

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-141239

(P2013-141239A)

(43) 公開日 平成25年7月18日(2013.7.18)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO4N 9/64 (2006.01) HO4N 9/64 F 5C066

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2012-288303 (P2012-288303)
 (22) 出願日 平成24年12月28日 (2012.12.28)
 (31) 優先権主張番号 13/340, 517
 (32) 優先日 平成23年12月29日 (2011.12.29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 391002340
 テクトロニクス・インコーポレイテッド
 TEKTRONIX, INC.
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97077
 -0001 ビーバートン サウスウエ
 スト カール・ブラウン・ドライブ 141
 50
 (74) 代理人 110001209
 特許業務法人山口国際特許事務所
 (72) 発明者 ケビン・エム・ファーガソン
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97008
 ビーバートン サウスウエスト コット
 ンテイル・レーン 13315
 Fターム(参考) 5C066 AA03 AA13 CA17 EA14 EC05
 EE01 GA01 KE04

(54) 【発明の名称】 シミュレートされた光出力を視認する方法及びシミュレートされた光出力を発生する装置

(57) 【要約】

【課題】 第1のディスプレイのために発生されたシミュレートされた光出力が正確に第2のディスプレイ上で見ることができるようにする。

【解決手段】

開示された方法において、まず、シミュレートされた光出力が第1のディスプレイの画質に基づいて発生される。次いで、シミュレートされた光出力は、第1と第2のディスプレイ間の色差や時間差やガンマ差を含む輝度差やビュー環境の差をリアルタイムで補償される。そして、それらの差やビュー環境の差について補償されたシミュレートされた光出力が第2のディスプレイに対して出力される。

【選択図】 図2

$$Xf(x, y, Y) := f\left(y > 0, \frac{x}{y}, Y, 0\right) \quad Zf(x, y, Y) := f\left(y > 0, \frac{1-x-y}{y}, Y, 0\right)$$

$$XgDefault(Y) := Xf(x, y, Y)$$

$$ZgDefault(Y) := Zf(x, y, Y)$$

$$XgDefault(Y) := Xf(xg, yg, Y)$$

$$ZgDefault(Y) := Zf(xg, yg, Y)$$

$$XbDefault(Y) := Xf(xb, yb, Y)$$

$$ZbDefault(Y) := Zf(xb, yb, Y)$$

$$XwDefault := XgDefault(Yr) + XgDefault(Yg) + XbDefault(Yb)$$

$$ZwDefault := ZgDefault(Yr) + ZgDefault(Yg) + ZbDefault(Yb)$$

$$YwDefault := Yr + Yg + Yb$$

$$XwTarget := Xf(xwUL, ywUL, YwDefault)$$

$$YwTarget := YwDefault$$

$$ZwTarget := Zf(xwUL, ywUL, YwDefault)$$

拘束式:

$$M_{XYZ2wrgb} := \begin{bmatrix} XgDefault(Yr) & XgDefault(Yg) & XbDefault(Yb) \\ Yr & Yg & Yb \\ ZgDefault(Yr) & ZgDefault(Yg) & ZbDefault(Yb) \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} wr \\ wg \\ wb \end{bmatrix} = M_{XYZ2wrgb} \begin{bmatrix} XwTarget \\ YwTarget \\ ZwTarget \end{bmatrix}$$

正規化最大値へ: $w_i = 0.2 \quad w_{norm} = \frac{w_i}{\max(w)}$

ホワイトポイント校正

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 のディスプレイタイプに対して発生されたシミュレートされた光出力を第 2 のディスプレイ上で見る方法であって、
前記第 1 のディスプレイタイプの画質に基づいて前記シミュレートされた光出力を発生することと、
前記第 2 のディスプレイのビューイング環境に対して前記シミュレートされた光出力を補償することと、
前記第 2 のディスプレイの色差に対すると共にビューイング環境に対する補償がなされたシミュレートされた光出力を出力することからなる方法。

10

【請求項 2】

シミュレートされた光出力を発生する装置であって、
第 1 のディスプレイの画質に基づいてシミュレートされた光出力を発生する発生器と、
前記第 1 のディスプレイと第 2 のディスプレイの間の差異に対して前記シミュレートされた光出力を補償するように構成されたりバースディスプレイモデルと、
前記第 2 のディスプレイ上で見るために前記補償されたシミュレートされた光出力を送信するための出力機器とからなる装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示事項は、ビデオシステムに向けたものであり、より詳細には、ターゲットデバイスに画像を正確に表示するシステムと方法に向けられたものである。

