ضغط الفيديو وعينات الألوان Video Compression and Chroma(colour) Subsampling

ضغط الفيديو/Video Compression

في هذه الوحدة سنتحدث عن عن موضوع مهم جداً يتعلق بكل ما نشاهده تقريباً ، سواء كان ذلك على شاشة التلفزيون أو على الهواتف الذكية. إنه ضغط الفيديو والذي يعني ببساطة تقليل حجم ملف الفيديو لكي نستطيع التعامل معه بسهولة.

احتفظ الفيلم السينمائي بأشكاله الأساسية لأكثر من مئة عام. لكن في العقود القليلة الماضية فقط تطورت أشرطة الفيديو لتصبح بما لا يقل عن عشرين شكلا مختلفا (ومتباينة).

حتى بداية التسعينيات، كان العالم يستخدم ما يسمى بالصوت والصورة في شكلها التناظري Analogue . كان هذا يعني أننا كنا نتعامل معهما على شكلهما الأساسي (الصورة عبارة عن ضوء والصوت عبارة عن موجات) . لكن العالم كان على وشك التغير ، حتى في تلك الفترة . كنت عضوا في "SMPTE "وهي جمعية مهندسي السينما والتلفزيون الأمريكية حينها وكانت شركة سوني ومؤسسة البث اليابانية NHK تعملان على تطوير الفيديو العالي الدقة HD وكانتا تحضران لمناقشة هذه الإشارة الجديدة Signal مع المهندسين في SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers) لكي تحصل على الاعتماد اللازم .حينها شعرت أن عالم الصوت والصورة سيتغير إلى غير رجعة . وبالفعل في غضون سنوات قليلة بدأت الأجهزة الرقمية في الظهور ودخول الخدمة. مع دخول العصر الرقمي في الصوت والصورة كان لا بد من وجود أساليب خاصة للتعامل مع هذه الإشارات الجديدة. في بداية العصر الرقمي كان تسجيل الصورة الرقمية يتم على أشرطة ، وهي الموروث الشرعي من العصر التناظري (Analogue).

لكن الأمر بدأ في التغير، ومع دخول الأقراص الصلبة كان لا بد من وجود صيغ يتم بها تخزين المواد المصورة. ولكن أحجام تلك المواد كانت كبيرة جدا وبحاجة الى سعة كبيرة جدا عل جهاز الكومبيوتر، ناهيك عن صعوبة إدارتها. ومن هنا جاءت فكرة ضغط الفيديو والصوت لكي تحل هذه المشكلة.

ضغط/MPEG-2 and MPEG-4 Compression

MPEG-2 و MPEG-4 هما تقنيتي ضغط شهيرتين تتخلصان من معلومات الفيديو الزائدة. هذا يشمل البيانات الموجودة ضمن المشاهد أو الكوادر "Frames " المتعاقبة التي لا تتغير، بالإضافة إلى البيانات التي "لن نفتقدها على الأرجح".

لكن مادة الفيديو المتغيرة بسرعة مثل مباراة كرة سلة ستكون مرهقة بالنسبة لنظام الضغط. في هذه الحالة، قد تكون البيانات التي تم التخلص منها ضرورية لإعادة إنتاج جميع التفاصيل الموجودة في الحركة. في مادة من هذا النوع ستكون قادرا على رؤية انحرافات الفيديو المرئية أو المشاكل الفنية الناجمة عن عدم مواكبة نظام الضغط لسرعة الحركة.

عادة ما تقوم أنظمة الأقمار الصناعية والكيبل بضغط الفيديو ولو بدرجات متفاوتة، لكن في كل حالة يتم التضحية ببعض الجودة التقنية لصالح إيصال عدد أكبر من القنوات والخدمات. هذا هو السبب الرئيس الذي يجعل ذلك الفيديو، حتى في التلفزيون فائق الوضوح لن يبدو جيدا بنفس القدر بعد نقله كما كان حين تم انتاجه ومونتاجه للمرة الأولى . ربما يلاحظ البعض منا كيف يبدو الفيديو في صالات عرض بيع أجهزة التلفاز واضحاً ونقياً جداً ، السبب أنه مسجل وغير مضغوط ولم يمر بمراحل البث التي ستؤثر عليه بشكل كبير.

مستقبل غير مضغوط؟

كما لاحظنا، ضغط البيانات هام في عملية الإنتاج لأنه حتى وقت قريب لم تستطع أجهزة الانتاج التعامل بسهولة مع بث Streaming البيانات السريع جدا في الفيديو الرقمي والفيديو فائق الوضوح.

