

Kleurweergave van je TV

/Chroma subsampling / kleurdiepte // 8 -- 10 bits / HDMI 2.1 / FPS

GESCHREVEN DOOR [ERIC BEECKMANS](#): BRON: [HTTPS://FWD.NL/BEELD/TIPS-ADVIES-BEELD/](https://fwd.nl/beeld/tips-advies-beeld/)

Wie over videoformaten wil meespreken moet heel wat afkortingen en terminologie kennen. En die kennis kan belangrijk zijn als je het beste uit je televisie wil halen. Zo vind je in de menu's van (Ultra HD) Blu-ray-spelers soms cryptische instellingen voor het videoformaat: 4:4:4/4:2:2/4:2:0. Deze vreemde code specificceert de chroma subsampling van het videosignaal. In dit achtergrond-artikel leggen we je uit wat dat betekent.

Chroma subsampling: Oorsprong

Chroma subsampling is een van de vele compressietechnieken die gebruikt worden zowel in video als foto. Een deel van de informatie wordt weggeworpen, om het bestand kleiner te maken. Vooral voor video is dat belangrijk omdat de bestanden erg groot zijn, en de besparing dus evenredig groot is. Een tweede reden waarom dit vooral voor video van belang is, is dat de bandbreedte van transmissiekanalen (zoals je internetverbinding) beperkt is. Een niet-gecomprimeerd videobestand zou je onmogelijk kunnen streamen. Zelfs voor je HDMI-kabel is een niet-gecomprimeerd videobestand gewoon te groot om elke frame tijdig op je scherm te krijgen. Compressie is dus onontbeerlijk.

De basis van deze techniek is heel eenvoudig: ons oog is minder gevoelig voor ruimtelijke variatie in kleur dan voor ruimtelijke variatie in luminantie (helderheid). Om daarvan gebruik te kunnen maken, worden beelden niet opgeslagen in RGB-codering (waarbij elke pixel een waarde krijgt voor rood, groen en blauw), maar in YCbCr. Elke pixel heeft dus nog steeds drie waarden. Daarbij is Y de waarde voor de luminantie, Cb en Cr zijn de Chroma (kleur) waarden. De wiskunde van de conversie tussen RGB en YCbCr besparen we je.

Advertentie

Wanneer we een foto visueel uitsplitsen volgens dit model wordt onmiddellijk duidelijk dat het luminantie-kanaal veel belangrijker is.



De hoeveelheid detail in het luminantie kanaal (zwart-wit beeld) volstaat om een duidelijke indruk van het beeld te hebben. De chroma kanalen zijn veel minder duidelijk

De basis van kleurweergave

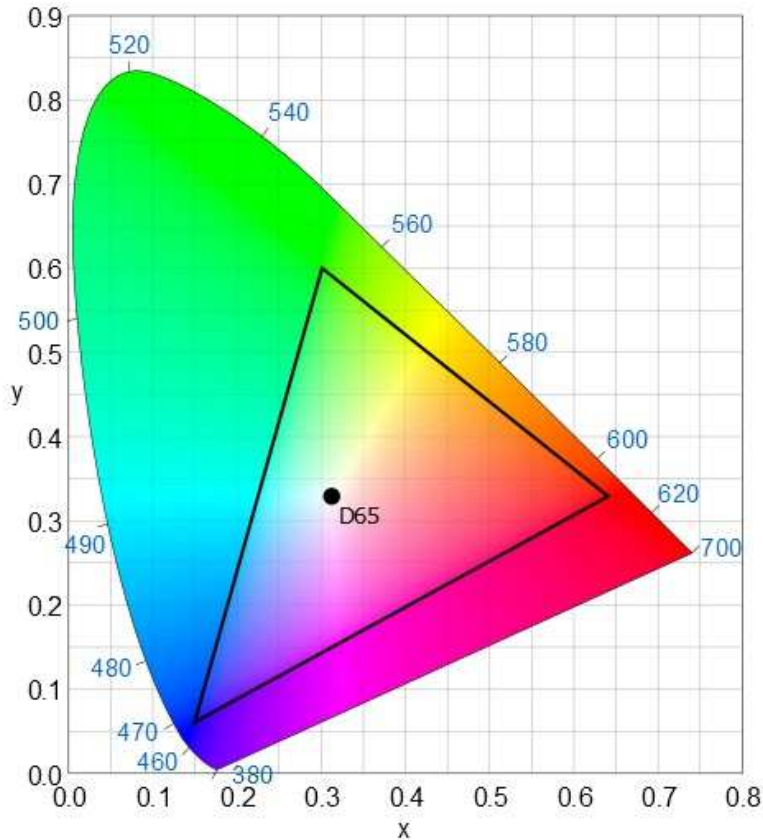
Hoe geven we eigenlijk kleur weer op een scherm? Zoals je weet bestaat elke pixel op een beeldscherm uit drie subpixels: een rode, groene en blauwe. Het pure rood, groen en blauw toon je door enkel de corresponderende subpixels te activeren.

Alle kleuren die de televisie kan tonen zitten binnen de driehoek die op het chromaticiteits diagram gevormd worden door dat pure rood, groen en blauw. Alle kleuren die binnen deze driehoek liggen vormen het kleurbereik van de televisie. Nog even een opfrisser over kleurbereik,

Het kleurbereik van televisies

Kleur, we associëren het met emoties, plaatsen, omgevingen. Niet alleen de kleur zelf, maar ook donkere of lichte kleuren, felle of juist zachte kleuren, het speelt allemaal een rol. Kleur is dan ook een niet te onderschatten onderdeel van het arsenaal mogelijkheden dat een regisseur gebruikt om een bepaalde sfeer op te roepen.

Maar kleur correct opnemen, bewaren tijdens bewerkingen, en weergeven op een display is moeilijker dan je denkt. Om dat in goede banen te leiden zijn internationale standaarden van groot belang. Alle kleuren die het menselijk oog kan waarnemen bijvoorbeeld vind je op het CIE 1931 chromaticiteitsdiagram.

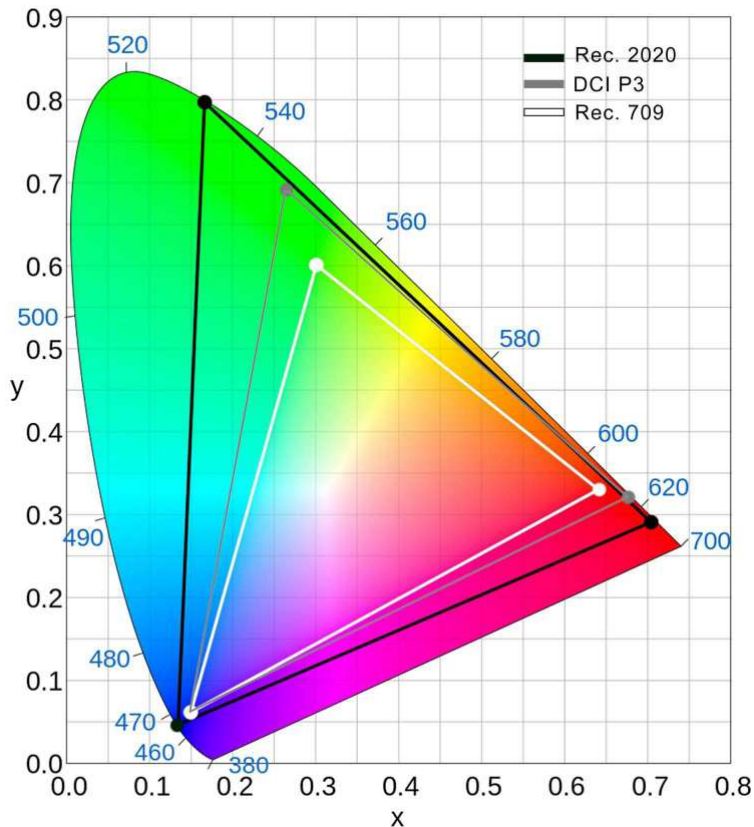


Geen enkel display kan echter al die kleuren weergeven. Daarom definieert men ook subsets van al die kleuren die we dan een kleurbereik of kleurgamut noemen. Een kleurbereik wordt gedefinieerd door drie basiskleuren, rood, groen en blauw en een witpunt. Het omvat alle kleuren die op het chromaticiteitsdiagram binnen de driehoek van die basiskleuren vallen. Naarmate die basiskleuren puurder zijn, lees dichter tegen de buitenrand van het chromaticiteitsdiagram liggen, wordt de driehoek en dus het kleurbereik groter. Content, zoals films en tv-uitzendingen, wordt tijdens het mastering proces aangepast zodat alle kleuren precies binnen één welbepaald kleurbereik vallen. En ook displays worden ontworpen om minstens aan één standaard kleurbereik te voldoen.

