تكنولوجيا إنتاج الصورة التليفزيونية العالية التباين HDRTV ودورها في حل مشكلات فروق التباين أثناء البث المباشر لتغطية الأحداث الكبيرة

HDRTV Production Technology and its Role in Solving the Problems of Contrast Differences During the live Broadcast to Cover Major Events

م.د/ محمود صالح أحمد

مدرس بقسم الفوتوغرافيا والسينما والتليفزيون، المعهد العالي للفنون التطبيقية، التجمع الخامس
Dr.mahmoudsaleh.eg@gmail.com

ملخص البحث: Abstract

يتغلب التصوير بتقنية HDRTV على قيود التصوير التقليدي من خلال إجراء مجموعة من العمليات على بيانات الألوان بدقة أعلى بكثير مما يحسن ظروف المشاهدة حيث يمكن لفيديو SDR التقليدي (النطاق الديناميكي القياسي) عرض ما يصل إلى 16 مليون لون باستخدام التدرج اللوني BT.709 القياسي في الصناعة لشاشات 8 بت، المصممة أصلاً لتلفزيونات أنبوب أشعة الكاثود بينما يمكن للشاشات الأحدث الآن أن تدعم مساحات ألوان 10 بت أوسع بكثير بما في ذلك BT.2020 لـ SDR و BT.2100 لـHDR، القادرة على عرض أكثر من مليار لون.

ويتم تقديم محتوى HDR بالفعل بواسطة منصات البث الرئيسية لأنه يوفر مزيدًا من الواقعية والعمق لتجربة مشاهدة سينمائية وعندما يتعلق الأمر بالأحداث الحية (البث المباشر) وخاصة الاحداث الرياضية، فإن تقنية HDR تجعل الحركة تنبض بالحياة بين الملعب واللاعبين والمشجعين والمشهد الخارجي حيث يمكن أن يتم تضمين HDR مع محتوى بدقةUHD 4k

ومن أهم الاعتبارات الرئيسية عند تنفيذ HDR هو كيفية ضمان التوافق مع أجهزةSDR (النطاق الديناميكي القياسي) القديمة ويعد التوافق مع الإصدارات السابقة أمرًا مهمًا في بيئات البث حيث يحتاج مقدمو الخدمة إلى التأكد من إمكانية عرض المحتوى على أجهزة تلفزيون SDR القديمة وستدعم معظم أجهزة التلفزيون ذات الشاشات الكبيرة الموجودة في السوق اليوم تنسيق HDR واحدًا على الأقل للمستهلك بما في ذلك HDR10 و + DR10وDolby Visionو HLGوPQ

ويتبع الدارس المنهج الوصفي للحصول على المعلومات لتكنولوجيا التليفزيون العالي التباين والاستفادة من تلك المعلومات في تطبيقها داخل التليفزيون المصري للوصول لمستوى صورة تعمل على جذب المشاهد وعودة الريادة للتليفزيون المصري.

كلمات دالة: Keywords

التليفزيون عالي التباين HDRTV- النطاق الديناميكي القياسي SDR- معيار HLG Hybrid Log- Gamma -معيار PQ- البيانات الوصفية Static metadata- البيانات الوصفية الديناميكية Dynamic metadata

Paper received 16th March 2023, Accepted 26th May 2023, and should appear online on July 1, 2023.

المقدمة: Introduction

تواجه المؤسسات الإعلامية مجموعة متزايدة الاتساع من المعايير التقنية عند تقديم الخدمات السمعية والبصرية عبر البث التقليدي والتوزيع عبر الإنترنت والأنظمة الهجينة ولطالما عملت صناعة الفيديو على تحسين تجربة مشاهدة التلفزيون منذ أكثر من عقد من الزمان، ولقد قدم الانتقال من SD إلى HD تحسينات كبيرة على جودة صورة الفيديو وقد كان هناك الكثير من النقاش حول Ultra-HD وذلك في محاولة لزيادة مبيعات طرز التلفزيون المتطورة ذات الشاشات الأكبر من جانب مقدمي الخدمة ولقد استغرقت هذه التحولات التكنولوجية تاريخياً ووقتاً طويلاً حيث يوجد عناصر متعددة يجب أن تكون في مكانها الصحيح ومنها التوافر الواسع للمحتوى الجديد، وقاعدة مثبتة كافية من أجهزة التلفزيون، وتكلفة معقولة للمعدات الجديدة على كل من جانبي الصناعة والمستهلك النهائي.

ولقد أظهرت الدراسات المختلفة أن التركيز على تقديم المزيد من وحدات البيكسل سيكون له تأثير محدود على تجربة المشاهدة مع تكبد تكلفة إضافية عبر سلسلة قيم تسليم المحتوى بأكملها. من ناحية أخرى، هناك إجماع عام داخل الصناعة على أن فيديو النطاق الديناميكي العالي (HDR) سيحسن بشكل كبير تجربة مشاهدة المستخدم ويمكن أن يطلق العنان لإمكانيات Ultra-HD [٩] حيث تم تقديم شاشات تلفزيون 4K فائقة الدقة (UHD) في عام ٢٠١٢، مع وعد بتغيير التلفزيون بشكل جذري من خلال الحصول على أربعة أضعاف الدقة المكانية للتلفزيون عالي الدقة (HDTV) نظرًا لأن تصور الدقة المكانية يرتبط ارتباطًا وثيقًا بحجم الشاشة ومسافة المشاهدة وتشير الأبحاث إلى أن زيادة الدقة وحدها سيكون لها تأثير محدود على المستهلك لذلك، هناك تحسينات أخرى قيد الدراسة بشكل متزايد لتحسين تجربة المشاهدة. يتضمن ذلك توحيد ٥٠ و٦٠ إطارًا في الثانية الممسوحة ضوئيًا تدريجيًا (fps)، أو ربما معدلات إطارات أعلى، لتحسين تمثيل الحركة؛ ومجموعة ألوان أوسع، مما يسمح بتمثيل الألوان ليكون أقرب إلى نظام الرؤية البشرية (HVS). ومع ذلك، على مدى السنوات القليلة الماضية، برز أحد أهم الجوانب التي كان له أكبر تأثير على تطوير تجربة المشاهدة أو الواقعية التلفزيونية وهذا هو النطاق الديناميكي العالي (HDR) [٨] تشير ردود الفعل الأولية على محتوى (4k) UHD وHDR إلى إعجاب المستهلكين بالفرق الملحوظ الذي يرونه في برمجة HDR حيث تبرز الألوان والتفاصيل وتعمل هذه التقنية على زيادة عدد وحدات البيكسل، مما ينتج عنه مجال رؤية أكبر للقطات الطويلة أو زيادة التفاصيل في اللقطات القريبة. نظرًا لأن HDR يعمل عن طريق تحسين جودة وحدات البيكسل، فإن التأثير يمكن تمييزه بسهولة بالعين البشرية ويتم تقديم تلك التقنية HDR بشكل عام على أنها التقنية التالية في تقديم المحتوى [٦]

مشكلة البحث: Statement of the Problem

تكمن المشكلة في بعد المشاهد وقلة المتابعة للتليفزيون المصري وذلك لعدم استخدامه وإلمامه لأحدث التقنيات في مراحل الإنتاج المختلفة للصورة التليفزيونية ويظهر ذلك بوضوح في التغطيات المباشرة للأحداث الكبيرة مثل أنشطة رئاسة الجمهورية ومباريات كرة القدم والحفلات الغنائية وخصوصاً في ظروف التصوير ذات التباين العالي أو ذات فروق اضاءة عالية:

وتكمن المشكلة:

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

1- كيفية الاستعانة بوسائل التكنولوجية الحديثة في التصوير بما يحقق الجاذبية البصرية للمشاهد المصري.
2- إلى أي مدى يؤثر استخدام التكنولوجيا التكنولوجية الحديثة في تفكير مدير التصوير ما ينعكس على التصميم النهائي للصورة.

أهداف البحث: Research Objectives

يهدف البحث إلى:
1- إلقاء الضوء على تكنولوجيا التليفزيون العالي التباين HDRTV بهدف الاستفادة منها في الوصول على صورة أقرب ما يمكن إلى رؤية عين الإنسان.
2- استفادة مدير التصوير من التكنولوجيا الحديثة للتقليل من الفروق البينية بين مساحات الإضاءة في التغطيات المباشر مما يساهم بجودة اعلي للصورة التليفزيونية.