لكن بينما تصبح ذاكرة تخزين البيانات أقل ثمنا ومضغوطة أكثر وبينما تصبح رقاقات الحاسوب أسرع، قد تصبح التسجيلات الصوتية والفيديو غير المضغوطة أو المضغوطة بحدها الأدنى هو الشئ العادي على الأقل في المراحل الأولى لإنتاج الفيديو. سيحسن هذا إلى حد كبير جودة الإنتاج، لا سيما إنتاج التلفزيون فائق الوضوح، الذي يمر بمراحل إنتاج عديدة.

الضغط الرقمي Digital Compression

ضغط البيانات الفاقد وغير الفاقد /Lossy and Lossless Compression

تستخدم جميع أشكال الفيديو المنزلية ومعظم أشكال الفيديو الاحترافية مستوى معينا من ضغط الفيديو. غالبا ما تقسم إلى ضغط Lossy and Lossless أو الفاقد وغير الفاقد .

مع الضغط غير الفاقد Lossless لا يوجد فرق، أو بعض الأشخاص يقولون بأنه لا يوجد فرق قابل للإدراك بين البيانات الأصلية والمضغوطة. لهذا لا توجد خسارة في الجودة.

لكن المشكلة هي أن تقنيات الضغط غير الفاقد تعني وجود كميات ضخمة من البيانات ولها متطلبات كثيرة جدا من الناحية التقنية. وبالتالي تتطلب معدات باهظة الثمن.
معظم تقنيات ضغط الفيديو والصوت تتخلص من البيانات إلى حد ما لتجعل التسجيل والنقل أسهل من الناحية التقنية. ثم بعد ذلك يصبح الأمر متعلقا بكمية البيانات المضغوطة. وحين يبدو بأن هناك تضحية بالبيانات بالنسبة للعين المدربة يستخدم مصطلح الضغط الفاقد Lossy .

نسب الضغط/Compression Ratios

إذا بدأت بـ 100 بت bits من البيانات وقمت بضغطها إلى 50 بت ، فهنا لديك نسبة ضغط 2:1. إذا استطعت خفض البيانات الأصلية إلى 25 بت، فيصبح لديك الآن نسبة ضغط 4:1.

يمكنك بسهول استخدام نسبة 2:1 للضغط مع الفيديو دون أن تلاحظ أي خسارة في جودته. في الحقيقة، يمكنك حتى أن تضغط الفيديو بنسبة 10:1 دون أن تلحظ اختلافا كبيرا، وأثناء ذلك بالطبع، يمكنك تسجيل البيانات في 10/1 من المساحة.

حين تنتقل إلى 20:1 (وفقا لموضوع التصوير)، ستظل لديك صورة لا بأس بها، ورغم ذلك ستلاحظ العين المدربة خسارة طفيفة في الجودة. وباستخدام تقنيات الضغط الصحيحة، قد تصل نسب الضغط في الوقت الحاضر حتى 100:1.

لاحظ في الصورة على اليمين أدناه، الغباش الغير واضح الذي أضيف بسبب الضغط. قارن ذلك بالصورة الموجودة على اليسار التي تحتوي على الحد الأدنى من الضغط. والصور المكبرة من هذه الصور (أسفل هاتين الصورتين) تجعل الاختلافات واضحة أكثر بكثير.

هذا الاختلاف ملحوظ بشكل أكبر بكثير في الصور المكبرة بنسبة 300% في الصورتين الموجودتين على اليسار.

عندما تنتقل إلى نسبة 50:1 وما بعدها، يمكنك أن تبدأ برؤية اختلاف ملحوظ (ومكروه) بين الصورة الأصلية والصورة المضغوطة.

في الفيديو المضغوط بالكامل يمكنك أن ترى غالبا مكعبات من كتل البيانات المنفصلة أو المستطيلات في الفيديو، لا سيما خلال الحركة السريعة التي تشمل مناطق كبيرة من الصورة. لاحظ الصورة الموجودة على اليمين.

العينات Video Sampling

لكن عند الحديث عن ضغط الفيديو Video Compression لا بد من التطرق لبعض العمليات التي تجرى عليه للوصول الى الفيديو المضغوط. أحد هذه العمليات هي أخذ العينات Sampling .

سنتحدث هنا عما يسمى بعينات الألوان كعملية من عمليات ضغط الفيديو حيث تسخدم في ذلك ما يسمى ب Chroma Subsampling. فماذا يتم في تلك العملية؟ وكيف تؤثر أوضاع أخذ العينات المختلفة على جودة الصورة.

