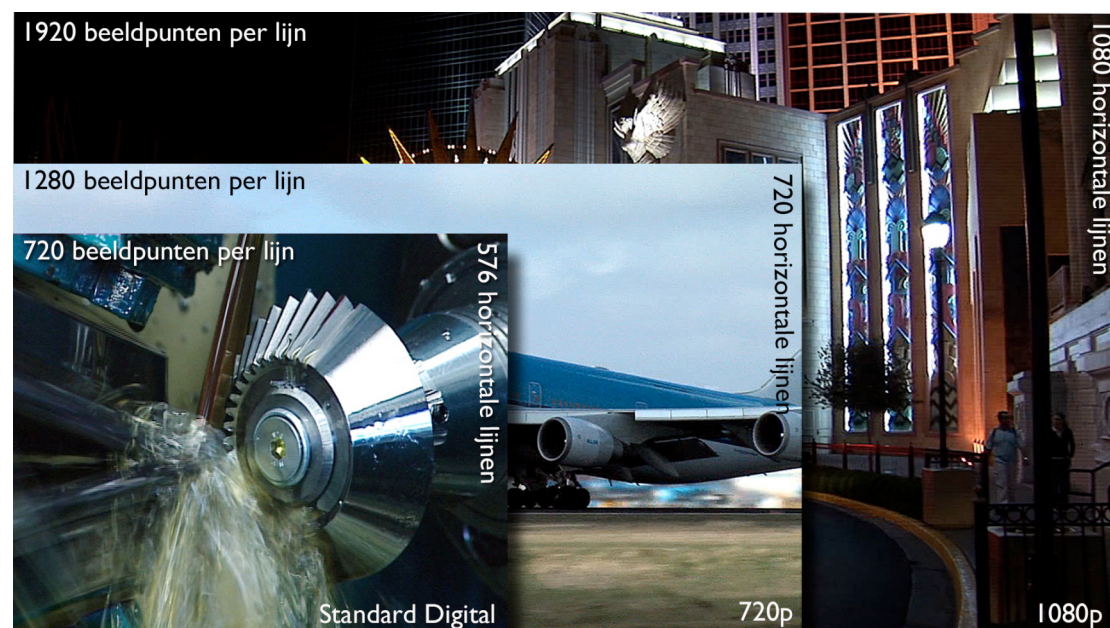


Minder is mooier, 720p vs. 1080i

De hype en mythe rond 1080i en 720p leeft nog immer voort, 1080i is veel beter dan 720p, er komt een veel beter plaatje van 1080i, 720p is maar de helft van 1080i etc, etc. hele websites worden volgeschreven met aperte onzin. En dat ondanks het feit dat de EBU op IBC 2006 demonstreerde dat het HDTV formaat voor nu 720P/50 moet zijn en in de toekomst 1080P/50 en dat 1080i een gepasseerd station is. Nu kan je vraagtekens plaatsen bij de manier waarop de EBU dit demonstreerde maar laten we eens naar de details kijken want daar liggen de harde feiten waarom 720p werkelijk te prefereren valt boven 1080i.

De Perceptie

Vanaf het begin van High Definition Televisie is er veel te doen geweest over de twee scanning (aftasting) formaten 1080i en 720p, waarbij 1080i een interlaced (samengevoegd) scanning formaat is en 720p een progressive (volbeeld) scanning formaat. Het standaard video formaat is 576i. De getallen staan voor de hoeveelheid horizontale lijnen.



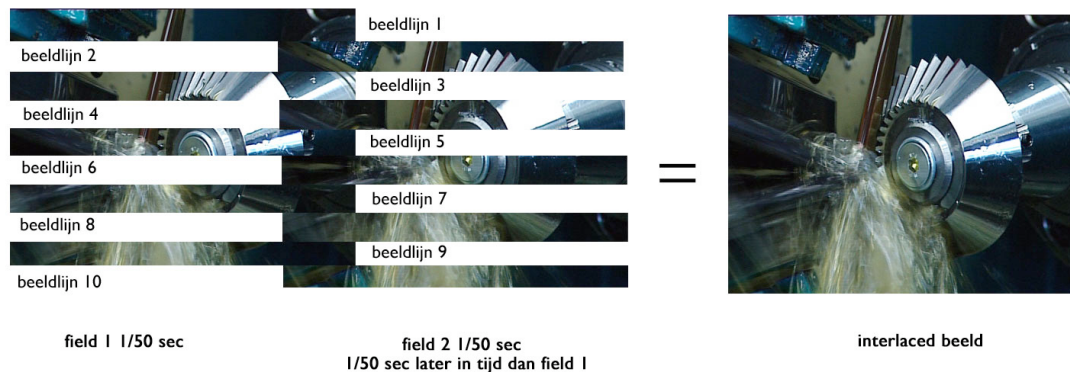
De formaten in verhouding tot standaard digitaal video