Advertentie

Drie belangrijke standaarden

ITU-R Rec. BT.709 (meestal afgekort als Rec.709) is de standaard die vandaag gebruikt wordt voor zowat alles wat je thuis bekijkt. Blu-ray en HDTV content wordt gemastered voor deze standaard, en van een HDTV mag je verwachten dat hij alle kleuren van Rec.709 kan weergeven. Wie Rec.709 echter bekijkt ten opzichte van het volledige CIE1931 kleurbereik merkt onmiddellijk dat de driehoek maar een klein deel van alle kleuren omvat, namelijk ongeveer 34%. Er is dus nog heel wat ruimte voor verbetering. De meest levendige, intense kleuren zitten juist aan de rand van de hoefijzervorm, dus een groter kleurbereik (met andere woorden een grotere driehoek die dichter bij de rand van de hoefijzervorm komt) zal meer intense kleuren bevatten.



En zulke standaarden bestaan al. DCI-P3 (Digital Cinema Initiative) wordt gebruikt in bijna alle bioscoopzalen. Een film die je in de filmzalen bekijkt, gebruikt dus een rijker kleurpalet dan diezelfde film op Blu-ray. DCI-P3 gebruikt hetzelfde blauw, maar rood en vooral groen zijn duidelijk intenser. DCI-P3 bevat ongeveer 46% van alle kleuren.

ITU-R Rec. BT.2020 (kort: Rec.2020) is een nog groter kleurbereik dat als standaard voor Ultra HD tv gebruikt wordt. Het is ondertussen ook de standaard voor Ultra HD Blu-ray schijven. Rec.2020 gebruikt een nog sterker groen en rood, en ook in mindere mate een intenser blauw. Het bereik is ongeveer twee keer zo groot als Rec.709 en dekt 63% van alle kleuren af, dat is bijna het maximum dat mogelijk is met slechts drie basiskleuren.

Waar staan de huidige televisies?

Het Rec.709 kleurbereik wordt al geruime tijd door de meeste fabrikanten bijna perfect weergegeven. Maar sinds enkele jaren zien we regelmatig schermen opduiken die een ruimer kleurbereik (of 'Wide Color') adverteren. En sinds 2015 pakken tv-makers ook echt mee uit met Wide Color. Dat heeft vooral te maken met de opkomst van **Ultra HD**. Ultra HD kennen we allemaal als een verbetering van de resolutie van onze televisies. Maar ook een uitgebreider kleurbereik, en **High Dynamic Range** weergave maken deel uit van de verbeteringen die we mogen verwachten van Ultra HD. Alhoewel al die verbeteringen strikt genomen onafhankelijk van elkaar kunnen bestaan, is het in de praktijk wel zo dat je een uitgebreider kleurbereik vooral zal aantreffen op HDR-compatibele televisies.

Een belangrijk punt is wel dat fabrikanten niet in één stap van de ene standaard naar de andere overschakelen. Rec.2020 of zelfs DCI-P3 weergegeven is nog niet zonder meer mogelijk. Nieuwe

beeldtechnologieën zoals **quantum dots**, **oled**, of wide color leds zijn nodig om die zeer intense en pure basiskleuren te genereren.

In de specificaties en in reviews zal je daarom vaak verwijzingen terugzien naar het percentage van het DCI-P3 of Rec.2020 kleurbereik dat ze wel kunnen weergeven. De beste televisies halen ongeveer 95% van DCI-P3, of ongeveer 70% van Rec.2020. Om echt te kunnen spreken van een breder kleurbereik leggen we de lat op 90% DCI-P3 weergave, een grens die ook door de Ultra HD Alliance opgelegd is als een fabrikant het **Ultra HD Premium logo** wil gebruiken.

Hoe ziet het er uit?

De impact van een groter kleurbereik is vrij gemakkelijk zichtbaar. Zeker als je beelden met veel rood of groen bekijkt. Op onderstaand beeld van The Martian hebben we het resultaat gesimuleerd (onderste beeld). De verleiding is misschien groot om dat uitgebreide palet met zijn rijke kleuren op al je beelden te gebruiken, maar dat zal niet altijd een goede keuze blijken.



Het belang van ‘kleur-scaling’

In ideale omstandigheden gebruiken zowel de content als het display hetzelfde kleurbereik. Dit garandeert immers dat je als kijker exact ziet wat de regisseur voor ogen had. Helaas zitten we momenteel in een overgangsfase. Al onze content wordt voor thuisgebruik gemastered in Rec.709. Moderne televisies kunnen echter wel meer kleuren weergeven.

Met de huidige content hebben fabrikanten dus twee keuzes. Ofwel beperken ze het kleurbereik van hun toestel. Dit wordt meestal gedaan als je de beeldpreset ‘film’ kiest, zodat je in die beeldpreset zeker bent van de correcte weergave. Ofwel ‘scalen’ ze het kleurbereik van de content zodat je van hun rijkere kleurbereik kan genieten. Die laatste optie vergt echter heel wat expertise. Kleuren zonder verdere aanpassing mappen op een groter kleurbereik leidt in heel veel gevallen tot onnatuurlijke, felle tinten, zeker voor huidskleuren.



Maar als we recente Ultra HD-content gebruiken die gemastered is in Rec.2020, zijn we dan niet van die problemen verlost? Neen, zelfs dan is het 'kleurscaling' proces belangrijk. De meeste televisies voldoen voorlopig nog niet volledig aan DCI-P3, en Rec.2020 bereiken zou nog enkele jaren kunnen duren. Tot het zover is moet de fabrikant het grotere kleurbereik van de content mappen op het kleinere kleurbereik van zijn toestel. En ook daar is best wat expertise voor vereist.

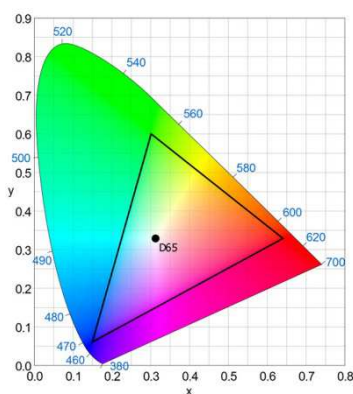
Advertentie

Puristen, die enkel de originele intent van de regisseur willen zien, moeten hun bestaande content in Rec.709 blijven bekijken (selecteer daarvoor de 'Film' of 'Bioscoop' beeldpreset op je televisie). Enkel met recente HDR-content zoals via Netflix, Amazon of Ultra HD Blu-ray te krijgen, kan je wel genieten van het grotere kleurbereik. De televisie detecteert zelf dat het om HDR-content gaat en activeert dan het het grote kleurbereik.

Conclusie

Een breder kleurbereik zal op termijn tot zeer realistische beelden leiden. Met HDR-content, de enige content die echt gebruik maakt van een groter kleurbereik kan je ondertussen het effect al zien. Maar voor de allerbeste resultaten blijft het wachten tot zowel content als display voldoen aan de Rec.2020 standaard. Tot het zo ver is zullen de 'kleurscaling' prestaties van recente televisies een belangrijke impact hebben op wat je te zien krijgt.