أهمية البحث: Research Significance

تكمن أهمية الدراسة أنها ضمن الدراسات التي تتناول التطور التكنولوجيا الخاصة بالتليفزيون والتحديات للحصول على صورة ذات جودة عالية بالإضافة إلى الوضوح العالي وذلك للوصول إلى صورة تليفزيونية أقرب إلى رؤية العين البشرية من خلال تقنية HDRTV وكيفية استفادة التليفزيون المصري من هذه التقنية في التغطيات المباشرة للأحداث التليفزيونية وذلك للاحق بركب التطور وعودة المشاهد مرة أخرى للالتفاف حول شاشة التليفزيون المصري.

فروض البحث: Research Hypothesis

1- يعاني مدير التصوير أثناء البث المباشر للأحداث التليفزيونية الكبيرة وخصوصاً في التوقيتات ذات التباين العالي مثل أوقات الظهيرة وعدم قدرته على التحكم في درجات التباين العالية فإنه نة بحاجة إلى تكنولوجيا قادرة على تقليل تلك الفروق ولذلك جاءت الحاجة إلى تكنولوجيا التليفزيون العالي التباين HDRTV.
2- أن المزج بين التكنولوجيا التي وصل إليها التليفزيون حالياً وهي UHDTV وتكنولوجيا التليفزيون العالي التباين HDRTV مما يساعد مدير التصوير على زيادة في مساحات التباين وزيادة في مساحات الألوان مما يعني صورة جودة أفضل من الحالية.
3- أن استخدام تقنية HDRTV في عمليات البث المباشر قد يساعد مدير التصوير في تقليل استخدام معدات الإضاءة مما يعني تقليل التكلفة.
4- أن جودة الصورة التليفزيونية العالية للتليفزيون العالي التباين إذا استخدمت على نطاق واسع داخل التليفزيون المصري وخصوصاً في التغطيات المباشرة فإن ذلك سوف يؤدي إلى زيادة المتابعة لقنوات التليفزيون المصري وعودة المشاهد مرة أخرى.

حدود البحث: Research Limits

- **حدود موضوعية:** تكنولوجيا التليفزيون العالي الحدة- البث المباشر
- **حدود زمانية:** ٢٠١٢- ٢٠٢٠.
- **حدود مكانية:** "المملكة المتحدة" إنجلترا - جمهورية مصر العربية.

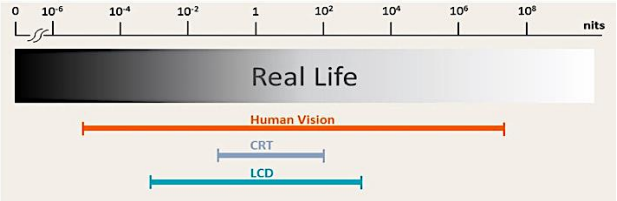
منهج البحث: Research Methodology

يتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي حيث اقتضت الدراسة استخدام المنهج الوصفي للحصول على معلومات حول تكنولوجيا إنتاج التليفزيون العالي التباين HDRTV وإبراز مميزات تلك التقنية في الحصول على صورة تليفزيونية مميزة والاستفادة منها في مرحلة البث المباشر للأحداث الكبيرة وتغطية أعمال الإذاعات الخارجية.

الإطار النظري: Theoretical Framework

ما هو HDR ؟ هو زيادة السطوع والتباين

غالبًا ما تُستخدم نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) للتعبير عن النطاق الديناميكي للكاميرا الرقمية وفي هذا السياق يتم قياسها عادةً على أنها نسبة الكثافة التي تشبع مستشعر الصورة فقط إلى الحد الأدنى من الشدة التي يمكن ملاحظتها فوق مستوى ضوضاء المستشعر(١) وهي تقنية تسمح بتباين أعلى بين المناطق المظلمة والمشرقة في الصورة وتاريخيًا كان نقل الفيديو قد حد من سطوع الصور إلى حوالي 100 nits وقد كان هذا القيد بسبب الخصائص الفيزيائية لأجهزة التلفزيون التي تعمل بتقنية CRT TV وبالمقارنة، فإن النطاق الديناميكي للعين البشرية أكثر من ذلك بكثير ويمكن أن يتكيف مع مستويات الضوء التي تتراوح تقريبًا من 5-10 nit حتى 7+10 nits و مع ظهور تقنيات التلفزيون الجديدة مثلLCD، أصبح من الممكن الآن إعادة إنتاج صور أكثر إشراقًا ومستويات أقل من الأسود وبالتالي السماح بزيادة كبيرة في النطاق الديناميكي العام أو نسبة التباين للصورة.



شكل (١) النطاق الديناميكي لمختلف مستويات الإضاءة واستجابة كلا من العين البشرية وشاشات التليفزيون

عمق البت العالي Higher Bit-Depth :

كان ظهور Ultra-HD بمثابة علامة على الانتقال إلى عمق بت أعلى بشكل أساسي، انتقل عدد البتات المستخدمة لأخذ عينات من وحدات البيكسل من 8 بت إلى 10 بت مما يسمح بتمثيل 64 مرة أكثر من الألوان والأهم من ذلك توفير انتقالات أكثر سلاسة بين الألوان لتقليل تأثيرات النطاق.(٩)

المزيد من الألوان- مجموعة ألوان واسعة Wide Color Gamut (WCG):

يمكن أن تنتج أجهزة التلفزيون الحديثة ألوانًا أكثر من أجهزة تلفزيون CRT وبالتالي فهي قادرة على تقديم صور أكثر واقعية. حتى الآن، استخدمت الصناعة مساحة اللون Rec.7093 عبر سلسلة توصيل الفيديو. يمكن لمحتوى الفيديو المستند إلى Rec.709 إعادة إنتاج حوالي 35٪ من جميع الألوان الممكنة التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة. كان هذا القيد بسبب تقنية CRT التي قيدت نطاق الألوان التي يمكن تقديمها ويغطي قانون ITU 2020 الجديد الذي تمت الموافقة عليه في أغسطس 2012 ما يصل إلى 75٪ من جميع الألوان المرئية. تحتوي العديد من أجهزة التلفزيون الحديثة على سلسلة لونية قريبة من Rec.2020 ويشكل الجمع بين النطاق الديناميكي العالي والتدرج اللوني الأوسع وعمق البت الأعلى الي ما تشير إليه الصناعة باسم HDR. كما في شكل ٢.

شكل (٢) يشكل الجمع بين النطاق الديناميكي العالي والتدرج اللوني الأوسع وعمق البت الأعلى ما تشير إليه الصناعة باسم HDR.

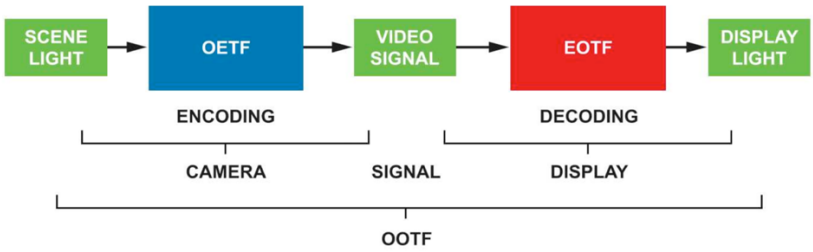
خواص المادة

يمكن لفيديو SDR التقليدي (النطاق الديناميكي القياسي) عرض ما يصل إلى 16 مليون لون باستخدام التدرج اللوني BT.709 القياسي في الصناعة لشاشات 8 بت، المصممة أصلاً لتلفزيونات أنبوب أشعة الكاثود. يمكن للشاشات الأحدث الآن أن تدعم مساحات ألوان 10 بت أوسع بكثير بما في ذلك BT.2020 لـ SDR و BT.2100 لـHDR، القادرة على عرض أكثر من مليار لون.