Kort gezegd komt de opbouw van een TV beeld tot stand door een horizontale elektronische aftasting van het beeld van boven naar beneden lijn voor lijn en dat 25 maal per seconde. Bij onze dagelijkse TV zijn dat 576 lijnen per beeld. Deze lijnen worden omgezet naar elektronische signalen en verzonden naar een ontvanger die het plaatje weer lijn voor lijn reconstrueert. Ons oog ervaart deze reeks van beelden als een vloeiend geheel. Maar er is nog iets anders, wanneer we de beelden die ons via een zender, een kabel, een VHS of een DVD bereiken gebruiken ze allemaal dezelfde 576 lijnen. De waargenomen kwaliteit is echter bij alle vier verschillend en dan wordt het duidelijk dat alleen maar de hoeveelheid lijnen niet bepalend is wat de beeldkwaliteit wordt. Je kan echter wel stellen hoe meer lijnen bij de opbouw van een TV beeld hoe groter het resolutie potentieel.

Hoe het begon

Tijdens de ontwikkeling van de Televisie in de dertiger jaren van de vorige eeuw werden de beelden opgebouwd uit minder dan 240 scan lijnen en in volgorde afgetast, lijn 1 wordt gevolgd door lijn 2 enzovoort. Het lijkt logisch om de aftasting zo te laten verlopen maar er waren andere overwegingen die tot een afwijkende benadering zouden leiden. Hoe groter het aantal lijnen hoe scherper het beeld zou je kunnen denken, maar dat vergt ook een grotere bandbreedte om het te kunnen uitzenden. De toenmalig beschikbare analoge bandbreedte was heel beperkt om het visuele signaal tezamen met het geluidsignaal uit te zenden.

De technici die onze TV ontwikkelden hadden een dilemma, want ze wilden aan de ene kant meer scanlijnen om een scherper beeld te krijgen, en aan de andere kant een frequentie hoger dan 25 beelden om het probleem van beeldflikker op te lossen. Er moest een keuze gemaakt worden om binnen de beschikbare bandbreedte te blijven. Het probleem van beeldflikker treedt op als ons oog het aantal geprojecteerde beelden nog als afzonderlijk ervaart. Het kritieke aantal beelden per seconde om geen beeldflikker te ervaren ligt tussen de 40 en 60 per seconde. Maar in de filmindustrie wordt tijdens de opnamen een beeldfrequentie van 24 beelden per seconden gebruikt, de oplossing van de film industrie was om tijdens de projectie in de bioscoop elk beeld twee maal te vertonen voordat het volgende beeldje wordt geprojecteerd en zien we dus in dezelfde tijd 48 projecties en dat is net boven het kritieke punt. Bovendien speelt de helderheid een rol en in een donkere bioscoopzaal helpt dit de beeldflikker minder te ervaren, dit in tegenstelling tot een TV toestel dat veel kleiner is dan een filmdoek en altijd in een verlichte ruimte bekeken wordt en ook veel helderder is.



Een interlaced beeld bestaat eigenlijk uit twee halve beelden vlak na elkaar vertoond waarbij er steeds één lijn ruimte zit tussen de lijnen van field 1 en field 2, het oog ervaart het als één beeld.