Advertentie



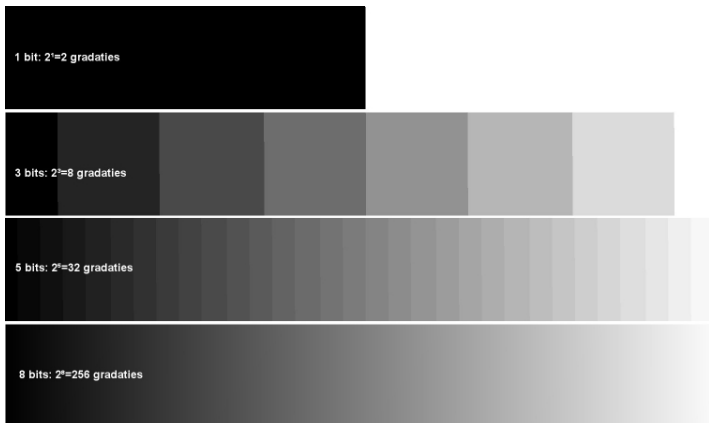
De televisie geeft alle kleuren van het kleurbereik weer door het basis rood, groen en blauw in een bepaalde verhouding te mengen. Een pixel met een bepaalde kleur kunnen we beschrijven met een triplet (x, y, z) waarbij x , y , en z de relatieve hoeveelheid van rood, groen en blauw aangeven.

Kleurdiepte: meer bits, meer tinten

Welke waarden kunnen we gebruiken voor (x, y, z)? Het triplet (0, 0, 0) representeert zwart (de pixel staat uit). Als we de maximale waarde van de subpixels definiëren als 1, dan is (1, 1, 1) het helderste wit dat het scherm kan tonen (rood, groen en blauw mengen samen immers tot wit). Maar tussenliggende waarden zoals bvb. (0.314, 0.272, 0.141) kunnen we wel gebruiken in het wiskundig raamwerk rond kleurtheorie, maar niet om een scherm aan te sturen. Een videosignaal is digitaal en wordt dus gecodeerd in een aantal bits. Dat aantal noemen we de kleurdiepte (of soms bitdiepte).

Als we aan elke subpixel 1 bit toekennen, dan kan elke subpixel enkel aan of uit staan. Er zijn dan 8 mogelijke kleuren ($2 \times 2 \times 2$), namelijk zwart, rood, groen, blauw, cyaan (groen+blauw), magenta (blauw+rood), geel (rood+groen) en wit. Naarmate het aantal bits dat we gebruiken om de waarde van een subpixel te coderen toeneemt, groeit het aantal mogelijke schakeringen. Het aantal schakering per basiskleur is 2^n waarbij n het aantal bits is. En het totaal aantal kleuren dat een scherm kan weergeven is $2^n \times 2^n \times 2^n$, oftewel alle mogelijke combinaties van de drie basiskleuren. Met 8 bits per kleur kan je elke basiskleur in 256 ($2^8 = 256$) stappen activeren. Het totaal aantal kleuren komt dan uit op meer dan 16,7 miljoen ($256 \times 256 \times 256$).

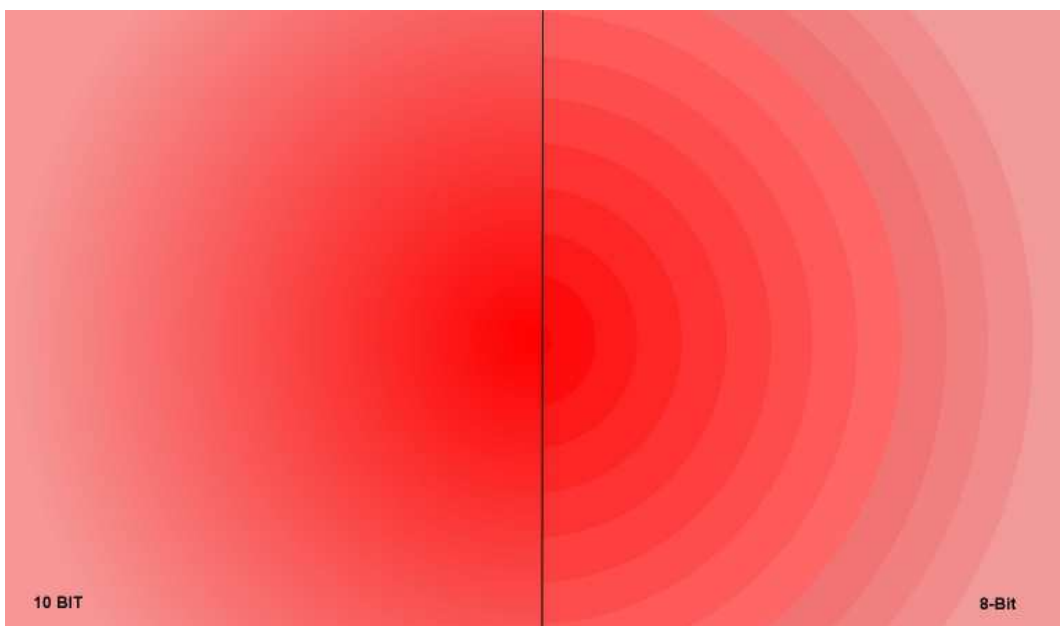
Bits	Aantal waarden per hoofdkleur	Totaal aantal kleuren	
1	$2^1 = 2$	$2 \times 2 \times 2 =$	8
2	$2^2 = 4$	$4 \times 4 \times 4 =$	64
8	$2^8 = 256$	$256 \times 256 \times 256 =$	16.777.216
10	$2^{10} = 1024$	$1024 \times 1024 \times 1024 =$	1.073.741.824
12	$2^{12} = 4096$	$4096 \times 4096 \times 4096 =$	68.719.476.736



Opgelet, in veel gevallen spreekt men van 24-bit kleur. In dat geval refereert men naar de gezamenlijke hoeveelheid bits van rood, groen en blauw: $8+8+8 = 24$. Dat beschrijft uiteraard beter de totale kleurdiepte van het systeem. In uitzonderlijke gevallen spreekt men dus over hetzelfde als men het heeft over 8-bit kleur of 24-bit kleur. Verwarrend, dat is waar, maar nu weet je waarom.

Waarom is 8 bits kleurdiepte niet meer voldoende?

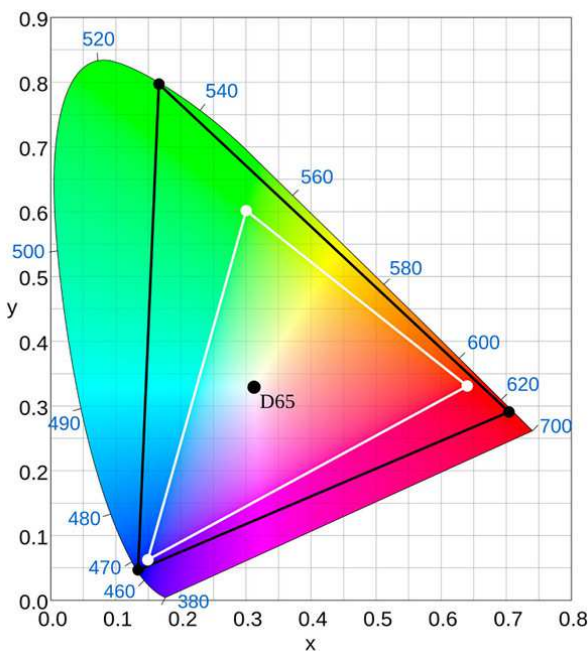
Waarom worden we nu om de oren geslagen met 10- en 12-bit kleur? Onze televisies en computermonitoren gebruiken al vele jaren 8-bit kleur. Dvd, Blu-ray en televisie-uitzendingen zijn gecodeerd met 8 bits per kleur. Zijn die 16,8 miljoen kleuren dan niet genoeg? Voor heel wat beelden is dat voldoende, maar ons oog is erg gevoelig voor graduele veranderingen in helderheid en kleur. In zeer zachte kleurovergangen van de ene naar de andere kleur, kan het zijn dat het display niet genoeg stappen heeft om die overgang te maken zonder zichtbare kleurbanden (vandaar dat we het probleem ‘banding’ noemen). Vroeger, op onze ‘kleine’ 32 inch televisies, was dat zelden een probleem. Maar nu is een 55 inch televisie geen uitzondering meer. En de gradiënt die je op je oude 32 inch-tv als perfect waarnam omdat je er zo ver van af zat, is op een 55 inch scherm en op dezelfde kijkafstand in veel meer detail te zien, en daardoor zie je soms banding.