20

【背景技術】

【0002】

シミュレートされた出力が付属のディスプレイ上で正確に見えない場合、デバイス上で、若しくは、動画を評価する構造を有する機械においても動画を評価することは時に難しい。たとえば、ビデオエンジニアは、消費者用の液晶ディスプレイ(LCD)を見ている視聴者、スタジオ用の陰極線管(CRT)を見ているプロデューサー、放送センターのエンジニア、又は、製品開発研究機関のエンジニアに対して特定の動画がどのように映るのを知りたいと望んでいることがある。現在、オレゴン州ビーバートのテクトロニクス社製の画質分析機PQA500のような、画質分析機は、これらのタイプの用途に対する違いを数量化するために、光をシミュレートするディスプレイモデルとヒューマンビジョンシステムを具備している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 6 9 7 5 7 7 6 号

【特許文献 2】米国特許第 6 9 0 7 1 4 3 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

しかしながら、そのような画質分析機のユーザーは、シミュレートされた知覚刺激を直接経験する方法がない。その代わりに、ビデオが画質分析機と一体に使用されるディスプレイ上に表される。更に、ディスプレイ製造者は、製品が組み立てられる前に、仮想デザインを自動的に評価することができる、まだ満足されていないニーズを有している。しかし、ディスプレイ設計オプションの間の違いを直接に認識できなければ、多くの役に立つ情報がディスプレイ技術者から秘匿されてしまう。

【0005】

たとえば、YCbCr から CIE 1931 XYZ 線形光表現に応じた RGB への変換のような、ビデオをある一つの色空間から他のものへ変換するための数学的なソリューション

50

が存在するが、そのようなソリューションは標準のRGBからの様々なディスプレイの変化を考慮したものではない。たとえば、デジタルビデオによって表現される純粋な赤と緑と青のXYZ座標は、エンドディスプレイの対応するXYZ座標に整合することはないことがある。更に、ディスプレイの同等のガンマ値が対応する標準におけるガンマ値に整合することはないので、これらの関係は、ガンマ値、すなわち、入力信号と光出力強度の間の非線形変換関数を表すために使用されるパラメータの不整合を説明するものではない。

【0006】

標準定義用のSMPTE-Cのような規格又は高品位ビデオ用のITU709のような規格に原色とガンマが整合する場合においてすら、ホワイトポイント校正が非デフォルト値に意図的にたびたび設定されている。たとえば、デフォルト色温度を主に9500度に設定しているコンピュータモニタは、その代わりに、テレビジョンデフォルト色温度に整合するために6500度に設定されたホワイトポイントを有することがある。このホワイトポイント校正は、一組の原色を有するディスプレイをしてもう少しで他の組の原色を有するディスプレイのように見せることを可能にする。しかし、そのような変換は、上記の色変換公式内には含まれておらず、全色度の多くの色が失われるような方法で色をシフトすることによってそのようにしている。

10

【0007】

他の可能性のあるソリューションは、第1のディスプレイからの出力を物理的に測定し第1のディスプレイから第2のそれへの変換方法を生成する、高価で特別な装置を必要とするが、それは、高価で複雑で、一般的なソリューションを提供するためには過度にコンピュータ計算を集中的に行うものである。さらに、それは、モデル化されたディスプレイではなく実際に測定すべきディスプレイを必要とする。また、あるビデオフレームの終わりと次のものの始まるの間でLCDのレスポンスタイムを補償する方法を含むシステムは存在しない。このことは、モーションブラーのような、満足のいかない、時には非常にはっきりと判るほどのディスプレイ観測を引き起こすこととなる。

20

【0008】

本発明の実施の形態は、従来技術のこの制約及び他の制約に焦点を当てたものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1番目の側面によれば、第1のディスプレイタイプに対して発生されたシミュレートされた光出力を第2のディスプレイ上で見る方法は、前記第1のディスプレイタイプの画質に基づいて前記シミュレートされた光出力を発生することと、前記第2のディスプレイのビューイング環境に対して前記シミュレートされた光出力を補償することと、前記第2のディスプレイの色差に対すると共にビューイング環境に対する補償がなされたシミュレートされた光出力を出力することからなる。