تتم هذه العملية من خلال تقليل كمية معلومات اللون في إشارة الفيديو للسماح بمزيد من بيانات السطوع بدلاً من ذلك، يسمح الاختزال الجزئي للألوان Chroma Subsampling بالحفاظ على وضوح الصورة مع تقليل حجم الملف بشكل فعال بنسبة تصل إلى 50٪.

ما هي عملية الاختزال الفرعي للألوان Chroma Subsampling؟ كيف تعمل، أو ماذا تفعل؟

تنقسم إشارة الفيديو الرقمي إلى جانبين مختلفين من المعلومات : معلومات (الضوء) ومعلومات اللون، (luminance information and color information) يحدد (الضوء – السطوع) ، أو الاختصار luma ، معظم الصورة لأن التباين هو ما يشكل الأشكال التي تراها على الشاشة .على سبيل المثال ، لن تبدو الصورة بالأبيض والأسود أقل تفصيلاً من الصورة الملونة . تعد معلومات اللون مهمة أيضًا ولكن لها تأثير بصري أقل .ما يفعله الاختزال الفرعي subsampling هو تقليل كمية معلومات اللون في الإشارة للسماح بمزيد من بيانات (الضوء / Luma) بدلاً من ذلك .يتيح لك ذلك الحفاظ على وضوح الصورة مع

تقليل حجم الملف بشكل فعال حتى 50٪ . في فورمات YUV ، تمثل (luma) أو الإضاءة 1/3 الإشارة فقط ، لذا فإن تقليل كمية بيانات اللون يساعد كثيرًا . نظرًا لقيود النطاق الترددي Bandwidth من سرعات الإنترنت و HDMI ، فإن هذا يجعل الاستخدام أكثر كفاءة للأنظمة الحالية.

يتمتع النظام البصري البشري بفهم للتغيرات في اختلافات الألوان بطريقة أقل بكثير مقارنة بالسطوع

(الضوء) brightness . يعزز Chroma subampling هذه الحقيقة عن طريق تقليل كمية معلومات اللون في إشارة الفيديو للسماح بمزيد من بيانات الضوء luminance بدلاً من ذلك .بمعنى آخر ، يتم أخذ عينات من مكونات اللون بدرجة أقل من الضوء(السطوع) يعتبر Chroma subampling نوعًا من الضغط الذي يقلل من معلومات اللون لصالح بيانات الضوء (السطوع luminance data) هذا يقلل من النطاق الترددي المستخدم bandwidth دون التأثير بشكل كبير على جودة الصورة.

يسمح تقليل معلومات الألوان بانتقال إشارة الفيديو بكفاءة عبر كبلات HDMI ذات النطاق الترددي المحدود وعبر الإنترنت .نظرًا لأن عينك أقل حساسية للألوان من السطوع ، فلن تلاحظ اختلافًا كبيرًا في الجودة عند مشاهدة الفيديو.

عند الحديث عن عملية اخذ عينات الألوان Chroma subampling أو مايسمى بالاختزال الفرعي أو العينات الفرعية لا بد من شرح الألوان الأساسية وطريقة التعامل معها .

ما الفرق بين RGB و YCbCr ؟

ربما تكون معتادًا على نموذج RGB لعرض الصور الملونة الرقمية ، حيث يتم تشكيل ألوان مختلفة من خلال الجمع بين الألوان الأساسية الثلاثة للضوء – الأحمر والأخضر والأزرق (RGB) بنسب مختلفة . ومع ذلك ، هل تعلم أنه بالإضافة إلى RGB ، يمكن أيضًا تسجيل معلومات الألوان باستخدام طريقة تسمى "YCbCr"؟ في الواقع، يتم تسجيل صور JPEG باستخدام إشاراتYcbCr .

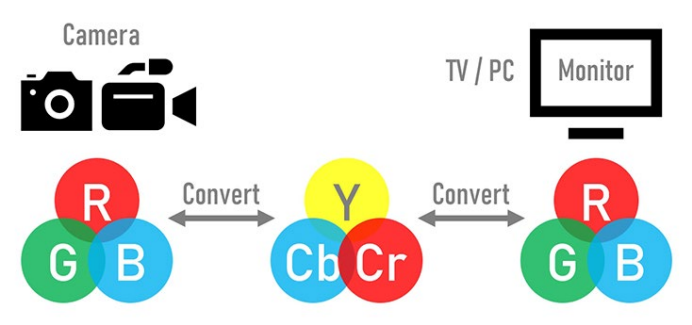
ما هي YCbCr ؟

تستخدم YCbCr ثلاث إشارات لونية مختلفة يمكنها عند دمجها نسخ صورة ملونة:

- الضوء (السطوع– Y – Luminance (brightness
- اختلاف اللون الأزرق (Blue colour difference) – Cb
- اختلاف اللون الأحمر (Red colour difference) – Cr