يتم تقديم محتوى HDR بالفعل بواسطة منصات البث الرئيسية لأنه يوفر مزيدًا من الواقعية والعمق لتجربة مشاهدة سينمائية. عندما يتعلق الأمر بالأحداث الحية، وخاصة الرياضية، فإن تقنية HDR تجعل الحركة تنبض بالحياة بين الملعب واللاعبين والمشجعين والمشهد الخارجي. على الرغم من تضمين HDR غالبًا مع محتوى أحدث بدقة UHD 4k، فلا يوجد سبب لعدم إمكانية تطبيق HDR على المحتوى عالي الدقة أيضًا [١٠]

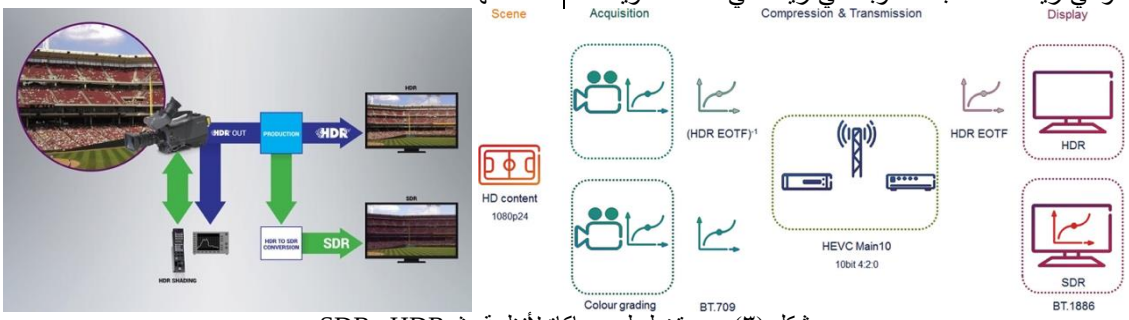
عملية تحويل ونقل الصورة العالية التباين:

تشير وظيفة النقل الكهربائي البصري (OETF) إلى الطريقة التي يتم بها ترجمة الإشارة الضوئية إلى جهد في جانب الالتقاط وهي (الكاميرا) وبالمثل تقوم وظيفة النقل البصري الكهربائي (EOTF) بتنفيذ العملية المعاكسة ويتم تنفيذها داخل التلفزيون لعرض الصورة النهائية.[٩]



شكل (٣) هذا النموذج يوضح سير عمل HDR للمساعدة في وصف التفاعل بين المراحل المختلفة بداية من OETF وهي وظيفة نقل كهربائي بصري (من الكاميرا الإشارة الفيديو) وصولا إلى EOTF هي وظيفة النقل الكهربائية إلى البصرية (إشارة الفيديو للعرض) وOOF هي وظيفة النقل البصري إلى البصري، وهذا هو سلوك النظام بأكمله [٣]

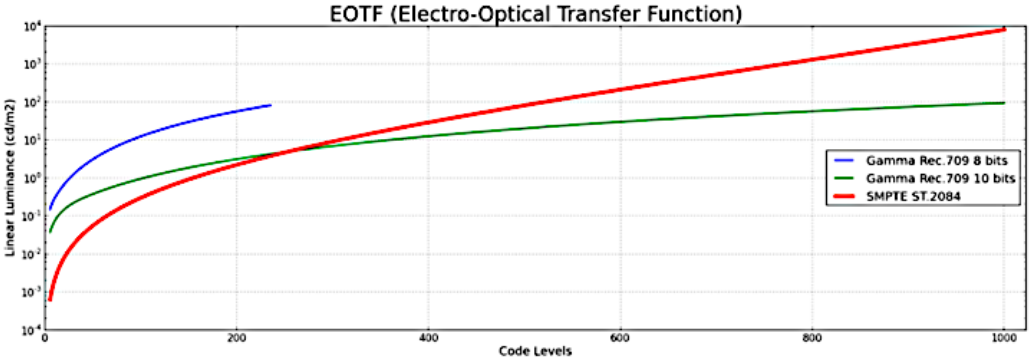
اتبعت OETF / EOTF المستخدمة لمحتوى Rec.709 ما يسمى بمنحنى جاما حتى الآن حيث تم تقديم وظيفة نقل جاما في الأصل للتعويض عن خاصية الإدخال والإخراج غير الخطية وبالنسبة لخدمات HDR، هناك رغبة تجارية في بعض الأسواق لتوفير حل يوفر توافقًا رجعيًا مع شاشات النطاق الديناميكي القياسي الحالي (SDR). ولتحقيق ذلك تم استخدام أنظمة ثنائية الطبقة حيث ان حساسية النظام البصري البشري (HVS) لمقابلة التغييرات عند مستويات الإضاءة المنخفضة نستخدم إحدى الطرق لتجنب هذه الحساسية وهي زيادة عدد البتات، وبالتالي زيادة في عدد مستويات الكم المستخدمة لتشفير البيانات. ومع ذلك، فإن هذا غير فعال نسبيًا، لأنه ينتج عنه المزيد من البيانات وزيادة في خطوات القياس الكمي عند مستويات الإنارة العالية حيث لا يستطيع HVS إدراك الفرق بينهما. الأسلوب الأكثر كفاءة الذي يستغل استجابة HVS لتباين التغييرات هو استخدام تعيين غير خطي المستخدمة لتمثيل بيانات الفيديو. يتم تعريف إحدى وظائف النقل هذه في SMPTE ST 2084 (المشار إليها فيما يلي باسم ST 2084 يتم دعم وظيفة النقل هذه بالفعل في أجهزة تلفزيون HDR للمستهلكين وكذلك واجهات المستهلك [٨]



شكل (٣) رسم تخطيطي محاكاة لأنظمة بث HDR وSDR

من أجل زيادة النطاق الديناميكي للإضاءة، هناك حاجة إلى OETF /EOTF جديد ففي عام 2014، صدقت SMPTE على ST.2084 الذي يصف EOTF جديدًا استنادًا إلى سلوك النظام البصري البشري ويسمح بقدرة نطاق إضاءة عالية من 0 to 10,000cd/m2. الذي يستخدم عينات 12 بت لتمثيل قيم النصوع بدقة ويستخدم الطراز ST.2084 الجديد الاستخدام الأمثل لبتات العينات وعلى الرغم من أنه يتطلب 12 بتًا، إلا أن أخذ العينات 10 بت يظل مقبولاً لمحتوى الحياة الواقعية بسبب مستوى الضوضاء المدمج.

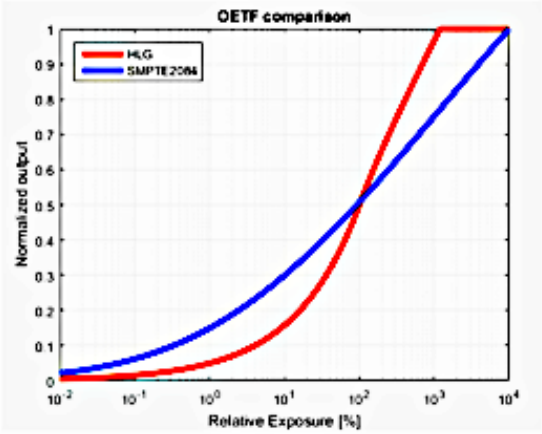
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (٤) نموذج SAMPTE ST .2084 في مقابل الأنظمة الأخرى

وهناك مقترحات لمنحنيات جاما المعدلة وتسمى أيضًا (Hybrid Gamma) التي تحاول التمسك بمنحنى جاما التقليدي قدر الإمكان والابتعاد عن الوصول إلى قيم نصوع أعلى مع زيادة السطوع والفائدة الرئيسية لمثل هذه الأساليب هي الحفاظ على التوافق مع الإصدارات السابقة وتقليل التغييرات التي تطرأ على المعدات الموجودة في عملية الإنتاج التلفزيوني.

وقد نشر قطاع الاتصالات الراديوية ITU-R، وهو قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات، في عام 2017 توصيته :ITU-R BT.2100 لقيم معلومات الصورة للرؤية التليفزيونية ذات النطاق الديناميكي العالي للاستخدام في الإنتاج وتبادل البرامج الدولية HDR-TV لاستخدامها في الإنتاج وتبادل البرامج باستخدام احدي الطريقتين (PQ- على النحو المحدد في SMPTE ST 2084) أو طريقه (Hybrid Log-Gamma HLG) (انظر الشكل ٥).