Maar er zijn nog factoren die meespelen. Met de introductie van HDR en uitgebreid kleurbereik wordt het probleem immers nog groter. HDR (High Dynamic Range) vereist een hogere piekluminantie. Films voor Blu-ray

werden tot nu toe in de studio gemastered op een scherm met maximum 100 nits piekluminantie. Voor HDR gebruikt men nu in diezelfde filmstudio's schermen die veel helderder kunnen gaan, tot 1.000 nits of zelfs 4.000 nits, en in de toekomst mogelijk zelfs 10.000 nits. (voor de duidelijkheid, dit zijn zeer dure professionele monitoren). Er moet dus een groter bereik onderverdeeld worden in een discreet aantal stappen. Bovendien is ons oog erg gevoelig voor zeer lichte variaties in donkere tinten, dus moeten er veel meer stappen toegevoegd worden in het donkere deel van de grijsschaal dan in het heldere deel.

Een gelijkaardig iets doet zich voor bij het kleurbereik. Het nieuwe Rec.2020 kleurbereik (zie afbeelding) is aanzienlijk groter dan Rec.709 dat we vandaag gebruiken voor al onze content. Om banding te vermijden zijn er dus zeker meer en kleinere stapjes nodig om heel dat bereik voldoende gedetailleerd te verdelen.



Daarom stappen we in onze beeldschermen, en ons beeldmateriaal over naar 10 bits. Dankzij 10 bit-kleur vergroot je het aantal beschikbare stappen voor een primaire kleur (en dus ook voor de grijsschaal) met een factor vier, en het aantal beschikbare tinten met een factor 64.

Eenvoudig uitgelegd

Wie het concept eenvoudig wil visualiseren stelt zich het volgende voor. Veronderstel, je verdeelt een lat van 10cm lang in 100 stappen. Die stappen (elk 1 mm lang) zijn klein genoeg om te voldoen aan ons doel (in dit geval: nauwkeurig meten). De introductie van HDR, groter kleurbereik en grotere schermen kun je dan vergelijken met het uitrekken van die lat tot 1m. Als we dan nog steeds 100 stappen blijven gebruiken voor de onderverdeling, dan zijn die 1cm lang. Maar de nauwkeurigheid die we eisen is niet veranderd, die is nog steeds 1mm. Tenzij we dus meer onderverdelingen maken, zullen we met die 1m lat stevast een zekere afwijking vaststellen in onze meting.

Hoeveel bits is voldoende?

Er zit enorm veel wetenschap achter de berekeningen over hoeveel bits volstaan zodanig dat een stap verandering in luminantie of kleurdetail net onzichtbaar is. Met al die formules gaan we je niet rond de oren slaan, maar het resultaat geven we je wel mee. De consensus is dat 12 bits zouden volstaan als we schermtechnologie hebben die

werkelijk de grenzen van het menselijk oog benadert. Maar vermits we daar nog niet zijn, volstaat voor de huidige en nabije toekomst 10 bits.

Advertentie

In post production, tijdens het bewerken van de video, of bij interne bewerkingen in een televisies kan het signaal zelfs omgezet worden naar een nog hogere kleurdiepte. Dat is van belang om tijdens die bewerkingen eventuele fouten zo klein mogelijk te houden. Het uiteindelijke resultaat wordt dan terug gebracht naar 8 of 10 bit.

Is mijn tv een 10-bit tv?

Wat heb je nodig om van de 10-bit kleurdiepte te genieten? Om te beginnen uiteraard een tv die beschikt over een 10-bit paneel. Met andere woorden het scherm moet aangedreven kunnen worden met 10-bit signalen. Vermits de standaarden voor HDR een 10-bit signaal gebruiken, zou je kunnen veronderstellen dat elke HDR-compatibele tv een 10-bit paneel gebruikt. Dat is helaas niet het geval. En fabrikanten geven dit ook niet steeds duidelijk aan. De topmodellen gebruiken wel stevast 10 bit-panelen, maar in de middenmoot, waar we eerder spreken van HDR-compatibel in plaats van echte HDR-weergave, worden nog regelmatig 8 bit-panelen gebruikt. Het 10 bit-signaal wordt dan omgezet naar een 8 bit-equivalent. Natuurlijk is dat beeld niet zo goed als op een echt 10 bit-paneel, maar er is wel wat verbetering.

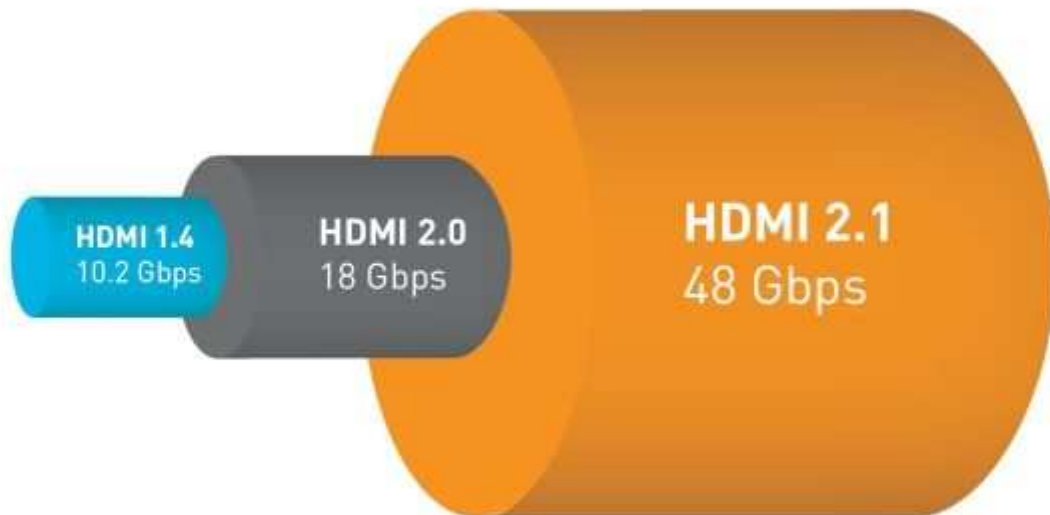
Uiteraard moet ook de content die je bekijkt in 10-bit gecodeerd zijn. Dat is zeker het geval voor alle HDR-content. Content in HDR10 (de standaard die verplicht aanwezig is op Ultra HD Blu-ray) gebruikt een 10-bit signaal. **Dolby Vision** (een andere HDR-standaard) kan zelfs 12-bit signalen aanleveren. Maar al je bestaande content zoals dvd, Blu-ray, of tv-uitzendingen zal nog steeds een 8 bit-signaal zijn.

WELKE KABELS

HDMI 2.1: alle features uitgelegd en alles wat je moet weten

De introductie van de HDMI 2.1 specificaties ligt ondertussen al geruime tijd achter ons. Maar niet elk tv-model is uitgerust met alle nieuwe features. Een vraag die we dan ook regelmatig horen is: waarom hebben die geen HDMI 2.1? Daarom overlopen we in dit artikel alle eigenschappen zodat je een goed idee hebt van wat je (al dan niet) nodig hebt.

Bij de aankondiging van HDMI 2.1 werd vooral de nadruk gelegd op de hogere bandbreedte van de nieuwe versie. Die stijgt van 18 Gbps (HDMI2.0) naar 48 Gbps (HDMI2.1).



Die hogere bandbreedtes zijn noodzakelijk voor toekomstige resoluties (8K en hoger) en framerates (100fps en hoger). In de onderstaande figuur zie je welke resoluties mogelijk worden met HDMI 2.1. Elke resolutie/fps combo waar je in de 'Speed' kolom Standard, High Speed, of Premium aantreft, kan nog met HDMI 2.0. Staat er in de 'Speed' kolom Ultra of Ultra#, dan betekent dat dat je een HDMI 2.1 aansluiting nodig hebt. Full HD/120 fps staat niet in de tabel, maar dat kan je ook nog realiseren met HDMI 2.0.