Reeds in de dertiger jaren van de vorige eeuw kwam iemand op het idee om deze dubbele projectie ook toe te passen met TV beelden zonder de beschikbare bandbreedte te compromitteren. Dat was de uitvinding van samengevoegde aftasting, "interlaced scanning". Hierbij wordt het TV beeld afgetast als twee afzonderlijk halve beelden, "fields" genaamd. In het ene field worden alle oneven lijnen afgetast: 1, 3, 5 etc. en in het andere field alle even lijnen: 2, 4 etc. De fields, de even en oneven, zijn ruimtelijk ten opzichte van elkaar één beeldlijn verschoven zodat ze samengevoegd (interlaced) lijken tot een vol beeld. Zo ziet ons oog het tenminste en dat zou de beste oplossing zijn. 25 beelden per seconde beeldinformatie wordt dan verdubbeld tot 50 beeldflikkeringen dat wil zeggen twee projecties van elk een half beeld en dat ligt boven de grens van waarneembare beeldflikker. Maar de feiten zijn niet dat wat ze in eerste instantie lijken, want als we even gaan graven blijkt dat ze de afwezigheid van beeldflikker voor een aantal andere problemen hebben ingeruild. De prijs die voor deze oplossing betaald moest worden om binnen de mogelijkheden van de bandbreedte te blijven is de degradatie van de zichtbare kwaliteit van het beeld. Maar in de digitale videowereld van vandaag is het niet nodig die prijs van interlaced video te blijven betalen.

Het Heden

1080i zet de traditie van interlaced scanning voort en dus ook de nadelen. Bij digitale video wordt elke aftastlijn opgebouwd uit pixels. Dus bij 1080i is elke lijn 1920 beeldpunten (pixels) en bij sommige fabrikanten zelf maar 1440 pixels, die later worden uitgerekte tot een breedte alsof er 1920 pixels zijn zoals bij de HDV2 en HDCAM standaard. Er zijn 1080 lijnen in elk beeld dus 540 lijnen in elk field. Deze beelden worden met een frequentie van 25 beelden per seconden vertoond. Echte 1920 beeldpunten zijn bijvoorbeeld bij de HDCAM SR, maar daar praten we over een veel hogere prijsklasse zowel in equipment aanschaf als wel in productie workflow.

Het andere scanning formaat is 720p o.a. gebruikt in de HDV1 standaard en is een aftasting van een vol beeld. Elk van de 720 lijnen waaruit het beeld bestaat is opgebouwd uit 1280 pixels. 720p wordt vertoond met een frequentie van 50 vol beelden per seconde dit in tegenstelling tot 1080i waarbij 50 halve beelden worden vertoond. Dit geeft 720p een paar duidelijke voordelen in beeld kwaliteit ten opzichte van 1080i zoals een betere beweging interpretatie en de afwezigheid van beeldafwijkingen veroorzaakt door samenvoeging. De HDV 1 en 2 standaard zijn oorspronkelijk voor de consumentenmarkt bedoeld maar heel goed bruikbaar voor professionals, dwz. uitermate betaalbaar met

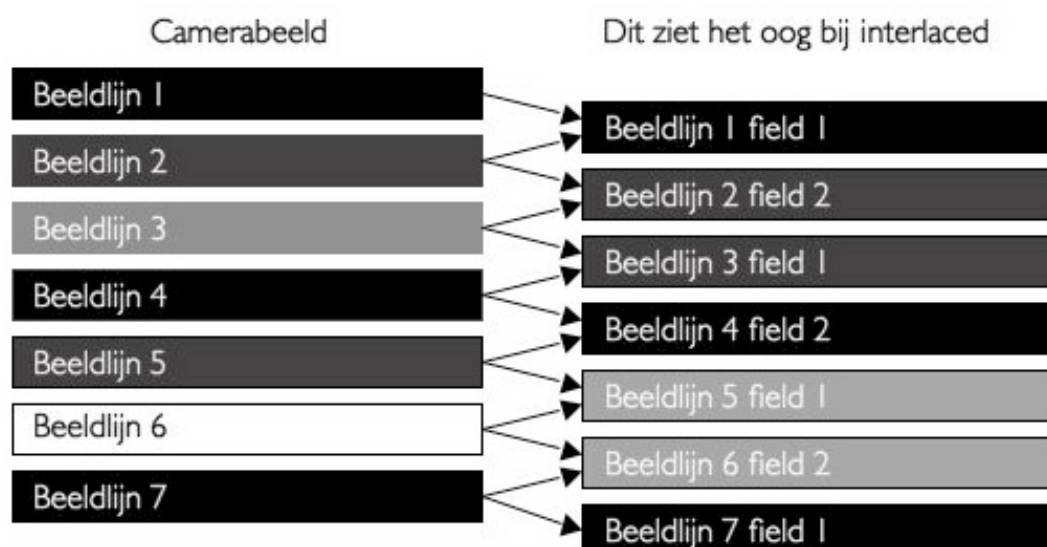
een uitnemende kwaliteit. De quantization van deze standaard is 8 bit, de sampling 4:2:0 zoals bij DV, de gebruikte compressie is MPEG2 en de bit rate na compressie respectievelijk 19-25Mbps. Sampling frequentie voor helderheid is respectievelijk 74,25 MHz en 55.6875 MHz.