تعود أصول YCbCr إلى البث التلفزيوني . عندما كان العالم ينتقل من البث بالأبيض والأسود إلى البث الملون ، سمح باستخدام إشارة واحدة فقط لبث كل من صور الأبيض والأسود والصور الملونة. يمكن لأجهزة التلفزيون بالأبيض والأسود استخدام إشارات Y (السطوع) فقط لعرض الصور بالأبيض والأسود ، بينما تستخدم أجهزة التلفزيون الملونة أيضًا إشارات Cb و Cr لعرضها بالألوان . وهناك أيضا طرق تشفير مماثلة هي YUV و YpbPr .

عملية تحويل RGB إلىYCbCr



1- تولد الكاميرا صورة RGB من الضوء الذي يستقبله مستشعر الصورة sensor .

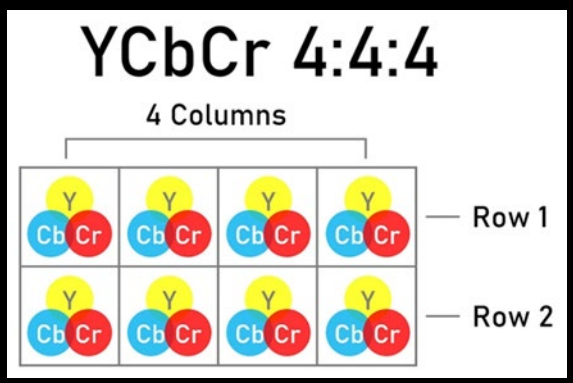
2 - يتم ترميز صورة RGB في إشارة YCbCr، وهو ما يتم تسجيله ونقله إلى أجهزة العرض .

3 - يقوم جهاز العرض (الكمبيوتر أو جهاز التلفزيون أو الشاشة) بفك ترميز إشارات YCbCr وتحويلها مرة أخرى إلى RGB للعرض.

كيف يعمل ترميز الألوان ؟

تتم هذه العملية عن طريق أخذ عينات اللون لكل 8 بكسل في مصفوفة 4 × 2 (الصورة ادناه على اليسار)

يتم تسجيل قناة السطوع (Y)لجميع أعمدة البكسل الأربعة، ومن هنا يأتي الرقم الأول "4."
يشير الرقم الثاني إلى عدد إشارات اختلاف اللون (CbCr) المسجلة من الصف الأول من وحدات البكسل.
يشير الرقم الثالث إلى عدد إشارات اختلاف اللون (CbCr) المسجلة من الصف الثاني من وحدات البكسل.



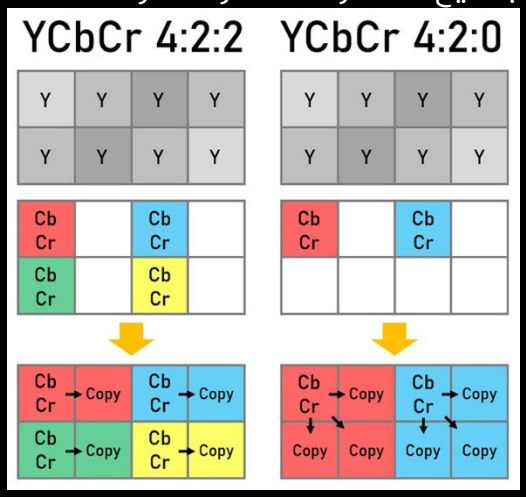
YCbCr 4: 4: 4 غير مضغوط Uncompressed

عندما يتم تسـجيل معلومات CbCr من جميع وحدات البكسل بصيغة 4: 4: 4 (يعني أن كل وحدات البكسل تم اخذ عينات منها)، تتم الإشـــارة إلى أخذ العينات

الفرعية للون على أنه 4: 4: 4 (بدون اختزال عينات فرعية) . وهذه الصـــيغة توفر أعلى جودة فيديو. مثال على هذا النوع ملفات الفيديو الخام RAWالمســـجلة بصـــيغة 4: 4: 4 ، ولذلك ينتج عنها ملفات كبيرة الحجم وسوف نتناولها في وحدة منفصلة.

لكن للحصول على ملفات بحجم أصغر، نحتاج إلى أن نتخلص من بعض معلومات الألوان لضغط الملف .تتمثل إحدى الطرق في أخذ العينات الفرعية (الاختزال الفرعي subsampling) ، حيث لا يتم تسجيل كل المعلومات من بعض وحدات البكسل.