30

本発明の第2番目の側面によれば、本発明の第1番目の側面の方法は、前記第2のディスプレイのビューイング環境に対して前記シミュレートされた光出力を補償することがリアルタイムで第2のディスプレイのビューイング環境に対して前記シミュレートされた光出力を補償することからなることを特徴とする。

本発明の第3番目の側面によれば、本発明の第1番目の側面の方法は、第2のディスプレイのビューイング環境が仮想現実により生み出されたビューイング環境であることを特徴とする。

40

本発明の第4番目の側面によれば、本発明の第1番目の側面の方法は、さらに、前記第1と第2のディスプレイの間の色差に対して前記シミュレートされた光出力を補償することを含んでいることを特徴とする。

本発明の第5番目の側面によれば、本発明の第1番目の側面の方法は、行列操作を用いて色差が補償されることを特徴とする。

本発明の第6番目の側面によれば、本発明の第1番目の側面の方法は、さらに、前記シミュレートされた光出力を前記第2のディスプレイに提供する前に、それを一時的に補償することを含んでいることを特徴とする。

50

本発明の第7番目の側面によれば、シミュレートされた光出力を発生する装置は、第1のディスプレイの画質に基づいてシミュレートされた光出力を発生する発生器と、前記第1のディスプレイと第2のディスプレイの間の差異に対して前記シミュレートされた光出力を補償するように構成されたリバースディスプレイモデルと、前記第2のディスプレイ上で見るために前記補償されたシミュレートされた光出力を送信するための出力機器とからなる。

本発明の第8番目の側面によれば、本発明の第7番目の側面の装置は、前記リバースディスプレイモデルが色変換機であることを特徴とする。

本発明の第9番目の側面によれば、本発明の第7番目の側面の装置は、前記リバースディスプレイモデルがホワイトポイント校正機であることを特徴とする。

本発明の第10番目の側面によれば、本発明の第7番目の側面の装置は、前記リバースディスプレイモデルが時間フィルタであることを特徴とする。

本発明の第11番目の側面によれば、本発明の第7番目の側面の装置は、前記リバースディスプレイモデルが前記第2のディスプレイのビューモデルであることを特徴とする。

本発明の第12番目の側面によれば、本発明の第11番目の側面の装置は、前記ビューモデルが仮想現実発生器において少なくとも一部に発生されるビューイング環境を受け入れることを特徴とする。

本発明の第13番目の側面によれば、本発明の第12番目の側面の装置は、前記仮想現実発生器がシミュレートされた光出力を発生する発生器の構成部品であることを特徴とする。

ターゲットディスプレイタイプのリバースモデリングを用いたシステムは、ターゲットディスプレイに表されたときにオリジナルのシミュレートされた光のそれと同等若しくはほぼ同等の知覚反応を生成する信号にシミュレートされた光出力を変換する。更に、所定の有効なディスプレイに表されたとき、知覚された画像がシミュレートされた光の知覚された画像若しくは仮想現実の画像をきっちりと表すようにその有効なディスプレイに応用可能な方法が提供される。

【0010】

本発明の特定の実施の形態は、選択されたディスプレイタイプに対して発生されたシミュレートされた光出力を第2のディスプレイ上で見る方法に関連する。この方法は、まず、第1のディスプレイタイプの画質に基づいてシミュレートされた光出力を発生することを含んでいる。次いで、シミュレートされた光出力は、リアルタイムで第2のディスプレイのビューイング環境に対して補償される。補償が完了された後で、補正がなされたシミュレートされた光出力は、第2のディスプレイに出力される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に関連する、補償されたビデオ出力を発生するシステムの機能ブロック図である。

【図2】図2は、本発明の実施の形態において使用されたホワイトバランス計算のための重み付けの算出のための一連の等式である。

【図3】図3は、本発明の実施の形態に関連する、仮想ディスプレイ出力を視覚するためのシステムの機能ブロック図である。

【発明の実施の形態】

【0012】

図1は、本発明の実施の形態に関連する、補償されたビデオ出力を発生するシステム10の機能ブロック図である。たとえば、ビデオのような画像ソース又は仮想現実の画像若しくは他の画像は、選択されたタイプのディスプレイに特有のモデリング情報を含むディスプレイモデルに提供される。ディスプレイモデルセクター70は、たとえば、LCDディスプレイモデル30か、CRTディスプレイモデル40か、DMD（デジタルマイクロミラーデバイス）ディスプレイモデル50か、他のディスプレイモデル60を選択する