Bij de HDV2 en HDCAM standaard worden vierkante pixels uitgerekt tot rechthoekige pixels om aan de maat van 1920 te komen.

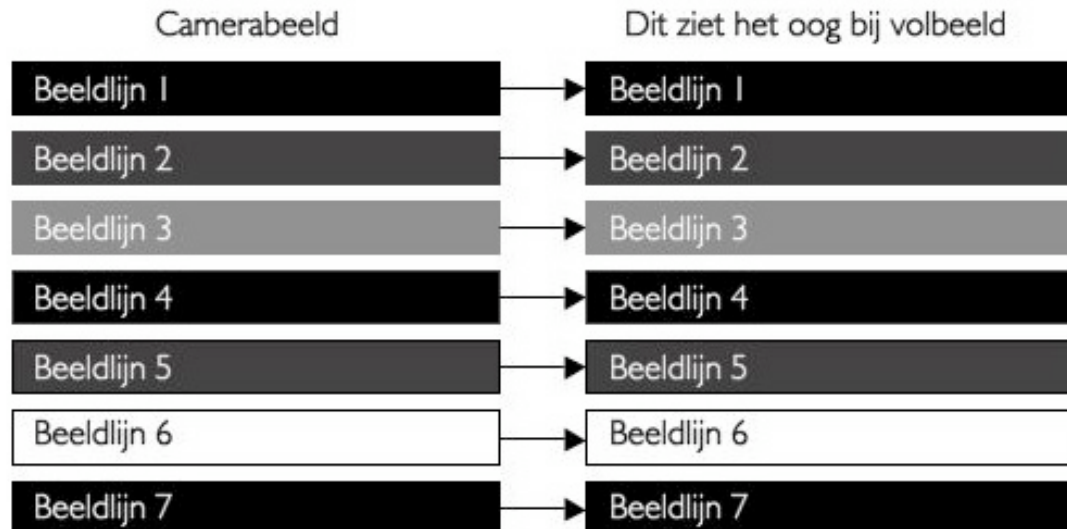
Meer is beter

De voorstanders van 1080i onderbouwen hun argumenten vaak met een stortvloed van getallen: 1080 lijnen, 1920 pixels per lijn, 2 miljoen pixels per beeld. Deze getallen vertellen zoals nu wel duidelijk zal zijn niet het hele verhaal. Natuurlijk een 1080i beeld telt 2 miljoen pixels en een 720p beeld nog net geen miljoen, 921600 pixels om precies te zijn. Maar de 1080i liefhebbers vergeten dat deze 2 miljoen pixels in een 25ste seconde worden opgebouwd maar in dezelfde tijd heeft 720p al twee volbeelden laten zien en dat is dan bij elkaar opgeteld ook 2 miljoen pixels aan beeld informatie. De grap is dat in ontwerp de beide scanning formaten in data hoeveelheid ongeveer gelijk aan elkaar zijn, daar is dus geen voordeel door 1080i te behalen. Een feit is dat wanneer de breedte van 1080i gereduceerd wordt tot 1440 en later uitgerekt, het de facto verschil maar een luttel 12% in het voordeel van 1080i is.



Een weergave van contrast verlies bij interlaced opnamen

Een andere parameter die de voorstanders van 1080i vaak gebruiken om het voordeel van 1080i aan te tonen is de resolutie. Wat is resolutie? Resolutie is het instant houden van de afzonderlijk fijne (kleine) details in een beeld zodat de kijker ze kan blijven onderscheiden. De zwakke schakel hier is de kijker want onze ogen zijn wat resolutie betreft niet betrouwbaar en kunnen makkelijk voor de gek gehouden worden met schijnresolutie, bovendien zijn onze ogen redelijk beperkt wat scherpste betreft.