شكل (٥) مقارنة بين كلا من الطريقتين PQ – HLG

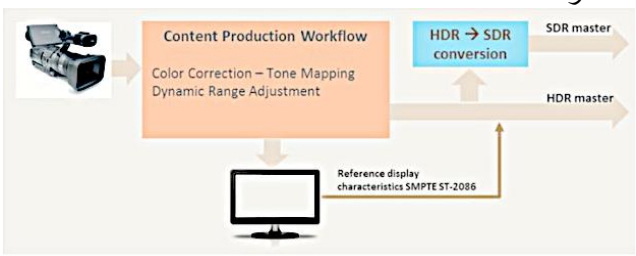
توصي ITU-R BT.2100 بما يلي: "... أنه بالنسبة لإنتاج البرامج والتبادل الدولي لتلفزيون HDR، يجب استخدام مواصفات (PQ) أو HLG ... بشكل منفصل في وظائف النقل من نظام أو آخر وليس مزجهما ".

هذا يعني أيضًا أنه لا يوجد سوى هذين المعيارين المحددين لجميع تطبيقات البث المباشر في الإنتاج وكذلك تبادل البرامج. أي نسق إنتاج آخر يتضمن تنسيقات لوغاريتمية أو RAW خاصة بالشركة المصنعة، والتي غالبًا ما تستخدم في تدفقات العمل القائمة على الملفات لتطبيقات التصوير السينمائي الرقمي، لا تعد جزءًا من توصيات الاتحاد الدولي للاتصالات. وينطبق الشيء نفسه على جميع تطبيقات المستهلك حيث تم اعتماد معيار PQ وكذلك معيار HLG على نطاق واسع في جميع التطبيقات. وهذا يعني أيضًا أن أي إنتاج لم يتم إجراؤه في أحد هذين الشكلين المحددين يجب تحويله إلى أحدهما قبل أن يتم استخدامه في تبادل البرامج الدولي أو أي شكل من أشكال التوزيع إلى المنازل.

وتسمح تدفقات العمل غير القائمة على الملفات الموصي بها باستخدام إشارات 12 بت أو 14 بت أو حتى 16 بت، ولكن أي سير عمل إنتاج مباشر متاح اليوم يقتصر على عمق 10 بت. وهذا يعني أنه في عمليات الإنتاج المباشر، يجب إجراء التحويل بين تنسيقات إنتاج HDR المختلفة في مجال 10 بت. سيؤدي تحويل تنسيق 10 بت إلى تنسيق آخر 10 بت إلى تقليل أداء الإشارة ويجب تجنبه كلما أمكن ذلك.

توافق نظام HDR مع الأنظمة الأخرى:

أحد الاعتبارات الرئيسية عند تنفيذ HDR هو كيفية ضمان التوافق مع أجهزة SDR (النطاق الديناميكي القياسي) القديمة مثل STBs وأجهزة التلفزيون التقليدية و يعد التوافق مع الإصدارات السابقة أمرًا مهمًا في بيئات البث حيث يحتاج مقدمو الخدمة إلى التأكد من إمكانية عرض المحتوى على أجهزة تلفزيون SDR القديمة والتي ستستمر في تمثيل غالبية أجهزة التلفزيون المثبتة على مدار المستقبل المنظور وقد تم طرح مجموعة متنوعة من حلول HDR المتوافقة مع الإصدارات السابقة من قبل شركات مثل BBC وDolby وPhilips وTechnicolor على سبيل المثال لا الحصر(٩)



شكل (٥) شكل يوضح سير عمل انتاج محتوي عالي التباين

ما هي أنواع التنسيقات المختلفة لتقنية HDR ؟

ستدعم معظم أجهزة التلفزيون ذات الشاشات الكبيرة الموجودة في السوق اليوم تنسيق HDR واحدًا على الأقل للمستهلك بما في ذلك HDR10 وDR10+ وDolby Vision وHLG وPQ تتطلب كل هذه الميزات، باستثناء HLG، إضافة البيانات الوصفية لتمكين جهاز التلفزيون من عرض ألوان HDR ومستويات السطوع بشكل صحيح.

يتمثل الاختلاف الرئيسي بين HDR10 وDR10+ في أن الأخير يتضمن بيانات وصفية ديناميكية يمكنها تغيير إعدادات HDR لكل مشهد، بينما يتضمن الأول معلومات HDR ثابتة للبرنامج بأكمله Dolby Vision حيث يدعم أيضًا البيانات الوصفية الديناميكية.

الفرق بين البيانات الوصفية والبيانات الديناميكية؟

البيانات الوصفية الديناميكية Dynamic metadataتعني ان سطوع التباين ومعلومات الألوان يمكن ان تتغير مع كل إطار من الفيديو بينما البيانات الوصفية static metadata يتم تعديل الإضاءة مع تغير كل مشهد وليس اطار وهي الأقرب الي المنطق (١٢)

شكل (٦) يوضح الفرق في شكل الصورة مع استخدام كلا من البيانات الوصفية والبيانات الديناميكية

HLG (hybrid log-gamma) هو تنسيق نتيجة تطور مشترك بين BBC وNHK، لا يحتاج الي أي بيانات وصفية إضافية. وبدلاً من ذلك، تعتمد HLG على وظيفة النقل الفريدة الخاصة بها (وهي معادلة رياضية تُستخدم لعرض الفيديو بشكل صحيح) والتي تتضمن منحنى إشارة مُكيف يدعم نطاقًا ديناميكيًا أعلى من SDR على الرغم من أن HLG لا توفر نفس المستوى من النطاق الديناميكي مثل تنسيقات HDR الأخرى، إلا أنها تتميز بأنها متوافقة تمامًا مع الإصدارات السابقة مع شاشات SDR .

تعتمد تنسيقات HDR الأخرى على وظيفة نقل الكميات الإدراكية والتي يشار إليها أيضًا باسم (PQ أو SMPTE ST 2084) بمفردها، لا يمكن عرض فيديو PQ على شاشة تلفزيون عادية لأنها تحتاج إلى بيانات وصفية إضافية لأحد تنسيقات المستهلك، HDR10 أو HDR10 + أو Dolby Vision. على الرغم من عدم توافق أي من تنسيقات HDR مع الإصدارات السابقة مع شاشات SDR، إلا أنها تقدم بشكل عام نتائج HDR أفضل من HLG، اعتمادًا على المحتوى. [١٠]

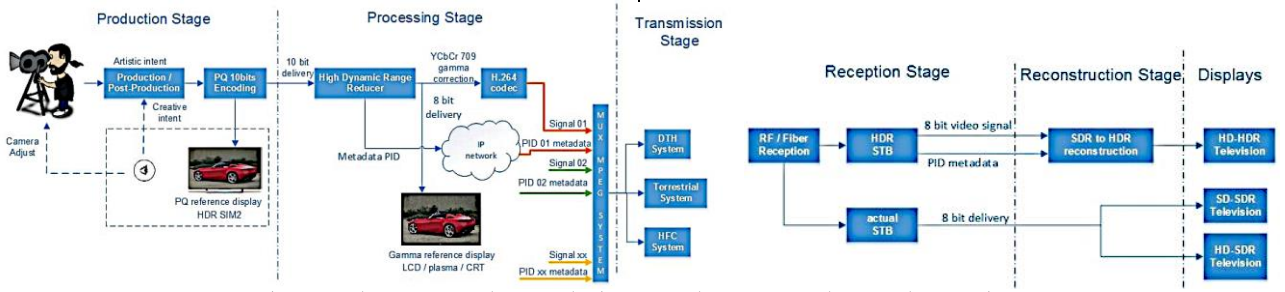
المساهمة بمحتوى البث المباشر بتقنيةHDR

تدعم جميع كاميرات التلفزيون والفيديو الاحترافية وظيفة نقل SDR للون 8 بت. ستدعم الكاميرات الأحدث أيضًا وظيفة نقل HDR، إن لم تكن كلتيهما مع تنسيقات PQ وHLG للمساهمة بالمحتوى المباشر في HDR ويجب ضبط الكاميرا نفسها على تنسيق HDR الصحيح (HLGأو PQ) حتى أن البعض سيصور مقاطع فيديو في كل من SDR وHDR في وقت واحد. [٦]