Resolution	Color Format	Channels	Bandwidth	Category	Resolution	Color Format	Channels	Bandwidth	Category
HD 1080/50-60i	4:2:0/4:2:2	8	2.23Gbps	Standard	5K/100-120p	4:4:4/RGB	12	30.07Gbps	Ultra
FHD 1080/24-30p	4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	2.23Gbps	Standard		4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	40.1Gbps	Ultra
FHD 1080/50-60p	4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	4.455Gbps	High Speed		4:4:4/RGB	8	40.1Gbps	Ultra
	4:4:4/RGB	8	4.455Gbps	High Speed		4:4:4/RGB	10	50.12Gbps	Ultra#
UHD 4K/24-30p	4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	8.91Gbps	High Speed		4:4:4/RGB	12	60.14Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	8	8.91Gbps	High Speed	8K/24-30p	4:2:0/4:2:2	10 or 12	32.08Gbps	Ultra
	4:4:4/RGB	10	11.14Gbps	Premium		4:4:4/RGB	10	40.1Gbps	Ultra
UHD 4K/48-60p	4:4:4/RGB	12	13.37Gbps	Premium		4:4:4/RGB	12	48.11Gbps	Ultra
	4:2:0*	8	8.91Gbps	Premium	8K/48-60p	4:2:0*	10	40.1Gbps	Ultra
	4:2:0*	10	11.14Gbps	Premium		4:2:0*	12	48.11Gbps	Ultra
	4:2:0*	12	13.37Gbps	Premium		4:2:0/4:2:2	10 or 12	64.15Gbps	Ultra#
	4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	17.82Gbps	Premium		4:4:4/RGB	10	80.19Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	8	17.82Gbps	Premium		4:4:4/RGB	12	96.23Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	10	20.05Gbps	Ultra	8K/100-120p	4:2:0/4:2:2	10 or 12	128.3Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	12	24.06Gbps	Ultra	10K/24-30p	4:2:0/4:2:2	10 or 12	40.1Gbps	Ultra
UHD 4K/100-120p	4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	32.08Gbps	Ultra		4:4:4/RGB	10	50.12Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	8	32.08Gbps	Ultra		4:4:4/RGB	12	60.14Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	10 HDR	40.1Gbps	Ultra	10K/48-60p	4:2:0/4:2:2	10 or 12	80.19Gbps	Ultra#
	4:4:4/RGB	12	48.11Gbps	Ultra		4:4:4/RGB	10	100.24Gbps	Ultra#
	4:2:0/4:2:2	8, 10 or 12	11.88Gbps	Premium		4:4:4/RGB	12	120.29Gbps	Ultra#

Daarnaast brengt HDMI 2.1 een aantal nieuwe features, zoals dynamische metadata voor HDR, VRR (Variable Refresh Rate), ALLM (Auto Low Latency mode), eARC (Enhanced ARC), QFT (Quick Frame Transport), QMS (Quick Media Switching) en DSC (Display Stream Compression).

HDMI 2.1 – Verwarrend?

Helaas is de aanduiding HDMI 2.1 niet eenduidig. De HDMI-specificatie verplicht fabrikanten immers niet om alle features op een aansluiting aan te bieden. Dat is overigens altijd zo geweest, ook bij vorige versies. Als eenvoudig voorbeeld: niet elke poort biedt ARC.

Advertentie

	1	1.1	1.2-1.2a	1.3-1.3a	1.4-1.4b	2.0-2.0b	2.1
Full HD Blu-ray Disc and HD DVD video	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Consumer Electronic Control (CEC)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
DVD-Audio	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Super Audio CD (DSD)	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Auto lip-sync	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Dolby TrueHD / DTS-HD Master Audio bitstream capable	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Updated list of CEC commands	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
3D video	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Ethernet channel (100 Mbit/s)	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Audio return channel (ARC)	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes
4 audio streams	No	No	No	No	No	Yes	Yes
2 video streams (Dual View)	No	No	No	No	No	Yes	Yes
Hybrid Log-Gamma (HLG) HDR OETF	No	No	No	No	No	Yes	Yes
Static HDR (HDR static metadata)	No	No	No	No	No	Yes	Yes
Dynamic HDR (HDR dynamic metadata)	No	No	No	No	No	No	Yes
Enhanced audio return channel (eARC)	No	No	No	No	No	No	Yes
Variable Refresh Rate (VRR)	No	No	No	No	No	No	Yes
Quick Media Switching (QMS)	No	No	No	No	No	No	Yes
Quick Frame Transport (QFT)	No	No	No	No	No	No	Yes
Auto Low Latency Mode (ALLM)	No	No	No	No	No	No	Yes
Display Stream Compression (DSC)	No	No	No	No	No	No	Yes
	1	1.1	1.2-1.2a	1.3-1.3a	1.4-1.4b	2.0-2.0b	2.1

Fabrikanten zijn ook vrij om enkel zoveel bandbreedte te bieden als ze noodzakelijk achten. Dat betekent dat je als consument goed bij de les moet blijven als je bepaalde features wenst. Het volstaat dus zeker niet om enkel naar de HDMI versie te kijken.

Fabrikanten mogen overigens niet zomaar over een “HDMI 2.1-aansluiting” spreken. Het versienummer alleen gebruiken is verboden door het HDMI Forum. Een versienummer mag alleen gebruikt worden als ook duidelijk vermeld wordt welke feature de aansluiting biedt.

Met dit in het achterhoofd, welke features zijn echt belangrijk?

Meer bandbreedte in het algemeen

Zoals blijkt uit de tabel aan de start van dit artikel, is de extra bandbreedte van HDMI 2.1 vooral vereist in de volgende scenario's:

- 4K/120fps
- Alles met 8K (we laten 5K even buiten beschouwing, dat is geen gebruikelijke resolutie voor televisies)

De extra bandbreedte van HDMI 2.1 is dus echt een noodzaak op 8K modellen, zodat je klaar bent voor eventuele 8K bronnen. Al moeten we daarbij zeggen dat die niet echt voor de deur staan. Voor 4K-tv's is die extra bandbreedte enkel relevant voor HFR-bronnen. Dat gaat over pc-gamers die een zeer krachtige GPU gebruiken. De Xbox One ondersteunt HFR maar enkel in 1080p of 1440p. De nieuwste generatie consoles (PS5, Xbox Series X) zullen wel 4K/120fps aanbieden.

HFR: High Frame Rate

De frames per seconde

Film creëert de illusie van beweging door stilstaande beelden snel genoeg achter elkaar te projecteren. De hersenen nemen het resultaat waar als één vloeiende beweging. Elk stilstaand beeld noemen we een 'frame', en we refereren naar het aantal beelden per seconde als de 'framerate', uitgedrukt in frames per seconde (fps).

De oorsprong van 24fps

Aan 5fps ervaar je de beeldenstroom eerder als een sequentie stilstaande beelden dan als een bewegend beeld. Vanaf ongeveer 15-20fps krijg je effectief de illusie van beweging en die framerate's werden in de jaren '30 dan ook gebruikt voor de stomme films.



Zodra er ook audio bijkwam moest de framerate omhoog om problemen met audiosynchronisatie en wow en flutter te vermijden. Het magische getal bleek toen 24 fps te zijn. Het is belangrijk om in te zien dat men er vooral op uit was om zo spaarzaam mogelijk om te springen met de dure filmpellicule. De kwaliteit van de beelden was absoluut geen bepalende strategie. Filmbusiness kost handenvol geld en met 24fps was het beeld 'goed genoeg'.

