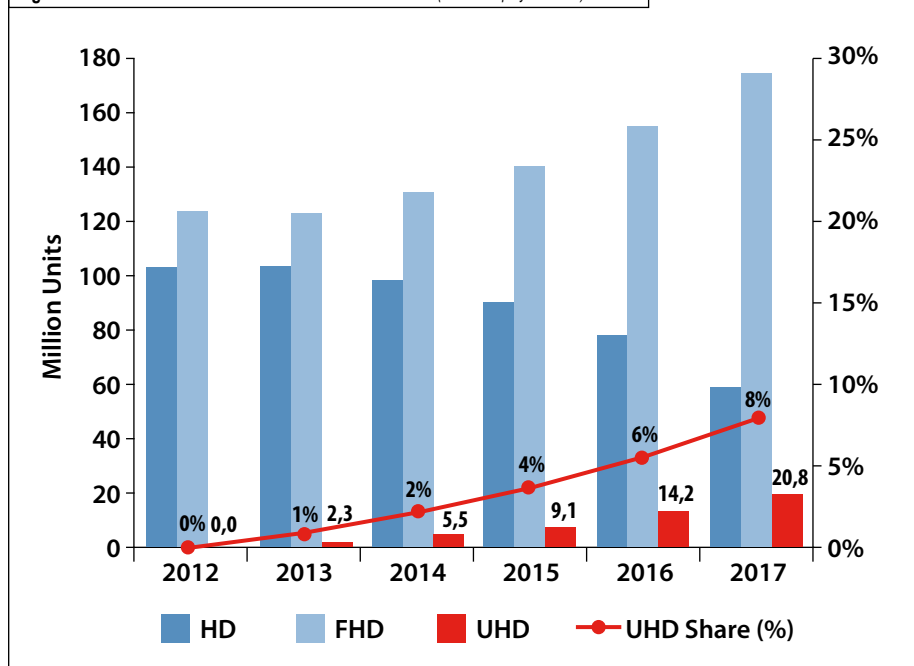
pubblico i propri pannelli 4K, con dimensioni comprese tipicamente tra 55" e 85". Si prevede che la penetrazione nel mercato mondiale delle Smart TV dei display Ultra HD avverrà comunque in modo piuttosto graduale: a partire da 2.3 milioni di pezzi venduti nel 2013, Displaybank IHS stima 9.1 milioni nel 2015 e oltre 20 milioni nel 2017, con un effetto traino esercitato principalmente dal mercato cinese (Figura 3).

7 Gli scenari applicativi

7.1 Smart Home

L'altissima definizione in generale trova impiego in scenari centrati sulla compenetrazione fra mondo reale e virtuale, all'interno di *smart environment* di cui gli spazi dedicati all'*intrattenimento* costituiscono solo l'esempio più evidente. Le alte risoluzioni

Figura 3 - Penetrazione nel mercato delle TV Ultra HD (Fonte: Displaybank IHS)



Uno standard per l'UHD TV

Nel settembre del 2012 il Digital Video Broadcasting Project (DVB) ha rilevato l'esigenza di definire requisiti commerciali e in seguito specifiche tecniche per un profilo di TV *broadcast* Ultra HD che consentisse trasmissioni con risoluzione pari a 3840×2160 pixel (4K), denominate complessivamente UHD TV. Tale esigenza si è fatta più pressante con la comparsa sul mercato, nel corso del 2013, di *display* 4K prodotti dai maggiori *manufacturer* e con l'emergere della necessità da parte dei *broadcaster* di disporre di piattaforme interoperabili in grado di ricevere i futuri servizi UHD TV.

La specifica di riferimento pubblicata da ITU-R come Recommendation BT.2020, selezionata come base per i successivi lavori in DVB, si focalizza sulla definizione di *color space*, possi-

bili risoluzioni spaziali e *frame rate* per l'Ultra HD. L'obiettivo delle attività in DVB è la definizione di uno o più profili industriali che selezionino le migliori opzioni possibili per i servizi *broadcast* Ultra HD e definiscano altri elementi non considerati dalla specifica ITU-R, come la tecnologia di compressione video o i sistemi audio supportati.

Il gruppo CM-UHDTV di DVB, in collaborazione con l'European Broadcasting Union (EBU), ha deciso di procedere alla definizione di requisiti commerciali per due fasi distinte e successive.

L'UHDTV 4K, denominato anche UHD-1 di Fase 1, sarà compatibile con i ricevitori disponibili nel 2015/2016, utilizzerà la codifica HEVC e garantirà *frame rate* fino a 60Hz con *color space* Rec.709, lo stesso utilizzato per l'HD. L'approvazione dei relativi requisiti

commerciali è prevista per il primo trimestre del 2014, con l'obiettivo di sfruttare al meglio le piattaforme attualmente in fase di produzione e distribuzione da parte dei principali costruttori. In parallelo sono state avviate le attività per la definizione dei requisiti per l'UHD-1 di Fase 2, la cui disponibilità in termini di servizi e prodotti è prevista per il 2017/2018.