ことができる。また、ディスプレイモデルセレクター 70 は、バイパスモード 20 を選んで、ディスプレイモデル選択を完全に迂回することが可能である。

【0013】

ディスプレイモデル 30 - 60 は、特定のタイプのディスプレイについての、たとえば、色データ、ホワイトバランス、ガンマ情報など各種のデータを有している。ディスプレイモデルは、特定のディスプレイモデルタイプに特有の特定のパラメータである特定の色空間から他への変換を含むこともある。ビデオ用途においてデジタルビデオストリームとファイルは、通常、標準品位のビデオ用には ITU-R BT.601 のごとく、そして、高品位のビデオ用には ITU-R BT.709 のごとく、また、ある場合には RGB のごとく YCbCr 三刺激表現を用いる。デジタルシネマ用には、通常「DCI (デジタルシネマイニシアチブ)仕様」と呼ばれている DCI「デジタルシネマシステム仕様」のごときダイレクト XYZ 表現がすでに直接サポートされている。

10

【0014】

ディスプレイモデル色変換

RGB (及び XYZ) への YCbCr の変換

SD 及び HD ビデオについては、XYZ への YCbCr の置換は、次のようにして行われることがある。

1) 色モデルの初期設定

a) ホワイトポイント校正：次のいずれかによって与えられる RGB 及び ホワイト CIE 1931 x y Y 座標を用いること。すなわち、

20

i) たとえば、601、709、SMPTE-C、EBU のような規格又はシミュレートされるべき適切なディスプレイを最良に表示するものすべて、若しくは、

ii) カスタムユーザーが定義した、 x_r 、 y_r 、 Y_r x_g 、 y_g 、 Y_g 、 x_b 、 y_b 、 Y_b 、 x_w 、 y_w 、 Y_w

b) $R = G = B$ の場合に所定のホワイトポイント (x_w 、 y_w 、 Y_w) を達成するために、 R と G と B に適用される必要な重み付け $\{w_r$ 、 w_g 、 $w_b\}$ を計算する。

c) 下記のような RGB から XYZ への変換用の光変換行列式を計算する。

d) LUT (ルックアップテーブル) 初期設定：

i) 第 1 には、それぞれの測色基準 (601、709 など) によって定義された行列式を用いて、YCbCr のプレガンマ RGB $\{E_R$ 、 E_G 、 $E_B\}$ へのそれぞれの標準的な置換を用いる。

30

ii) コントラストやガンマや明度のパラメータを用いて $\{E_R$ 、 E_G 、 $E_B\}$ を光 $\{RGB\}$ に変換する。

iii) 重み付け $\{w_r$ 、 w_g 、 $w_b\}$ を $\{RGB\}$ に適用する。

(ここで、LCD の場合、LUT 計算を停止する。)

iv) 行列式を用いて、重み付けされた RGB 光を XYZ に変換する。

2 a) CRT 及び DMD の場合には、LUT 若しくはインプリメンテーションによる直接計算を用いて YCbCr を直接 XYZ に変換する。

2 b) LCD の場合には、LUT 若しくはインプリメンテーションによる直接計算を用いて YCbCr を $\{w_r * R$ 、 $w_g * G$ 、 $w_b * B\}$ に変換し、そして、RGB の XYZ への変換行列式を用いて変換を完了する。

40

【0015】

輝度のみの処理の場合、すなわち色のない場合、それぞれのディスプレイモデル技術は、ルックアップテーブルを作り出すとか、(LCD の場合には) フィルタパラメータを設定するとかといったことに対して固有の初期設定機能を有する。以下の色モデル初期設定が行われることはこれらの機能の範囲内である。色モデル初期設定は、必要なルックアップテーブルと共にホワイトポイント校正の重み付け $\{w_r$ 、 w_g 、 $w_b\}$ の初期設定が含まれている。