Geen contrast verlies bij volbeeld weergave, what you get is what you see

Less is more

Maar beeldkwaliteit is niet alleen afhankelijk van resolutie maar ook afhankelijk van kleurproductie en contrast. Uit onderzoek blijkt dat contrast een veel groter gewicht (64%) in de schaal legt dan resolutie (21%) wat betreft de vaststelling van de subjectieve kwaliteit van een TV beeld

Video is bedoeld om de echte wereld op te nemen en die beweegt, dus beelden bewegen anders konden we blijven volstaan met alleen foto's te maken. En als we het over resolutie hebben kunnen we niet om dynamische resolutie heen, sterker nog het is een veel belangrijkere factor dan statische resolutie. De bedoeling van interlaced scanning was om ons de 567 beeldlijnen verticale resolutie te geven en de snelheid van beeld opvolging boven de kritische grens van de waarneming van beeldflikker te komen. Dat laatste is dus gelukt maar het is al een tijdje duidelijk dat het eerste doel niet is gehaald. Een interlaced beeld van 567 lijnen heeft maar een resolutie van bijna 567 lijnen wanneer beschouwd als een stilstaand beeld. De twee fields echter hebben een verschil in tijd van een 50ste seconde en dus wanneer iets of iemand snel beweegt in het verticale vlak zijn de twee fields niet meer 100% identiek en daarmee is de verticale resolutie niet behouden. In het slechtste geval is de resolutie dan de helft en dus 283 lijnen bij standaard video. Dit gezegd hebbende kan je stellen dat de echte verticale resolutie van een 1080i beeld dynamisch is en varieert van tussen 1080 lijnen en 540 lijnen afhankelijk van de snelheid en richting van de opgenomen beweging. Deze resolutie degeneratie is al jaren een bekend fenomeen. Progressive scanning kent deze problematiek niet en de verticale resolutie is niet dynamisch en altijd ongeveer 720 lijnen wat de snelheid en de richting van het opgenomen object ook is.

Verskillende onderzoeken hebben aangetoond dat vol beeld afgetaste beelden maar 684 lijnen nodig hebben om gelijk waardig te zijn in verticale resolutie aan een 1080i beeld. Dus als we toch met getallen wil schermen 720p heeft een voordeel in dynamisch verticale resolutie van 72 lijnen boven 1080i



Fragment van een 1080i opnamen zoals zichtbaar op een computerbeeldscherm zonder deinterlacing. Het kam-effect is hier goed te zien.

Niet bewegen!

Horizontale resolutie veroorzaakt beeldafwijkingen wanneer interlaced scanning wordt toegepast. Afhankelijk van de snelheid veroorzaakt een horizontale beweging vervorming die zichtbaar zijn als zaagtanden en onscherpte het zichtbaar worden van de scanning lijnen tot dubbele beelden in uitzonderlijke gevallen. 720p kent deze verschijnselen niet en toont hoogstens beweging onscherpte net zoals bij stil fotografie. Dat is dan te reduceren met een verhoogde sluitertijd. Dit geldt overigens niet voor 1080i sommige typische interlaced "fouten" blijven bestaan. 720p is meer geschikt om de bewegende wereld in beeld te brengen dan 1080i ondanks het groter aantal beeldpunten per lijn.