La Fase 2, sempre basata sulla codifica HEVC, dovrebbe includere ulteriori importanti caratteristiche quali *frame rate* elevati fino a 120 fps, tecnologie High Dynamic Range (HDR) per migliorare la resa di particolari scene con forti componenti luminose o scure, *color space* più ampio fino a BT.2020 e audio 3D ■

giungono infatti ad annullare la percezione del *medium*, al punto che non fa più differenza per il nostro occhio guardare un paesaggio fuori dalla finestra o un'immagine su uno schermo. Si possono così ipotizzare situazioni in cui la visione 4K abbia luogo su un'intera parete, divenendo parte di un *arredamento digitale* aggiornabile secondo i gusti e le esigenze dell'utente, interattivo perché dotato di interfacce *touch* e portabile in altri ambienti. Ciò sarà reso possibile anche dall'integrazione della tecnologia OLED in pannelli che, non richiedendo retroilluminazione, risulteranno molto sottili, efficienti, flessibili e trasparenti⁷. Il 4K si innesta per esempio naturalmente in scenari di *videocomunicazione*, in cui la componente video destinata ad uno schermo ad altissima defini-

zione provoca un effetto di scomparsa della distanza.

7.2 Contesti business

Nell'ambito della *teledidattica* la risoluzione 4K è già utilizzata per applicazioni su smartboard, o lavagna elettronica, centrate su schemi di fruizione che comportano l'interazione con immagini grandi e dettagliate (ad esempio in aule universitarie o per condividere tra studiosi geograficamente distanti modelli fisici che non possono essere spostati a causa di impedimenti di natura logistica o legale). Trova poi impiego in servizi di *videosorveglianza* in cui si richiede la maggiore fedeltà d'immagine possibile, con immagini dalla chiarezza e nitidezza tali da per-

mettere il riconoscimento di forme o singoli oggetti in movimento (nascono ovviamente in questo caso importanti questioni di *privacy* legate all'identificazione delle persone).

Nel caso della *videoconferenza* l'altissima risoluzione riveste invece un interesse per l'effetto telepresenza garantito dalla qualità percepita simultaneamente da tutti i partecipanti, anche quelli più vicini allo schermo: in una tipica sessione le persone sono disposte a distanze variabili dal pannello con diversi campi visivi, similmente a quanto accade in una sala cinematografica; la risoluzione 4K permette una distanza minima (oltre la quale si riconoscono i *pixel*) del 50% inferiore assicurando inoltre con *display* da 70-80 pollici un'ottima visione d'insieme (figura 4)⁸.

⁷ La tecnologia OLED, acronimo di Organic Light Emitting Diode, permette di realizzare display a colori con la capacità di emettere luce propria; questi pannelli, non necessitando di un sistema di illuminazione esterno, possono essere resi di spessore minimo e quindi risultano pieghevoli e arrotolabili e presentano consumi ridotti.

⁸ <http://www.nojitter.com/post/240001484/video-conferencing-the-real-4k-display-opportunity?pgno=2>

La *telemedicina* sfrutta infine da alcuni anni il video digitale essenzialmente in due contesti: da una parte immagini ad alta definizione di interventi chirurgici vengono trasmesse a gruppi di studenti per finalità didattiche; dall'altra vi sono chirurghi che effettuano operazioni a distanza nell'ambito della cosiddetta chirurgia laparoscopica, cioè quella realizzata nell'addome senza apertura della parete ma tramite microincisioni attraverso cui veicolare strumenti e sonde collegate a monitor esterni. Nella maggior parte dei casi queste due varianti confluiscono in un'unica applicazione, per la quale il 4K apporta evidenti vantaggi sia dal punto di vista degli studenti, che riescono ad apprezzare dettagli non visualizzabili altrimenti, che del chirurgo, il quale, operando da remoto tramite sistemi meccanici, necessita di un'altissima fedeltà di riproduzione delle immagini⁹.

8 I percorsi di sperimentazione in Telecom Italia

Nel centro di ricerca di Telecom Italia si è iniziato nel 2012 ad occuparsi di video digitale 4K nell'ambito degli studi condotti sui servizi residenziali abilitati dalle reti *broadband* di nuova generazione (NGAN), installando una serie di postazioni dimostrative per la fruizione di contenuti ad altissima definizione come parte integrante di *INnovation LAB*, la *showroom* di Telecom Italia Lab allestita nella sede del centro a Torino.

Nella zona dedicata ai servizi di intrattenimento sono stati successivamente posizionati un *videowall* Barco composto da quattro pannelli 55" Full HD (*Figura 5*) e due TV UHD, un LG da 84" (*Figura 6*) e un Sony da 65". Vediamo come si sono utilizzati questi schermi.