Advertentie

High Frame Rate (HFR)

Toch heeft een aantal filmmakers, bijvoorbeeld Peter Jackson met *The Hobbit*, geprobeerd hogere frame rates te gebruiken, in dit geval 48fps. Die keuze heeft tot heel wat discussie geleid, want 24fps en de sfeer die daardoor gecreëerd wordt staat voor veel mensen gelijk aan het 'cinema-gevoel'. Toen hij in april 2012 de eerste fragmenten toonde op CinemaCon in Las Vegas waren de reacties op z'n minst gezegd gemengd. 'lijkt op een documentaire, prachtig voor de landschappen, te realistisch voor de karakters.'



Ook John Cameron liet optekenen dat hij Avatar II zal filmen in een hogere framerate, 48 of 60fps. Hogere framerates (HFR) voor film worden dus zeker bekeken. Een nieuw verschijnsel is dat niet, net zoals voor 3D waren er in het verleden al andere initiatieven om HFR te gebruiken. Eind jaren 70 werkte Douglas Trumbull, de man achter de special effects van 2001: A Space Odyssey en Close Encounters of The Third Kind, aan Showscan, dat 60fps gebruikte. Showscan werd uiteindelijk vooral gebruikt voor rides in amusementsparken, zoals het bekende 'Devil's Mine Ride' en 'Cosmic Pinball'. Ander initiatieven zoals Imax HD (1992) en Maxivision 48 (1999) boden 48fps.

Maar naast film is er ook televisie, daar wordt voor sportuitzendingen vaak al gebruik gemaakt van 60fps. En gamers (console of pc) kijken uit naar nog hogere framerates, 120fps.

Waarom zijn hogere framerates goed?

Dat 24fps volstaat om mooie filmbeelden te creëren zal niemand ontkennen, maar hogere framerates hebben wel degelijk nut. Zodra je snelle actie filmt blijkt 24fps onvoldoende om een scherp beeld te geven. Een snel bewegend voorwerp beweegt in de tijdsspanne van een frame gedeeltelijk door het beeld en krijgt daardoor een uitgeveegd uiterlijk. De 'waargenomen resolutie' daalt met andere woorden, want we zien minder detail. Terwijl de sluitertijd dicht is legt het snelle voorwerp bovendien een grote afstand af op het scherm. Het volgende beeld zal dus merkbaar verder staan, en daardoor lijkt de scène schokkerig. En als er één probleem van tv's is waar veel mensen over klagen dan is het wel dat de bewegingen niet vloeiend weergegeven worden, zeker voor sportbeelden.



BRON: BBC

HFR beelden leveren een scherper beeld en dus ook een hogere **waargenomen** resolutie. Bovendien worden de beelden vloeiender aangezien het onderwerp zich minder verplaatst tussen twee frames. Tot slot, onze ogen nemen waar op continue wijze, niet frame per frame. HFR levert daardoor realistischere beelden. En dat zorgt dan weer voor een grotere emotionele betrokkenheid bij de film.

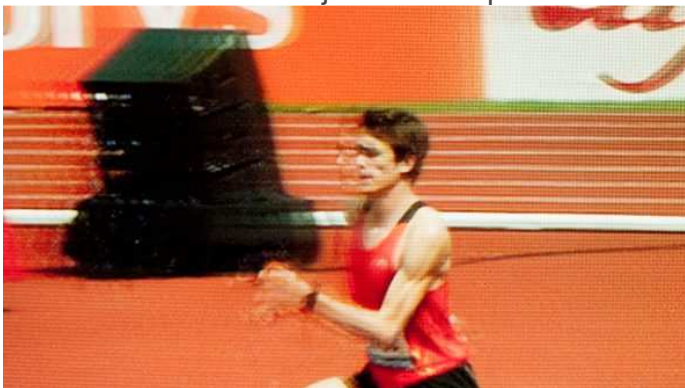
Waarom is er zoveel tegenstand?

Hogere framerates schijnen alleen maar voordelen te hebben, zeker nu digitale film een groot deel van de kost argumenten van tafel veegt. Maar net die hogere graad van realiteit maakt dat filmmakers het soms een slechte keuze vinden. 'Het leidt af van het verhaal, en legt de nadruk veel meer op de beelden. Realistische beelden maken het moeilijker om een sci-fi of fantasy verhaal geloofwaardig te maken.' Maar dat argument houdt niet helemaal steek naar onze mening. Al jaren streven we naar steeds realisme: geluid, kleur, steeds betere speciale effecten, HD, 3D, Ultra HD, noem maar op. Waarom is HFR dan net een brug te ver?

Om dat te begrijpen moeten we kijken naar de goedkope sitcoms of 'soap opera's' (Neighbours, The Bold and the Beautiful...). Budget en tijd zijn daar enorme beperkingen dus ziet de set er soms sjofeler uit en gebruiken ze in plaats van filmcamera's goedkopere videocamera's. En die schieten beelden aan 60fps (interlaced weliswaar, wat neerkomt op 30fps progressief). Heel wat mensen associëren HFR beelden daardoor nu met goedkope producties. Er is zelfs een woord voor: 'soap opera effect'. Maar die link zit dus tussen onze oren. Er is geen enkele reden waarom HFR beelden er goedkoop moeten uitzien.

'Frame Interpolation': de ersatz HFR

Een ander deel van de tegenstand ontstaat omdat HFR soms verward wordt met 'Frame Interpolation'. In een poging om de wazige, schokkende 24fps beelden te verbeteren bieden zowat alle televisies een optie om de het beeld 'scherper en vloeiender' te maken. Wat ze doen is de digitale beeldstroom analyseren en voor elke twee frames een of meerdere tussenliggende frames berekenen. Dat is een technisch huzarenstukje en verloopt zelden zonder problemen.



BEELDARTEFACTEN DIE ONTSTAAN BIJ FRAME-INTERPOLATION (BRON: BBC)

Advertentie

Daarom verwijzen we in onze testen dikwijls naar de beeldartefacten die ontstaan bij het gebruik van deze technieken. 'Frame Interpolation' is dus slechts een benadering van echte HFR beelden. Wanneer we spreken over 'soap opera effect' dan refereren we over het algemeen naar het effect van Frame Interpolation op filmbeelden.

Wat brengt de toekomst?

De ITU (International Telecommunication Union) is een organisatie die de standaarden voor omroepen op papier zet. Aan welke standaarden moet een uitzending voldoen? In de laatste standaard, genaamd Rec. 2100, wordt uiteengezet hoe de toekomst van broadcasting er uit moet zien. Zo zien we hier onder meer de Ultra HD-resolutie, **High Dynamic Range** en een groter **kleurbereik** in terugkomen. Ook wordt er gesproken over een maximale frame rate van 120fps.

Tv-fabrikanten gaan direct met deze ontwikkeling aan de slag en we kunnen op korte termijn tv's verwachten die een signaal van 120fps kunnen weergeven. Momenteel wordt er volop getest met hogere frame rates, door zowel omroepen (met name de BBC) als tv-fabrikanten. Wanneer we echter HFR sport-uitzendingen zullen kunnen bekijken, dat is moeilijk te zeggen, en zal vermoedelijk nog geruime tijd duren. Gamers daarentegen kunnen vermoedelijk al veel sneller van HFR genieten.

Conclusie

HFR heeft duidelijk technische voordelen maar het levert zonder twijfel een andere beleving dan klassieke 24fps. Net zoals het gebruik van kleur of speciale effecten dat ook doen. Je bekijkt HFR dus best als een nieuwe keuze in het arsenaal dat de filmmaker ter beschikking heeft. Als hij voor HFR kiest is dat hopelijk omdat hij denkt dat het iets toevoegt aan het vertellen van het verhaal. En zoals met elke nieuwe technologie vergt het correcte gebruik een leerproces.

De overduidelijke voordelen van HFR liggen echter bij sportuitzendingen en games. Die zullen er met High Frame Rate een stuk beter uit zien. De snelle actie wordt dan vloeiend en realistische weergegeven, gestotter en onduidelijke beelden zijn dan iets uit het verleden

Concreet is dit geen HDMI 2.1 feature, maar is er in sommige gevallen (4K HFR) wel nood aan de hogere bandbreedte die HDMI 2.1 biedt. Maar de aanwezigheid van HDMI 2.1 garandeert op zich niet dat de tv in kwestie ook HFR ondersteunt. Ook hier kijk je dus best specifiek na of het model in kwestie HFR ondersteunt of niet. Full HD HFR wordt vaak 2K HFR genoemd.