وهنا كيف تتم تسجيل المعلومات من وحدات البكسل المختلفة بالصيغ المضغوطة الأكثر انتشارا :



- **الاختزال الفرعي subsampling YCbCr 4: 2: 2**

يتم تسجيل قيم السطوع(Y) luminance كاملة (4) ، وبالنسبة للألوان ،في كل صف بكسل ، يتم تسجيل إشارات CbCrلوحدتي بكسل فقط (2) .

- **الاختزال الفرعي subsampling YCbCr 4: 2: 0**

يتم تسجيل قيم السطوع (Y) luminance كاملة (4). بالنسبة للألوان في الصف العلوي، يتم تسجيل إشارات CbCrلوحدتي بكسل فقط (2) . ولا يتم تسجيل إشارات CbCr من وحدات البكسل الموجودة في الصف الثاني (0) .

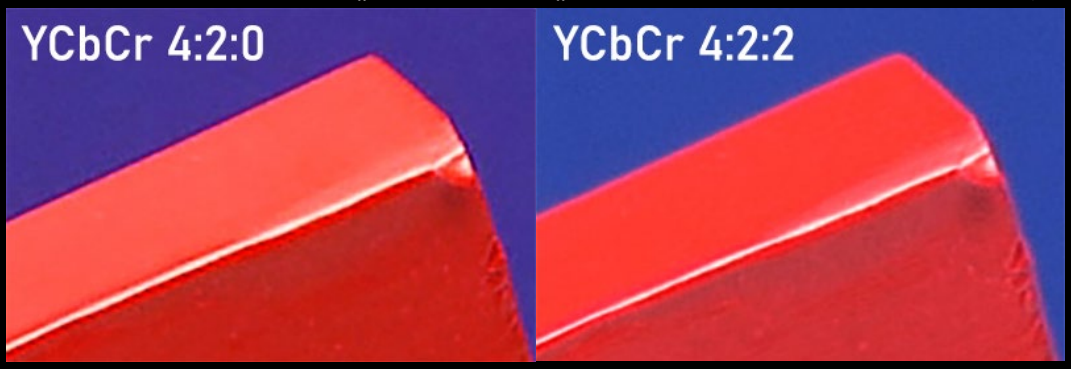
فيما يلي شرح ملخص لعملية أخذ عينات لونية فرعية (اختزال فرعي) chroma subsampling :

- 4 :4 :4 تستخدم للإشارة غير المضغوطة بدون تقليل اللون ، حيث تحصل على دقة ألوان أفقية ورأسية كاملة دون فقدان الجودة .هناك أيضًا 4: 4: 4: 4 ، حيث الأربعة الرابعة عبارة عن قناة شفافية Alpha Channel .
- 2 :2 :4 لديها نصف درجة اللون 4: 4: 4 ، دقة اللون الأفقية تصل إلى النصف مقارنة مع الإضاءة luma وهذا يقلل من حجم ملف الصور بمقدار الثلث ، مع القليل من الضغط أو عدم وجوده على الإطلاق. عادة ما يتم استخدام 4: 2: 2 في ألعاب الفيديو وبعض أنواع الفيديو الاحترافي القديمة مثل Digital Betacam و DVCPRO 50 وMPEG-2 .

- في 4: 2: 0 يتم أخذ 4 عينات الإضاءة luma . ويتم أخذ عينات من نصف وحدات البكسل الموجودة في الصف الأول فقط ، ويتم تجاهل الصف الثاني . مع انخفاض معدل أخذ العينات إلى النصف أفقيًا ورأسيًا، فإن 4: 2: 0 تحتفظ عمليًا بجودة بصرية لا بأس بها لكن ليس كسابقاتها .

ولكن قد تسأل ، هل هناك دليل عملي على أهمية هذه العملية . الجواب هنا في الصور أدناه:

إنظر الى الصورتين أدناه عن كثب .ما هي الاختلافات التي يمكنك رؤيتها؟



تُظهر الصورتان أعلاه نفس الموضوع ، وتم تسجيلهما بإشارات 2: 2: 4 و 0: 2: 4 على التوالي .لاحظ حواف المكعب الأحمر على الخلفية .هل لاحظت وجود ما يسمى بنزيف في اللون وخطا في الألوان على حواف الهدف والخلفية في الصورة 0: 2: 4؟ في المقابل، تكون الحواف أكثر وضوحًا ودقة في صورة 2: 2: 4 .لهذا السبب، فإن تصوير الكروما (شاشة خضراء chroma key) بصيغة 2: 2: 4 يعطي نتائج أفضل. هذا فقط مثال واحد بسيط على أهمية اختيار الصيغة الأفضل في عملية الاختزال الفرعي Chroma (colour) subsampling.