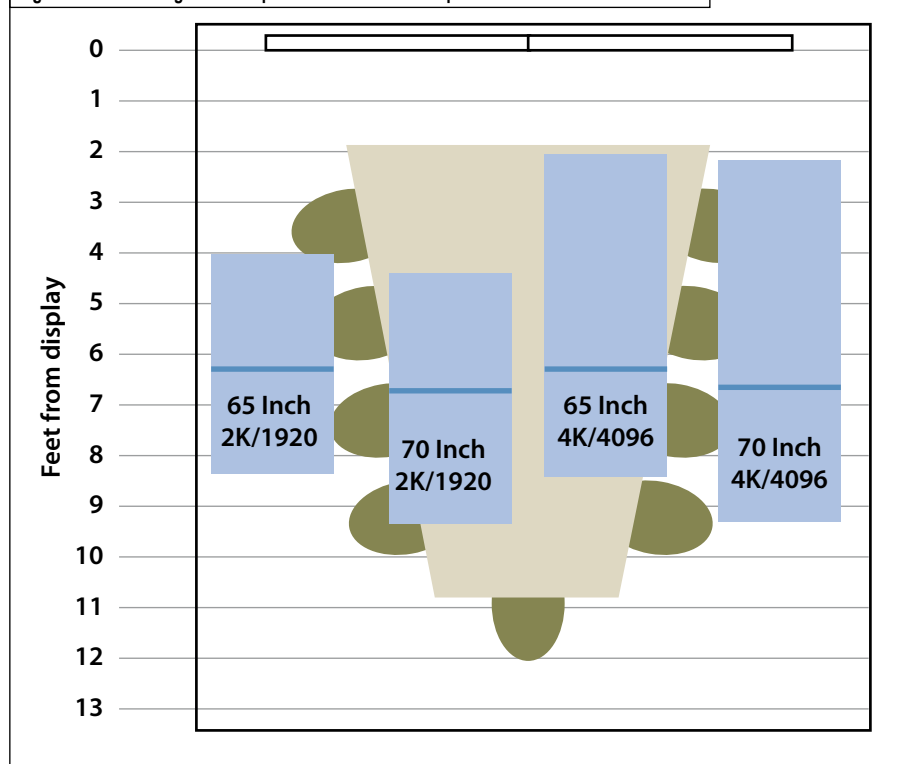
8.1 Streaming 4K su linee NGAN

Per la sperimentazione della tecnologia 4K, considerata una delle innovazioni chiave per l'incremento della qualità dei contenuti multimediali veicolati da Telecom Italia, si è allestita una catena prototipale completa di produzione, trasporto e fruizione di filmati ad altissima definizione, comprensiva di un *server* Web in grado di erogare in Internet in modalità VOD (*Video On Demand*) sequenze con *bitrate* variabili tra 13 e 35 Mbps codificate sia in formato MPEG-4/AVC che HEVC, trasmesse su tratte d'accesso FTTH/FTTCab con protocollo *progressive* HTTP per alimentare i terminali presenti in *INnovation LAB* (*Figura 6*). Si è così potuta verificare sia l'efficienza della compressione HEVC, che mantiene la qualità costante rispetto ad AVC dimezzando la banda necessaria alla trasmissione, sia la compatibilità di un servizio basato su queste tecnologie con l'attuale offerta commerciale di connettività alla clientela residenziale e *business* e in particolare con i profili che riutilizzano le linee in rame.

8.2 Materiali autoprodotti

La scarsa disponibilità di materiali di qualità in rete ha suggerito di integrarli ricorrendo a una catena di produzione semplificata, anche alla luce dei costi elevati delle attrezzature cinematografiche professionali e della necessità di conoscenze specialistiche per il loro utilizzo. Si è quindi scelto di impiegare una fotocamera digitale SIGMA SD1 Merrill per ottenere singole immagini a risoluzione 4K

Figura 4 - Visual range 2K e 4K per schermo da 65 e 70 pollici in una stanza di 4x5 metri



⁹ <http://www.prnewswire.com/news-releases/long-island-doctor-shows-first-4k-ultra-high-definition-surgery-66453962.html>



Figura 5 - Videowall Barco 4K da 110" in INnovation Lab

da unire con le tecniche del *time lapse* e dello *stop-motion*.

La prima consiste nell'acquisizione di una sequenza di fotogrammi a una frequenza molto

inferiore al *frame rate* di proiezione; nel filmato montato il tempo sembra quindi scorrere più velocemente. La seconda si basa invece sulla manipolazione fisica

di oggetti per creare un effetto di animazione, applicando minimi spostamenti fra un lo scatto di fotogramma e il successivo, in modo che la sequenza riprodotta a velocità normale dia l'idea del movimento.