【0016】

色変換用の LUT を用いたディスプレイモデル

50

Y C b C r から X Y Z への変換は、一般的な計算回路若しくはそれと同等の機能を用いて直接に行うことができる。たとえば、まず、規格に従って Y C b C r から E R、E G、E B への変換は、9 回の乗算と 6 回の加算を用いる。そして、ガンマ係数をその結果に適用することは、3 回の指数を用いる。重み付けを適用してホワイトポイントを生成することは、更に 3 回の乗算をする。最後に、R G B 光の X Y Z (R G B ベクトル * 行列式) への変換は、他の 9 回の乗算と 5 回の加算を行い、合計で 18 回の乗算と 12 回の加算と 3 回の指数を必要とする。

【 0 0 1 7 】

しかし、ルックアップテーブル (L U T) を用いて、同等の色補償を行うことは、2 個のシフターと、2 個の加算器と 1 回のテーブルアクセスのみを用い、そして、したがって、より少ないリソースを用いる魅力的なオプションである。もちろん、ディスプレイモデルは、メモリを設けて L U T を格納する必要があるが、しかし、これは典型的な全く無理のないトレードオフの関係にある。本発明の実施の形態は、色変換方法を用いることができるが、もちろん、どの方法を選択するかは、典型的な実施上の選択である。

10

【 0 0 1 8 】

C R T 及び D M D の場合には、Y C b C r から直接 X Y Z への変換は、L U T の仕様によってなされうるが、そのサイズはビット深度に依存する。たとえば、8 ビット深度のビデオの場合、L U T 用のメモリロケーションの数は、 $6 \cdot 7 \times 10^7$ ビット程度であり、それは今日の保存コストに与えられる事実上の実施である。10 ビットのビット深度のビデオと 12 ビットのビット深度のビデオは、 $4 \cdot 3 \times 10^9$ ビット程度と $2 \cdot 7 \times 10^1$ 程度のサイズの L U T を必要とするが、それは現在では標準的な実施において実際的ではない。

20

【 0 0 1 9 】

L C D の場合には、色変換が Y C b C r から R G B (光) になされる。なぜならば、下記に記載するような、L C D 用の一時的な処理が R G B 色空間内で起こるからである。L C D 処理のための L U T のサイズは、同じビット深度における C R T 及び D M D と同じである。

【 0 0 2 0 】

色変換用のトライリニア補間を用いたディスプレイモデル

色変換用のトライリニア補間を用いることも可能であるが、たとえば直接計算のような他の変換がより有効であるかもしれないという事実を考慮すれば、実際的な考えではないでしょう。

30

【 0 0 2 1 】

E R、E G、E B への Y C b C r の変換

Y C b C r は、対応する測色規格 (6 0 1、7 0 9 など) に応じて E R、E G、E B へ変換される。

【 0 0 2 2 】

R G B (光) への E R、E G、E B の変換

正規化された E R、E G、E B 値 (単位値) の値は、ガンマやコントラストや明度の制御を用いて、各画質分析機内で既存の輝度モデルを各原色チャンネルに適用することでそれを有効に再利用して、正規化された R G B 値 (単位値) に変換される。後続の R G B から X Y Z への光変換は、それぞれの実際の輝度レベルを考慮に入れる。

40

【 0 0 2 3 】

ディスプレイモデルホワイトポイント校正

白は、R と G と B の均等な「電気信号」の大きさで表される。しかし、(規格又は非標準色温度若しくは他の色座標を選択するユーザーにより) 選択されたホワイトポイントがディスプレイから出力される R G B 光の組み合わせに一致していないとき、ホワイトポイント校正が通常行われる。実際に、ホワイトポイント校正は R 光及び / 又は G 光及び / 又は B 光に重み付けして、ホワイトポイントとなるように信号の大きさが変化するようにする。これらの重み付け { w_r 、 w_g 、 w_b } は、ディスプレイモデル初期設定期間中に計

50

算される。

【0024】

RとGとBとW ($x_r, y_r, Y_r, x_g, y_g, Y_g, x_b, y_b, Y_b, x_w, y_w, Y_w$)用のRGB及びホワイトCIE1931xyY座標を用いて、必要な重み付け $\{w_r, w_g, w_b\}$ が計算され、電気信号 $R = G = B$ において、所定のホワイトポイント $\{x_w, y_w, Y_w\}$ を達成するためにRとGとBの光出力にそれぞれ適用される。上記と共にR、G、Bの最大と最小に制限(ここでは、1に正規化されている)があるとする、RGBの相対比を見つけて所定のホワイトポイントを達成できるようにする。重み付け $\{w_r, w_g, w_b\}$ の計算が図2に示すように行うことができる。