Is HFR-ondersteuning belangrijk? Voor traditionele content? In beperkte mate. In de filmindustrie spreken we over HFR zodra er meer dan 24fps gebruikt wordt (denk aan de Hobbit versies aan 48fps). Frame rates tot 60fps zijn nu al mogelijk op (Ultra HD) Blu-ray, en op je tv. Ze vormen dus geen probleem. In het kader van vereiste bandbreedte spreken we pas echt van HFR bij framerate's daarboven. Bijvoorbeeld live tv zou voor sport wel belang hebben aan 100 of 120fps. Maar dat zit er niet in grote mate aan te komen.

Gamers kunnen wel HFR aanbieden (via console of PC). Zeker voor Full HD is dat met de huidige grafische kaarten eenvoudig genoeg, maar 2K HFR past binnen de HDMI 2.0 bandbreedte. Slechts vanaf 4K HFR heb je meer bandbreedte nodig. Gamers moeten bovendien niet alleen naar '4K HFR' kijken, maar ook naar welke **bitdiepte** en **chroma subsampling** ondersteund worden. Voor 4K HFR-gaming die ook nog eens in HDR is, heb je zeker 10 bit 4:4:4 nodig. Dergelijke zaken vind je vaak enkel in de handleiding terug.

Heb je echt een HDMI 2.1-aansluiting nodig? Op een 8K-tv, ja. Ook al zijn er geen overvloed aan 8K-bronnen in het vooruitzicht, op deze tv's moet je met het oog op toekomstige bronnen een HDMI 2.1-aansluiting eisen met de volle bandbreedte.

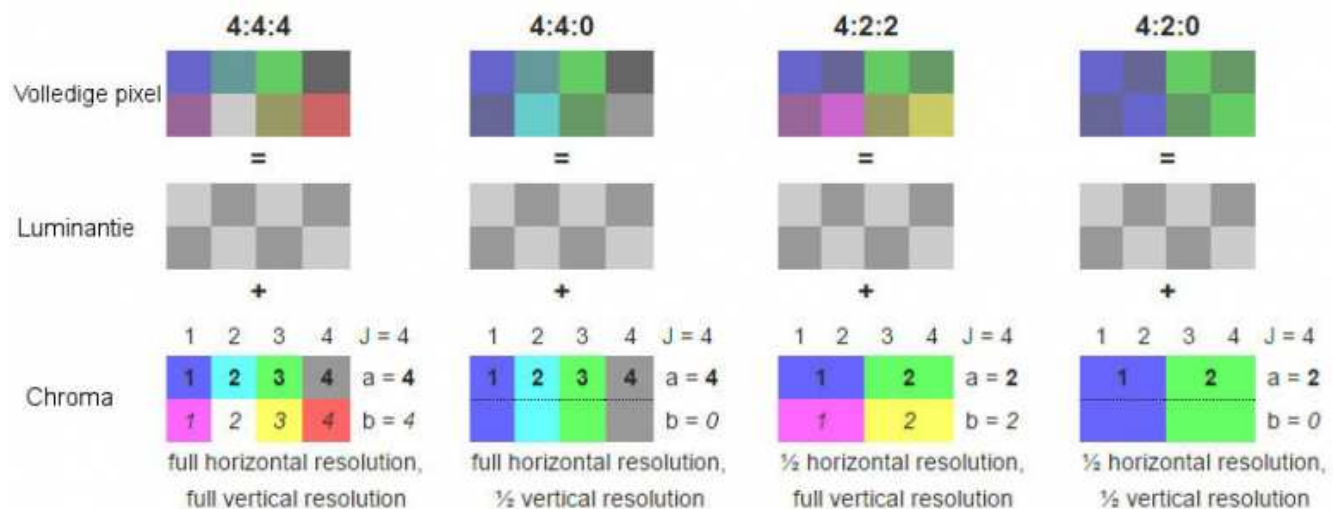
Op een 4K-tv ligt de zaak echter anders. Daar volstaat de bandbreedte van HDMI 2.0 in het ruime merendeel van de gevallen. Enkel wie absoluut 4K HFR wenst moet HDMI 2.1 eisen. Voorlopig zijn dat echter enkel gamers.

Hoe comprimeer je kleurdata?

Nu de Chroma-informatie apart beschikbaar is, is het mogelijk om die informatie te comprimeren. De gebruikte methode is subsampling, met andere woorden er worden minder samples genomen dan er eigenlijk nodig zijn. In welke mate er te weinig gesampled wordt, hangt af van hoe sterk men wil comprimeren en hoeveel kleurinformatie men bereid is te verliezen. Zo kan het aantal chroma-samples bijvoorbeeld horizontaal of verticaal gehalveerd worden, of beiden. De notatie die dit aangeeft is, op zijn zachtst uitgedrukt, niet erg intuïtief te noemen

De algemene vorm is J:a:b, en dit beschrijft hoeveel chroma-samples men neemt per blok van Jx2 pixels. In de eerste rij van dat blok samplen we a pixels voor kleur. In de volgende rij van dit blok, samplen we b pixels voor kleur. Ter herinnering, luminantie wordt steeds op elke pixel gesampled.

Een paar voorbeelden maken dit veel duidelijker.



4:4:4

Dit is ongecomprimeerde video. Vier chroma-samples op de eerste rij en vier op de tweede rij.

4:4:0

Vier chroma-samples op de eerste rij, en geen op de tweede rij. Dit betekent dat de chroma-samples van de eerste rij ook gebruikt worden voor de tweede rij. We halveren met andere woorden de verticale resolutie, maar behouden de volledige horizontale resolutie.

4:2:2

Twee chroma-samples op de eerste rij, en twee op de tweede rij. Elk chroma-sample wordt gebruikt voor twee kolommen. Dit schema halveert de horizontale resolutie, maar behoudt volledige verticale resolutie.

4:2:0

Twee chroma-samples op de eerste rij, en geen op de tweede rij. Elk chroma-sample wordt gebruikt voor twee kolommen en voor de onderliggende rij. Dit schema halveert de horizontale en de verticale resolutie.

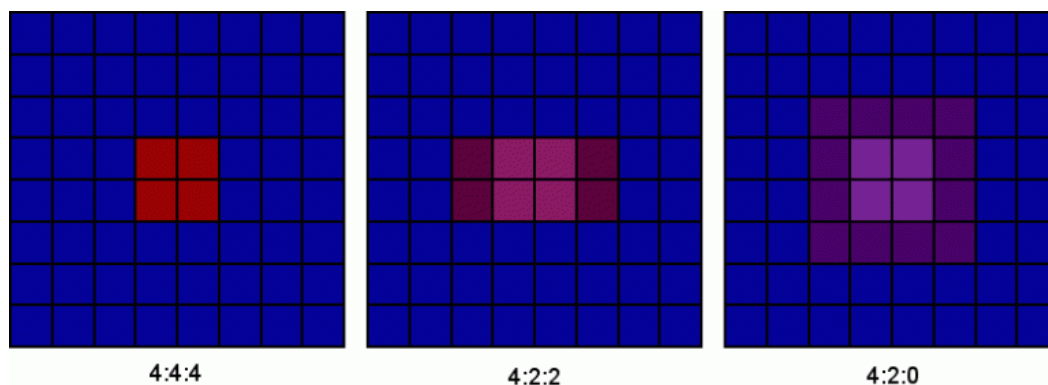
Er zijn nog meer schema's, waarvan sommige zelfs afwijken van de hierboven beschreven conventies, maar tenzij je professioneel met video bezig bent, volstaat het 4:4:4, 4:2:2, en 4:2:0 te kennen. Het zijn deze schema's die je regelmatig tegen komt in camera's, en de instellingen van spelers.