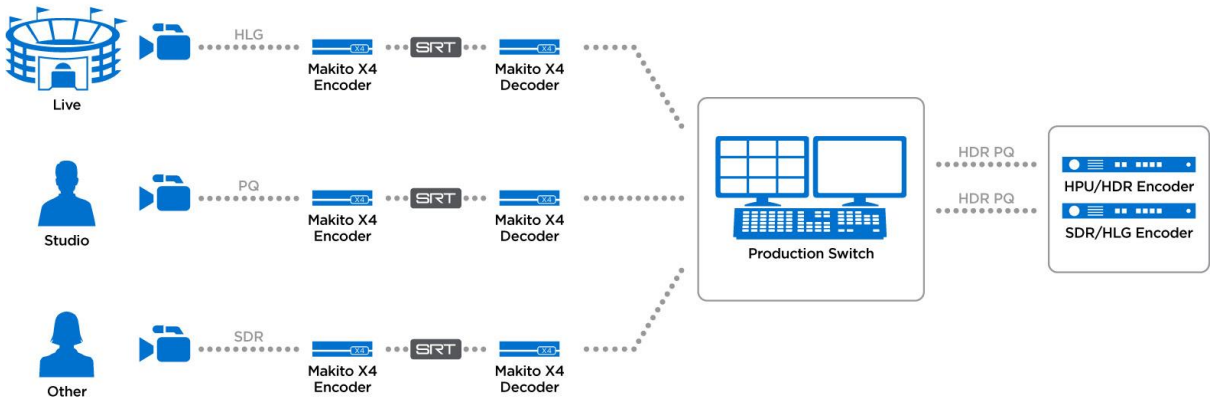
شكل (٧) يوضح خطوات بث وإرسال فيديو HDR

إذا كان الحدث المباشر يحدث من موقع بعيد، فستحتاج كاميرا HDR أيضًا إلى برنامج تشفير فيديو، مثل Makito X4 ، والذي يمكنه التشفير في HEVC أو H.264 مع وظيفة النقل الصحيحة المضمنة في الصورة الصادرة. بالعودة إلى منشأة الإنتاج، ستحتاج وحدة فك ترميز HDR أيضًا إلى أن تكون قادرة على فك تشفير محتوى فيديو HDR باستخدام وظيفة نقل PQ أو HLG.

والمخطط التالي يوضح المخطط المقترح لبيئة العمل داخل نظام العمل PQ في كلا من مرحلة الإرسال والاستقبال [٧].



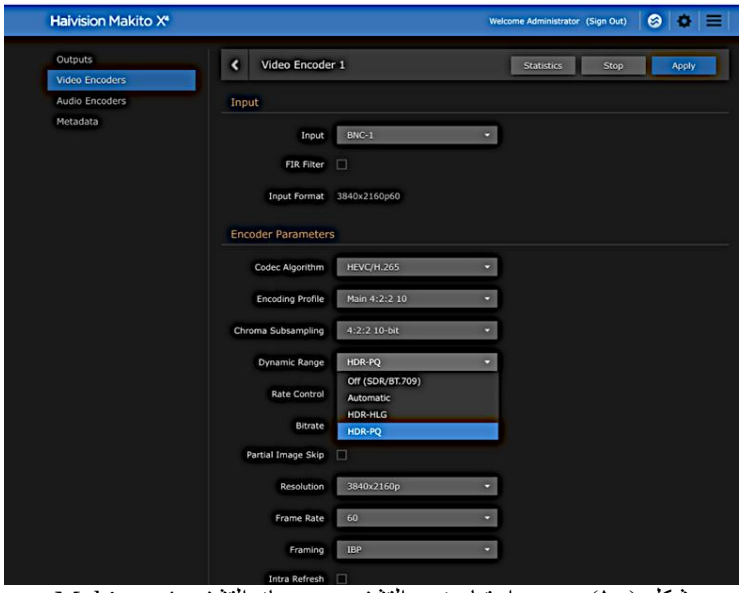
شكل (٨) المخطط المقترح في عملية الاستقبال المخطط المقترح في عملية الإرسال



شكل (٩) سير عمل HDR باستخدام كلا من Makito X4 Encoder وDecoder

بمجرد تضمين فيديو HDR في سير عمل الإنتاج المباشر باستخدام محول فيديو متوافق مع HDR من بين المعدات الأخرى، فإن الخطوة الأخيرة هي إضافة البيانات الوصفية اللازمة لـ HDR10 أو HDR10 + أو Dolby Vision باستخدام مشفر HDR أو معالج الفيديو. في بعض الحالات، يمكن استخدام نفس محتوى PQ لتنسيقي HDR في وقت واحد بينما المحتوى HLG، ليست هناك حاجة إلى بيانات وصفية إضافية.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (١٠) يوضح اختيار نوع التشفير مع جهاز التشفير Makito x4

باختصار، هناك عدة أنواع من تنسيقات HDR للمستهلكين، اعتمادًا على نوع الشاشة أو الخدمة المستخدمة. مع مراعاة التوافق مع الإصدارات السابقة، قد تختار بعض جهات البث تقديم محتوى على الهواء في HLG أثناء البث بتنسيق HDR آخر مما يمنح أجهزة العرض عبر الإنترنت خيار التبديل إلى دفق SDR. بغض النظر عن سير العمل بالضبط عندما يتعلق الأمر بالبث بتقنية HDR، من المهم التأكد من أن الكاميرا ومشفّر الفيديو لديك قادران على الالتقاط في HLG أو PQ أو كليهما.

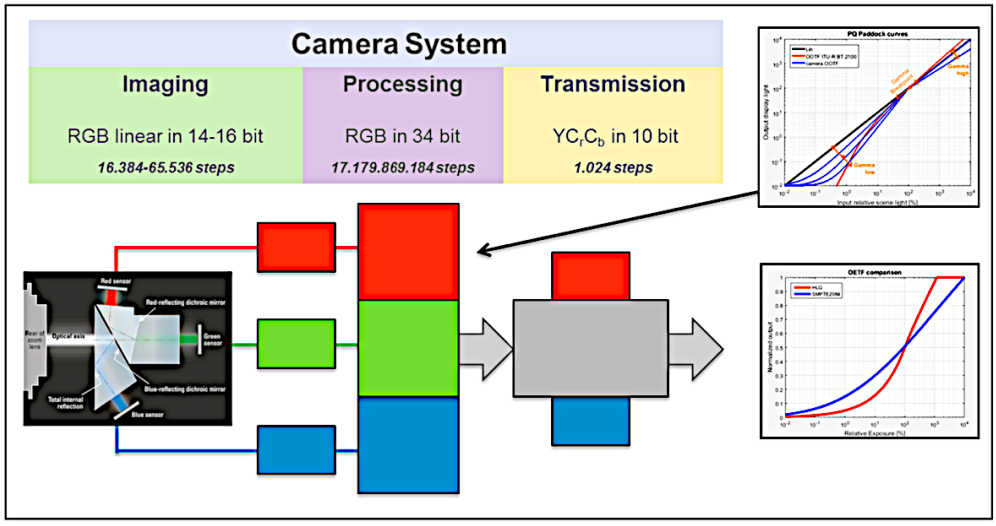
متطلبات محددة لـLive HDR

لقد تم توحيد HLG و SMPTE ST 2084 / PQ لإنتاج HDR وتبادل البرامج الدولي وقد تتيح تدفقات العمل غير القائمة على ملفات البث المباشر استخدام 12 بت أو 14 بت أو حتى 16 بت لتقديم إشارات RAW أو LOG مع أفضل أداء ممكن وبمساحة كبيرة في مرحلة ما بعد الإنتاج و نظرًا لأنه يتوفر عمق بت أعلى داخل مرحلة ما بعد الإنتاج كما هو مطلوب لإشارات الإخراج، يمكن إجراء أي تحويلات دون الحد من جودة الصورة.(٥)

ويقتصر أي سير عمل إنتاج مباشر متاح اليوم على إشارات بعمق 10 بت. وهذا يعني أنه في عمليات الإنتاج المباشر، يجب إجراء التحويل بين تنسيقات إنتاج HDR المختلفة في مجال 10 بت وسيؤدي تحويل تنسيق 10 بت إلى تنسيق آخر 10 بت إلى تقليل تنسيق ويجب تجنب الأداء والارتفاع الكبير للإشارة كلما أمكن ذلك، ويوصى بشدة باستخدام إشارات HDR الأصلية في جميع مراحل الإنتاج الكامل.