De bandbreedte

Digitaal video wordt beperkt door de digitale bandbreedte en het kritieke punt is het aantal bits per seconde dat verplaatst moet kunnen worden. Dit kan niet (altijd) ongelimiteerd er staan veel beperkingen in de weg. Simpel gezegd er zijn meer kleine buizen beschikbaar dan hele grote, figuurlijk gesproken om de informatie doorheen te persen om van het ene punt naar het andere te komen, het zij naar en van opslagschijven of gedurende een uitzending. Dus comprimeren is een noodzaak hoewel de technologie daar heel snel voortgang boekt. Laten we even een TV uitzending als voorbeeld nemen: HDTV beelden moeten 70 keer kleiner gemaakt worden om te passen in een 19 megabit per seconde uitzendkanaal. Bij de opslag op harde schijven gebeurt ongeveer hetzelfde maar daar is de pijlpijn groter. Dus van de 70 bits, om bij de uitzending te blijven, komt er maar één door het uitzend kanaal. Het zal duidelijk zijn dat het beeld daar onder te lijden heeft. Waarneming leert ons dat 720p materiaal sterker gecomprimeerd kan worden dan 1080i of ook 1080p in dit geval. De EBU demonstratie op IBC 2006 was daar heel duidelijk in. 1080i beelden degenereren veel sterker tijdens compressie dan 720p beelden. Er ontstaan allerlei beeldvervalsingen, blokpatroon vorming of mozaïekachtige vervormingen en niet allen bij bewegingen. Bij 720P worden nauwelijks vervorming gezien en staat het een veel grotere compressie toe. Zelfs bij een doorvoer over 3 megabit per seconde blijft het beeld nog goed. Het is duidelijk dat 720p 1080i overtreft in compressie en het ontbreken van zichtbare compressie beschadigingen omdat door het karakter van de beeldopbouw deze superieur is in bewegingsverwerking van het opgenomen beeld, dit houdt een codering voorsprong in ten opzichte van interlaced aftasting wat resulteert in een zelfde beeld qua resolutie maar met veel lagere bit rate.

Het Beeldscherm.

Tenslotte het beeldscherm een niet onbelangrijk element bij de beoordeling van de twee scanning formaten aan de kant van de uiteindelijke kijker naar HD beelden die we opgenomen hebben.

De resolutie van wat voor display dan ook is afhankelijk van de z.g. dotch pits. Dit definieert de fysieke grote van de beeldpunten of scherpixels: hoe groter de resolutie hoe kleiner elk beeldpunt moet zijn. Dit is goed waar te nemen bij computerschermen en printers: een 600 dot per inch printer drukt een scherper beeld af dan een 300 dot per inch printer.

Om een 1080i beeld in volle glorie te bekijken heb je een beeldscherm nodig met 6 miljoen beeldpunten en voor een 720p beeld heb je maar een scherm nodig met 2.75 miljoen beeldpunten. Hoe meer beeldpunten je nodig hebt zoveel kleiner moet het beeldpunt worden en hoeveel minder licht elk punt zal genereren. Om de volle resolutie van een 720p beeld te kunnen genieten kan een drie maal grotere beeldpunt gebruikt worden in vergelijking met 1080i voor welk schermgrote dan ook. Dat betekend een helderder beeld en een hogere contrast ratio wat de perceptie van de definitie van dat beeld ten goede komt.



Opname in 720p/25

We toonden eerder al aan dat de echte verticale resolutie van 720p beelden beter is dan dat van 1080i. De betere horizontale resolutie van 1080i kan echter op geen enkele bestaande consumenten display getoond worden. En tenslotte alle computerschermen, plasma TV's en LCD schermen maken uitsluitend gebruik van een progressive scanning en 720p kan zonder uitzondering vertoond worden zonder de beeldkwaliteit vermindering van interlaced scanning.

High Definition op het web?

Is het een goed idee om op het web het 720p formaat zoals HDVI te gebruiken. Het antwoord is een volmondig ja want volbeeld is IT vriendelijk en staat een grotere player toe dan gebruikelijk bij standaard formaten. Om te kunnen streamen of vlug van het net te downloaden is verdere compressie noodzakelijk maar dat kan zonder zichtbare schade bijvoorbeeld met een Flash encoding. Elk interlaced formaat formaat zoals HDV2 of één van de Standard Definition formaten zoals DV, DVCAM, DVCPRO, Digi Beta, Betacam, XDCam, is zolas uit het voorgaande mag blijken veel minder geschikt voor het web.

De Conclusie

Dit alles overziend is de louter technische keuze tussen 720p en 1080i niet moeilijk.

Het topic van subjectieve kwaliteit is ingewikkeld maar de keuze van de EBU voor 720p/50 komt eenvoudig gezegd neer op een simpele waarheid: het geeft de kijker een beter beeld, hoe je het ook wendt of keert.

Tom Poederbach,
Videograaf/videoproducer

Gegevens ontleent aan een artikel van Randy Hoffner, ABC Television Network, New York en verschillende publicaties van de European Broadcast Union, Genève. Illustraties van de schrijver.