Advertentie

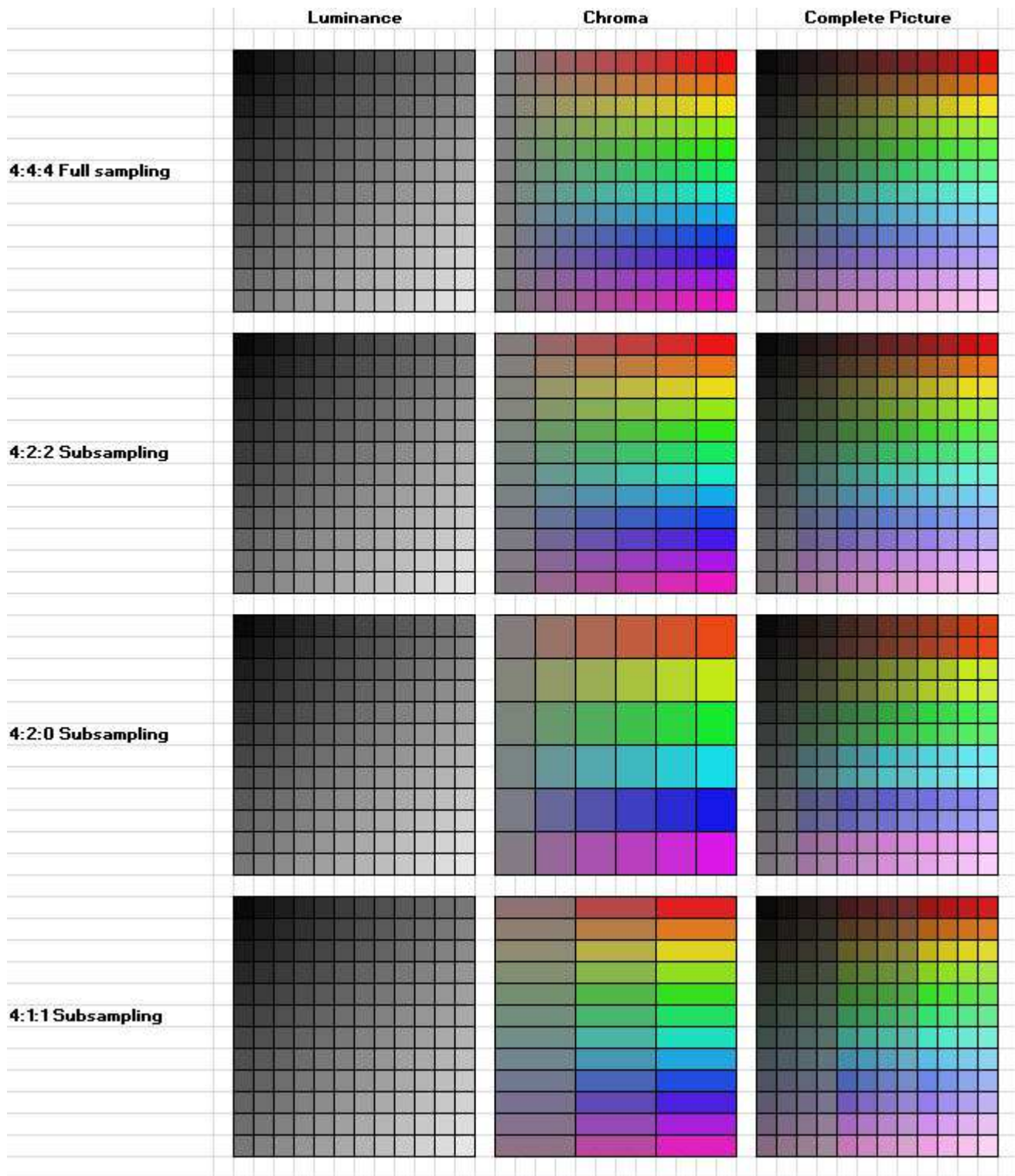
Voor een volledig overzicht van de complexiteit van chroma subsampling verwijzen we je door naar [deze pdf](#).

Chroma subsampling: Beeldartefacten

Wat is het effect van chroma subsampling op het beeld? De impact is altijd het makkelijkst zichtbaar bij een brutale overgang van een kleur naar een andere. Vermits op de grens slechts één sample genomen wordt, vermengen de twee kleuren zich. In het geval van 4:2:0 waar je de resolutie zowel verticaal als horizontaal halveert, breidt de kleur zich uit en verwatert ze nog sterker. Op onderstaand voorbeeld lijkt het erg pijnlijk, maar hou er rekening mee dat dit wel enorm grote pixels zijn.



Een tweede voorbeeld toont nog steeds grote schematische pixels. Ga wat verder van de monitor staan, of focus je ogen verder en het verschil wordt plots heel wat minder dramatisch.



BEELD VIA KNOTLESS.COM

Onderstaande beelden tonen het mogelijk effect op wat realistischere content, nog steeds uitvergroot zodat je het effect kan zien.



4:4:4 ORIGINEEL. MERK DE INTENS BLAUWE KLEUR IN DE FIJNE PATRONEN. BEELDEN VAN RED.COM



4:2:0 VERSIE. HET BLAUW IN DE ACHT CIRKELS HEEFT INTENSITEIT VERLOREN. BEELDEN VAN RED.COM



4:4:4 ORIGINEEL. MERK DE FELRODE TINTEN OP DE DANKRANDEN EN IN SOMMIGE PANNEN. BEELDEN VAN RED.COM

Advertentie



4:2:0 VERSIE. DE DANKRANDEN EN SOMMIGE PANNEN ZIJN BEDUIDEND MINDER INTENS ROOD. BEELDEN VAN RED.COM

Het mag duidelijk zijn dat chroma subsampling wel degelijk een effect heeft op de beeldkwaliteit. Vooral in zeer fijne en uitgesproken kleurpatronen is het mogelijk dat sommige kleuren wat verwateren. Wees je er ook bewust van dat de methode om een subsampled signaal terug naar niet gecomprimeerde 4:4:4 video te brengen niet vast ligt. Verschillende toestellen kunnen dus verschillende resultaten produceren.

Dagelijks gebruik

Zo goed als alle content die we dagelijks bekijken gebruikt 4:2:0 chroma subsampling: dvd, Blu-ray en zelfs Ultra HD Blu-ray, maar ook tv-uitzendingen, YouTube, Netflix enzovoort. Sommige camera's kunnen opnemen in 4:2:2. Vooral voor wie nog nabewerkingen wil doen is dat een voordeel. Maar ook dan zal je uiteindelijke video bijna altijd in 4:2:0-formaat zijn.

Maar, HDMI accepteerde tot en met versie 1.4 enkel 4:4:4 en 4:2:2. Dat betekent dat elke speler intern al een conversie moest doen van 4:2:0 naar 4:2:2. De televisie doet dan de verdere stap naar 4:4:4. Om te vermijden dat de video twee conversieprocessen door moet, lieten sommige spelers toe om de videostroom onmiddellijk van 4:2:0 naar 4:4:4 te converteren.



Sinds de introductie van HDMI 2.0 is het ook mogelijk om 4:2:0 door te sturen. Er is dus geen nood meer om een conversie uit te voeren in de speler. Toch bieden heel wat spelers dit nog steeds aan. De vraag is dan wie van beide toestellen de conversie beter zal uitvoeren, de speler of de televisie. Je kunt in dat geval proberen of je zelf een verschil kan zien. In veel gevallen adviseren we toch om dit soort instellingen op 'Auto' te laten staan, zo speel je op zeker.

Een interessant weetje: wie voor 4:4:4 kiest op de speler, stuurt heel veel data door de HDMI-kabel. Mocht je in dat geval (en dat is vermoedelijk enkel bij Ultra HD-content) sterretjes zien in het beeld (individuele pixels die flikkeren) of valt het beeld af en toe weg, dan betekent dat dat je kabel die hoeveelheid data niet aan kan. Door de speler terug te schakelen naar 4:2:2 of 4:2:0 verlaag je het datadebiet en is mogelijk alles weer in orde. Is dat niet het geval, dan ben je aan een andere HDMI-kabel toe. Die hoeft geen fortuin te kosten



GESCHREVEN DOOR [ERIC BEECKMANS](#)