لا يمكن الإجابة على السؤال ما النسق الذي يجب استخدامه من التنسيقين لتطبيق معين؟ كلا التنسيقين لهما نقاط قوتهما وقيودهما، وأيهما يقدم أفضل حل وسط يعتمد على الظروف المحددة للإنتاج. ولكن نظرًا لأن HLG وPQ يستخدمان نطاق البتات المتاح بطريقة مختلفة.

إن التحدي الآخر الذي يواجه إنتاجات HDR مباشر هو أن المستخدمين يطلبون التحكم الفني في مظهر الصور حيث أصبح هذا واضحًا من أول إنتاجات اختبار HDR المباشر في عام 2014 حيث طلب مهندسو الرؤية طرقًا لتعديل مظهر صور HDR تم تنفيذ مجموعة جديدة من عناصر التحكم في أحدث الكاميرات التي تدعم تقنية HDR والتي تسمح بتعديل منحنيات HLG أو PQ لتحقيق مظهر معين للصورة إذا تم تعديل منحنى HDR المحدد بعد إخراج الكاميرا (مما يعني في مجال 10 بت)، فسيؤدي ذلك إلى تقليل مساحة الإشارة. لذلك من المهم أن يسمح سير عمل HDR المحدد بالحصول على هذه الوظائف داخل رأس الكاميرا حيث يتوفر عمق بت أكبر بكثير، مع الحفاظ على أداء HDR الأصلي الكامل 10 بت (انظر الشكل ٩).



شكل (١١) مخطط سير العمل لتشغيل كاميرا HDR مع التحكم في الخصائص الفنية داخل الكاميرا

تدفقات العمل المتوافقة مع HDR / SDR:

يعد سير العمل الموازي الكامل لـ HDR وSDR أسهل طريقة لإنتاج كل من HDR و SDR في نفس الوقت، من نظام كاميرا واحد عبر سلسلة الإنتاج الكاملة (انظر الشكل ١٠)

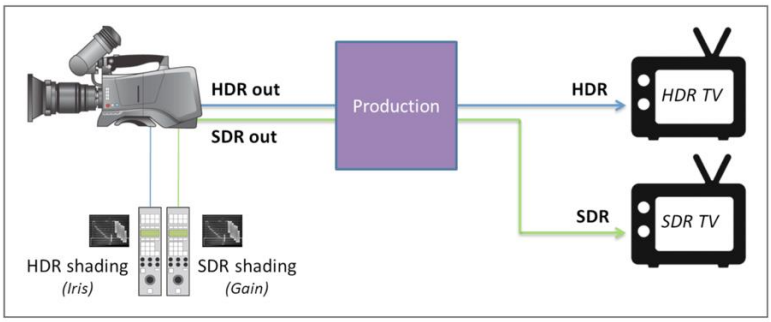


Figure 6 – Parallel HDR and SDR workflow.

شكل (١٢) يوضح بيئة العمل بالتوازي بين كلا من النظامين HDRو SD

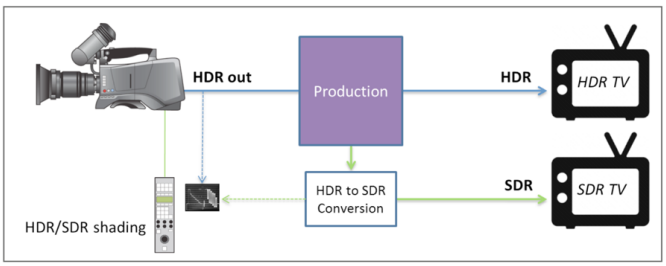
في سيناريو متوازي كامل، تقدم الكاميرا إشارتين متزامنتين، أحدهما HDR والآخر SDR. في سير عمل إنتاج HDR و SDR المتزامن هذا، يتم ضبط فتحة عدسة الكاميرا على إخراج HDR ويتم استخدام الكسب SDR للتحكم في إخراج SDR إلى المستوى المطلوب. طالما أن إضاءة المشهد لا تتغير بشكل كبير ، فلن تحتاج قزحية العدسة إلى التغيير وسيكون الاختلاف المعتدل في حالة الإضاءة داخل حيز الرأس لإخراج HDR.

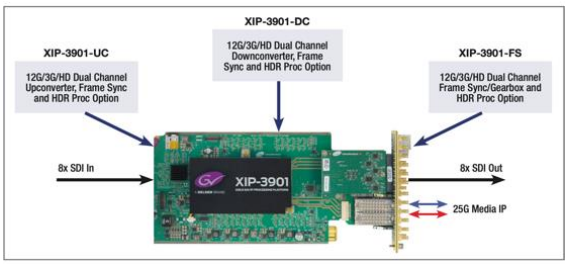
ولكن قد لا يكون مقبولاً على المدى الطويل. إنه يشبه الأيام الأولى للعرض عالي الدقة، عندما كانت المنتجات الرياضية عن بُعد تستخدم شاحنات وأطقم SD و HD منفصلة.

يتمثل أحد البدائل لسير العمل الموازي الكامل لـ HDR / SDR في استخدام إشارات HDR الطبيعية فقط من الكاميرا ثم إجراء تحويل HDR إلى SDR في مكان ما أثناء الإنتاج. في حين أن هذا يبسط سير العمل ويقلل من كمية الموارد المطلوبة ، على عكس سير عمل HDR / SDR المتوازي ، لا يوجد تحكم منفصل لمخرجات SDR وHDR، ولا يمكن التحكم في كسب SDR بشكل مستقل من إشارة HDR. نتيجة لذلك، يعتمد النجاح على جودة تحويل HDR إلى SDR في جميع أنواع ظروف الإضاءة.[٥]

سير عمل محسن متوافق مع HDR / SDR للبث المباشر:

للحصول على أفضل النتائج في إطار أوسع نطاق من بيئات الإنتاج، يوصي Grass Valley بسير عمل HDR أصلي حيث يتم اشتقاق SDR عن طريق التحويل كما في شكل (13).





شكل (١٣) يوضح بيئة العمل مع محول للتحويل بين HDRوSD

حيث يتوفر حل فائق المرونة للإنتاج متعدد الأشكال حيث يمكن لـ XIP-3901 رفع / خفض التحويل بين HD وUHD4k وفي نفس الوقت التحويل بين SDR وHDR وبين BT.709 و BT.2020 كما في الشكل السابق.

وبغض النظر عن القصد الفني والتكوين، فإن التعريض وإدارة الألوان هما عنصران أساسيان يحتاجهما مدير التصوير لإتقانهما والتحكم فيهما لتجنب الأخطاء المكلفة الناتجة عن الاخطاء التي لا يمكن إصلاحه في مراحل مثل المونتاج فكيف تؤثر هذه التقنيات الجديدة على سير العمل الحالي؟

يمكن استخدام دقة الصور التالية لإنشاء المحتوى وتوزيعه:

- 3840 × 2160
- 3200 × 1800
- 2560 × 1440
- 1080 × 1920

معدل الإطارات:

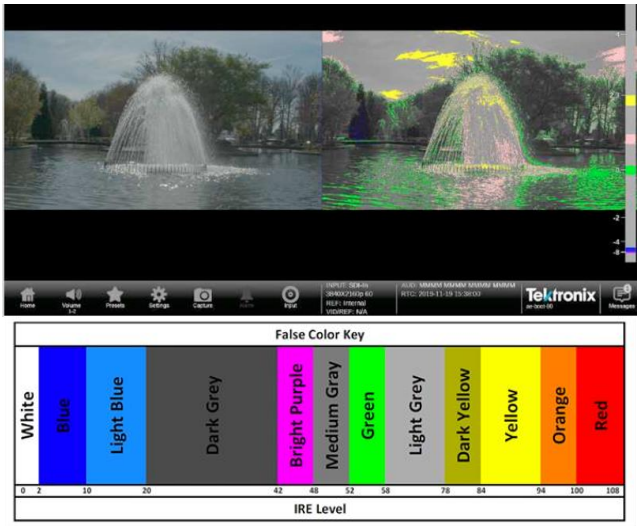
سيتم دعم معدلات الإطارات المستخدمة بشكل شائع في مناطق 60 هرتز في معدلات الإطارات عالية الدقة وSD القائمة على 50هرتز وسيتم استخدام معدلات الإطارات التالية لتوزيع المحتوى.