Per il montaggio finale dei filmati si è fatto ricorso ad Adobe Premiere Pro CS6, un *software* di *editing* in grado di gestire materiale 4K, appoggiandosi alla medesima *workstation* HP Quadcore impiegata in fase di ripresa; il *rendering* di una sequenza di qualche minuto ha richiesto poco meno di un'ora.

Conclusioni

Il formato televisivo 4K si inquadra nell'ambito di una catalogazione delle immagini digitali impostasi fin dagli anni '80 nel settore della cinematografia e rappresenta una tappa della naturale evoluzione in termini di risoluzione spaziale che ha portato dal primo standard HD (*High Definition*) al successivo Full HD e infine all' UHD (*Ultra High Definition*) 4K e 8K appunto.

Il formato 4K costituisce in particolare una delle due soluzioni, attraverso le quali l'immagine digitale si propone di raggiungere una qualità comparabile a quella della pellicola 35 mm, agendo sulla percezione visiva in due modi: da una lato, avvicinandola a quella dell'occhio umano che guarda da una finestra, grazie all'incremento di definizione, dall'altro, rendendola più immediata e coinvolgente con l'utilizzo di tecniche 3D e stereoscopiche di alto profilo.

Il 4K rappresenta al momento un nuovo standard emergente nel mercato televisivo e la tecnologia

Figura 6 - TV LG Ultra HD da 84" in INnovation Lab



attuale ne permette l'utilizzo a costi ancora mediamente elevati.

Risultano problematiche soprattutto la produzione dei contenuti e la loro distribuzione, a causa del notevole peso in termini assoluti dei dati coinvolti, che impone l'impiego di canali trasmissivi ad alta capacità.

Ciononostante, è plausibile che l'avvento di reti di nuova generazione, l'aumento esponenziale della capacità di calcolo dei processori dedicati alla riproduzione del video e l'introduzione di al-

goritmi per la compressione delle immagini di accresciuta efficienza diffondano in pochi anni la Ultra High Definition TV presso il grande pubblico.

L'altissima definizione trova infatti applicazione non solo nel settore dell'intrattenimento, per il cinema o la televisione, o in quello della fruizione di contenuti culturali, ma si presta a molteplici usi anche in campo medico, nell'ambito dei servizi erogati dalla pubblica amministrazione, per la gestione del traffico e la videosorveglianza.

Il fatto che i primi dati di vendita dei pannelli UHD superino le più ottimistiche previsioni sembra indicare che l'obiettivo dei produttori di rinnovare entro pochi anni il parco terminali, sostituendo gradualmente con il 4K l'HD come risoluzione di riferimento per il mercato di massa, appare realisticamente raggiungibile, anche alla luce delle sinergie previste con il 3D e con l'altra grande novità tecnologica del momento rappresentata dai pannelli OLED ■

diego.gibellino@telecomitalia.it
daniele.mazzoni@telecomitalia.it



Diego Gibellino

ingegnere informatico con Master in telecomunicazioni, dal 2001 è in Telecom Italia, dove inizialmente si è occupato di videocomunicazione e della progettazione e sviluppo di piattaforme di encoding e streaming video su reti IP. Oggi lavora alla definizione, prototipazione e ingegnerizzazione di nuove tecnologie media per le soluzioni video su IP di Telecom Italia, con particolare riferimento all'evoluzione dei servizi broadband per la piattaforma televisiva digitale nazionale. Coordina attività di innovazione e progetti cofinanziati sui temi rilevanti. Partecipa anche alle attività tecniche di diversi gruppi di standardizzazione, rappresentando Telecom Italia in ISO/IEC MPEG, DVB, HD Forum Italia ed Open IPTV Forum. Dal 2011 è il capo delegazione per il National Body Italiano in ISO/IEC MPEG e co-chair del gruppo di lavoro Requirements Open IPTV Forum. Coordina il gruppo di lavoro Broadband del Joint Technical Group creato da HD Forum Italia, Confindustria Radio e Tv e Tivù per la definizione delle specifiche dei ricevitori per il mercato digitale televisivo Italiano.



Daniele Mazzoni

dal 1977 opera in Azienda dove ha svolto inizialmente attività di progettista hardware, conducendo campagne di misura e test su apparati RF. Dal 1996 si è occupato di tematiche inerenti alla rete di accesso, contribuendo al progetto SOCRATE con la realizzazione di un test-plant e la progettazione e il collaudo di soluzioni finalizzate all'introduzione di reti dati Cable Modem. Dal 2002 ha lavorato nel campo dell'Home Networking, partecipando alla realizzazione di un laboratorio di test e alla progettazione di apparati innovativi per l'utente finale. Attualmente si occupa di analisi progettuale delle reti domestiche e di scouting di dispositivi per la condivisione e distribuzione dei contenuti multimediali all'interno dell'abitazione.