- 25 frames/second
- 50 frames/second

في البداية تتمحور عملية التعريض الضوئي حول التحكم في كمية الضوء التي تدخل الكاميرا وتصل إلى المستشعر فمن المهم التأكد من عدم تعريض أي صورة بشكل زائد overexposed حتي لا يتم فقد معلومات في مناطق الإضاءة العالية، والتأكد من عدم تعريض الصورة أيضاً بشكل underexposed تعريض ناقص مما يؤدي إلى فقد المعلومات في مناطق وللتعامل مع التعرض بشكل صحيح، لا يمكن لمدير التصوير الاعتماد علي النظر إلى الشاشة لا تقدم الشاشة أي مؤشر على مستويات التعرض الصحيحة حيث يؤدي تطبيق صورة HDR على شاشة قياسية إلى إنتاج صورة تبدو "باهتة". حتى مع تطبيق LUT للتعويض عن ذلك وقد تتحسن الصورة ولكنها قد لا تعكس بدقة الصورة النهائية المطلوبة بسبب اختلافات الاستجابة لشاشات LCD والشاشات الخارجية وهناك نوعان من الأدوات الشائعة المستخدمة لمساعدة المصورين أو مشغلي الكاميرا في إدارة التعريض، وهما Waveform و False Color display

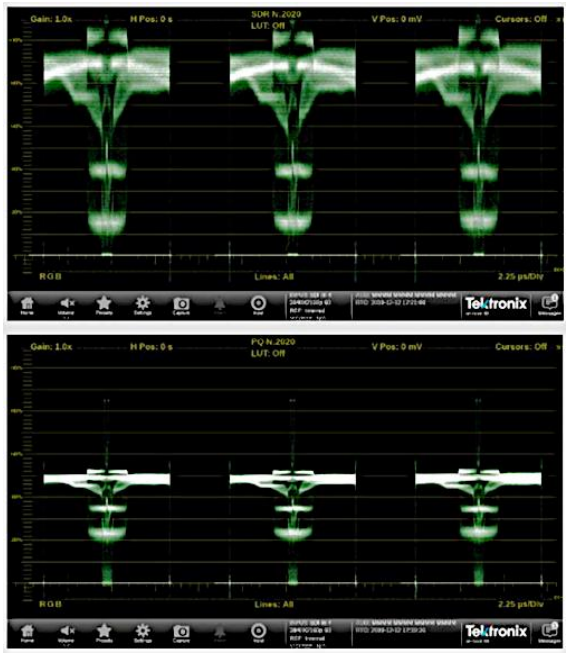
ويظهر في شكل (١٤) شكل موجة SDR (أعلى) وHDR (أسفل) لنفس الصورة حيث نلاحظ شكل موجة SDR قد تم قص الإبرازات ويظهر انعكاس 90٪ الأبيض عند هذا المستوى على مقياس النسبة المئوية IRE. بينما شكل موجةHDR ، تلتقط المستويات البيضاء لتكون علامة تبويب عند 60٪ على الشاشة. [٢]

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

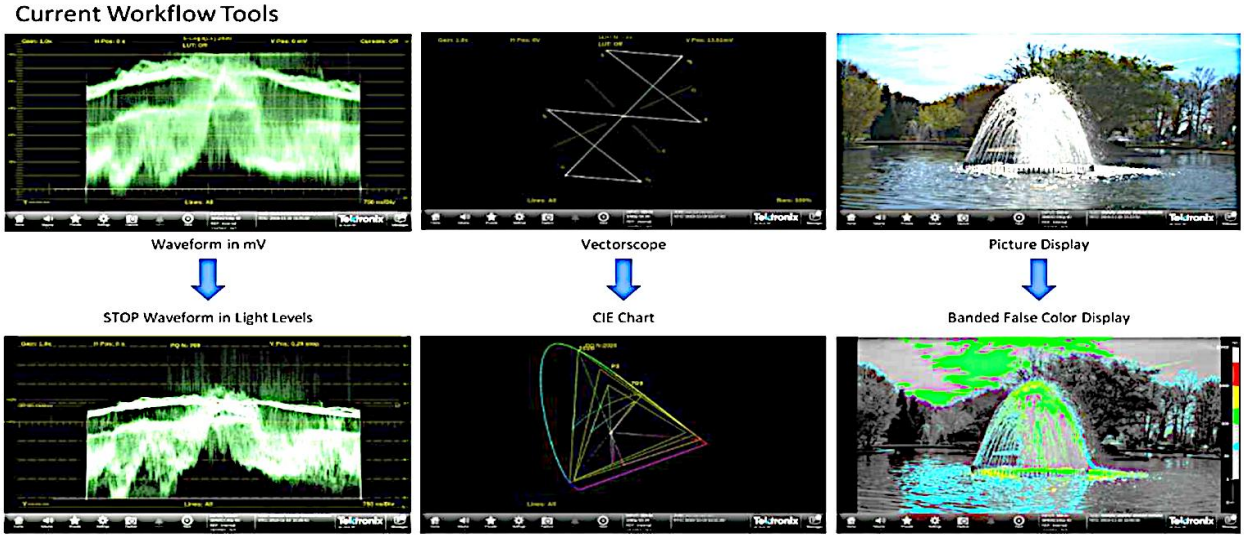


ويوضح شكل (١٥) شاشة وFalse Color display وذلك للمساعدة في معرفة مستويات التعريض

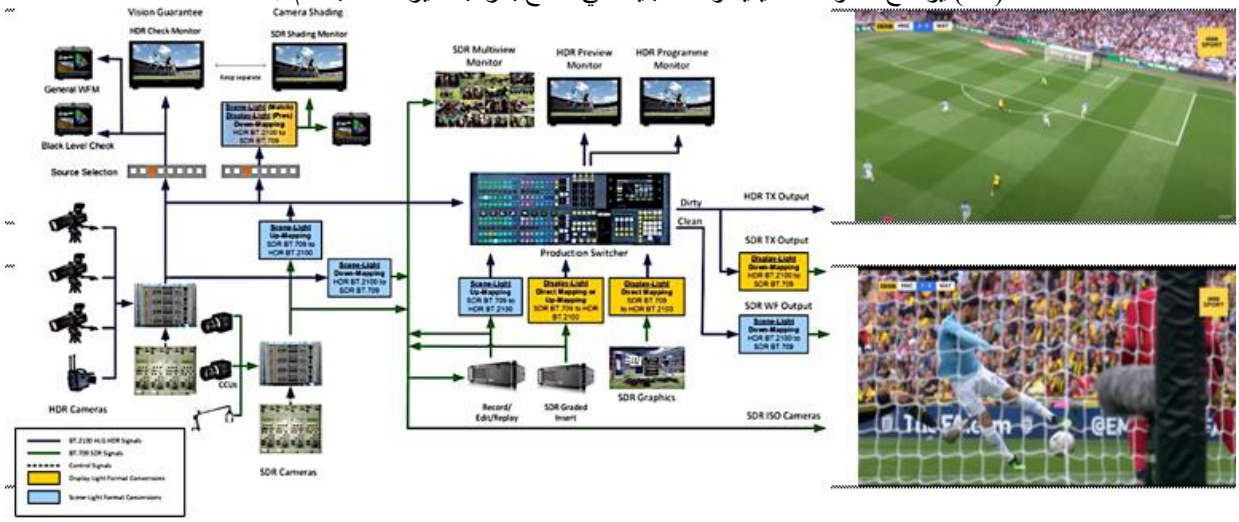
وسوف يتوقف استخدام الأساليب القديمة في مساعدة مدير التصوير في متابعة الصورة وسيتوفر أجهزة حديثة قادرة على قياس مخطط CIE للصورة HDR بالإضافة إلى التحقق من أخطاء التحويل والتشفير وأماكن حدوث أخطاء التدرج اللوني كما في شكل (١٦)



شكل (١٤) يوضح إشارة SD وHDR على جهاز wave form



شكل (١٦) يوضح الأدوات التقليدية والمستقبلية التي تسمح بمراقبة سير العمل بنظام HDRTV



شكل (١٧أ) تغطية الكاميرات وصورمن نهائي كأس الاتحاد الإنجليزي ٢٠١٩

شكل (١٧ب) تغطية الكاميرات وصورمن نهائي كأس الاتحاد الإنجليزي ٢٠١٩

التطبيقات العملية:

لقد قامت شركة بي بي سي بست تجارب رئيسية لإنتاج بث مباشر بتقنية HDRTV .

ومن أهم هذه التطبيقات العملية التي تم تصويرها وبثها بشكل مباشر هو نهائي كأس الاتحاد الإنجليزي ٢٠١٩ وكان من بين أكثر العروض التلفزيونية تعقيدًا في البث المباشر حيث تم التصوير من خلال (١١):

- ٤١ كاميرا في المجموع
- ٤ كاميراتHDR 1080p RF
- ٤ كاميرات تصوير فائقة السرعةSDR 1080p
- عدد ٢ من الكاميرات ذات الحركة البطيئة SDR 1080p
- Spidercam، pole cam، الحشود ، robot cams، helicam
- بث وإرسال فيديو محدودة بـ 8 بت SDR BT.709

كذلك حفل زفاف الأمير هاري وميغان ما ركل (بي بي سي) تم التصوير بتقنية UHD HDR

شكل (18)

النتائج: Results

1- أصبح من الممكن الآن إعادة إنتاج صور أكثر إشراقًا ومستويات أقل من الأسود وبالتالي السماح بزيادة كبيرة في النطاق الديناميكي العام أو نسبة التباين للصورة.

2- المزج بين تقنية UHD وHDR يؤدي إلى الانتقال بسلاسة إلى عمق صورة أكبر واستخدام عينات بيكسل أكبر والانتقال من استخدام عمق بت ٨ إلى عمق بت ١٠ بت مما يعني تمثيل ٦٤ مرة أكثر في الألوان.

3- أحد الاعتبارات الرئيسية عند تنفيذ HDR هو كيفية ضمان التوافق مع أجهزة SDR (النطاق الديناميكي القياسي) القديمة وهو يعتبر أمراً مهمًا في بيئات البث حيث يحتاج مقدمو الخدمة إلى التأكد من إمكانية عرض المحتوى على أجهزة تلفزيون SDRالقديمة.

4- هناك العديد من التنسيقات لتطبيق تقنية HDRTV ومنها HDR10و HDR10 +وDolby Visionو HLGو PQ ولكن لا يوجد سوى هذين المعيارين المحددين لجميع تطبيقات البث المباشر في الإنتاج التليفزيوني

5- بالنسبة لإنتاج البرامج والتبادل الدولي لتلفزيون HDR، يجب استخدام مواصفات (PQ) أو HLG ... بشكل منفصل في وظائف النقل من نظام أو آخر وليس مزجهما

6- البيانات الوصفية الديناميكية Dynamic metadata تعني ان سطوع التباين ومعلومات الألوان يمكن ان تتغير مع كل إطار من الفيديو بينما البيانات الوصفية static metadata يتم تعديل

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الإضاءة مع تغير كل مشهد وليس إطار وهي الأقرب إلى المنطق ولذلك تفضل البيانات الوصفية مع الفيديو HDR.

7- لقد تم توحيد HLG و PQ / SMPTE ST 2084لإنتاج HDR وتبادل البرامج الدولي وقد تتيح تدفقات العمل غير القائمة على ملفات البث المباشر استخدام 12 بت أو 14 بت أو حتى 16 ولكن يجب ان يقتصر أي سير عمل إنتاج مباشر متاح اليوم على إشارات بعمق 10 حتى يتم تجنب الأداء والارتفاع الكبير للإشارة كلما أمكن ذلك، ويوصى بشدة باستخدام إشارات HDR الأصلية في جميع مراحل الإنتاج الكامل.

8- بغض النظر عن القصد الفني والتكوين، فإن التعريض وإدارة الألوان هما عنصران أساسيان يحتاجهما مدير التصوير لإتقانهما والتحكم فيهما لتجنب الأخطاء المكلفة ولذلك لا يمكن لمدير التصوير الاعتماد على النظر إلى الشاشة حيث لا تقدم الشاشة أي مؤشر على مستويات التعريض الصحيح حيث يؤدي تطبيق صورة HDR على شاشة قياسية إلى إنتاج صورة تبدو "باهتة". حتى مع تطبيقLUT للتعويض عن ذلك بسبب اختلافات الاستجابة لشاشاتLCD والشاشات الخارجية وهناك نوعان من الأدوات الشائعة المستخدمة لمساعدة المصورين أو مشغلي الكاميرا في إدارة التعريض، وهما Waveform و False Color display بالإضافة الي ظهور الأجهزة القادرة على قياس CIE Chart.

التوصيات: Recommendations

1- الاهتمام بملف جودة الصورة التليفزيونية وجعلها من أولويات الهيئة الوطنية للإعلام داخل جمهورية مصر العربية لإعادة جذب المشاهد مرة أخرى إلى التليفزيون المصري.

2- الانتقال بخطوات سريعة من نظام التليفزيون العالي الحدة HDTV إلى التليفزيون العالي التباين HDRTV في جميع مراحل الإنتاج وخصوصاً في الإنتاج والبث المباشر داخل المؤسسات الإعلامية المصرية.

3- الاهتمام بإنتاج محتوي HDRعلى مواقع ومنصات الإنتاج المختلفة داخل جمهورية مصر العربية.

4- تبني تنسيق Hybrid Log-Gamma HLG وذلك أثناء الانتقال من التليفزيون العالي الحدة إلى التليفزيون العالي التباين وذلك لتوافقيته مع الأنظمة القديمة SD.

5- يجب علي مدير التصوير التليفزيوني مواكبة التطورات التكنولوجية لما لها من فاعلية في تعزيز الفكر الإبداعي لتصميم الصورة التليفزيونية.

المراجع: References

1- Karol Myszkowski, Rafal Mantiuk, and Grzegorz Krawczyk - High Dynamic Range Video-© Springer Nature Switzerland AG 2022 - pg. 2-3

2- Ian Valentine - High Dynamic Range and Wide Color Gamut Drives the Need for New Production Tools and Workflows - ©The Broadcast Bridge 2020 pg. 8

3- Tony orame – practical high Dynamic Rang (HDR) Broadcast work flows – Essential Guide - ©The Broadcast Bridge 2019

4- EBU (operating Eurovision and euro radio) – UHD / HDR Service version 1.0 Geneva August 2019

5- Klaus Weber, HDR A Guide to High Dynamic Range Operation for Live Broadcast Applications - December 2018 – pg. 3

6- Chris Merrill, Product Marketing & Klaus Weber, HDR and the Broadcast Environment Better Pixels Create Better Content – grass valley -December 2017 -pg. 2

7- Diego Arturo Pajuelo Castro - Paulo E. R. Cardoso - Yuzo Iano - Frank Cabello) - A Technical Study on the Transmission of HDR Content over a Broadcast Channel - DOI: 10.18580/setijbe.2017.4 - November 2017

8- Lukasz Litwic, Olie Baumann, Philip White, and Matthew S. Goldman - Bit Rate Requirements for High Dynamic Range Video - SMPTE Motion Imaging Journal - July 2016 – pg. 52

9- www.keepixo.com - High Dynamic Range Video the Future of TV Viewing Experience- White Paper - Copyright @ 2015 Keepixo

10- https://www.haivision.com/blog/all/what-is-hdr-how-you-can-contribute-live-broadcast-content-in-hdr/4-5-2023

11- https://tech.ebu.ch/docs/events/ibc19/presentations/EBU_IBC19_Cotton_Live_HDR_production_best_practices.pdf

12- https://www.youtube.com/watch?v=B6P4HqWjDmM