【0025】

ついで、以下のいずれかによって与えられるRGB及びホワイトCIE1931xyY座標を用いて、ホワイトポイントは校正される。

すなわち、601、709、SMPTE-C、EBUのような規格又はシミュレートされるべき適切なディスプレイを最良に表示するものすべて、若しくは、カスタムユーザーが定義した、 $x_r, y_r, Y_r, x_g, y_g, Y_g, x_b, y_b, Y_b, x_w, y_w, Y_w$ である。

【0026】

ホワイトポイント校正の確認は、全部ホワイトのビデオ(全チャンネルがホワイト最大値(235)に均等であるRGBか、若しくは、 $Y = 235$ で $C_b = C_r = 128$ のYCbCrなど)のような(色なし)ビデオを用いることによって行うことが可能である。ディスプレイモデルのXYZ出力は、それぞれ、 $X_{wTarget}, Y_{wTarget}, Z_{wTarget}$ と同じにすべきである。

【0027】

原色とホワイトのディスプレイモデル色度座標

R、G、B、WのY値(Y_r, Y_g, Y_b, Y_w)が、1)ガンマの選択と2)最大輝度値と3)光RGBのYへの変換に依存していることに留意してください。はじめの二つのパラメータは、画質分析機の既存の輝度のみのディスプレイモデルにすでに含まれている。三番目のRとGとBに対する一組の3つの重み付けは、それぞれ、はじめの二つのパラメータと共に、原色とホワイトポイントの座標から一般的には計算される。しかし、RGBからYへの変換は、また、多くの規格(たとえば、ITU-B-709HD)において行列式を介してRGBからXYZに変換するように定義されている。ITU-B-709HDやSMPTE-CやEBUやNTSCやSMPTE-240Mのような各規格から特定の値を含むことは、不要である。なぜならば、下記のように、直接計算がYに対する同じ結果をもたらすからである。

【0028】

LCD用のディスプレイモデル時間フィルタ

LCD技術のもっとも一般的なディスプレイモデルは、時間フィルタを含んでおり、フレームの変わり目と変わり目の間の時間中においてコンスタントな若しくは高いデューティサイクルのバックライト又は反射光の「ゼロ次ホールド」アスペクトを表している。これを模倣するために、時間フィルタが輝度のみのモデル用のシミュレートされた光出力に適用される(Yに適用される)。フルカラーモデルの場合には、このフィルタは、その代わりに、XYZ変換に先立ってRGB(光原色)出力に適用される。

【0029】

高級なLCD構成は、変調されたバックライトを含んでいる。現代的なLCDディスプレイは、バックライト変調を含んでおり、まさに理論的0レスポンスタイム技術に関連したモーションブラーの問題を軽減している。時間フィルタは、以下に依りて変調される。すなわち、バックライト若しくは反射光を安定的に模倣するために、時間フィルタはゼロ次ホールドフィルタ(=各フレームの変わり目において輝度についてのゼロレスポンスタイムの階段関数変化)と応答時間を表す単純なローパスフィルタのカスケード接続である。バックライト変調を模倣するためには、デューティサイクルとバックライトのオン-オ

10

20

30

40

50

フ及びオフ・オン遷移のようなパラメータが、ディスプレイ仕様として理解されている。時間フィルタは、シミュレートされた結果が大きく軽減されたモーションブラーの現実の結果をたどりながらそれに応じて更新される。特にCRTのものをまねるラスタスキャン法である、低デューティサイクル（バックライト又は反射）光の場合には、時間フィルタは省略されることもある。なぜならば、（人間の視覚モデルにおいて説明される）人間の目の調節が残った高周波情報を十分に減衰するからである。

【 0 0 3 0 】

R G B (光) から X Y Z への行列変換

行列式 $M_RGBLight2XYZ$ の初期設定計算は、以下のようにしてディスプレイ初期化の最中に初期設定される。

【 0 0 3 1 】

【 数 1 】

$$M_RGBlight2XYZ := \begin{bmatrix} \frac{x_r}{y_r} \cdot Y_r \cdot wtnorm_0 & \frac{x_g}{y_g} \cdot Y_g \cdot wtnorm_1 & \frac{x_b}{y_b} \cdot Y_b \cdot wtnorm_2 \\ Y_r \cdot wtnorm_0 & Y_g \cdot wtnorm_1 & Y_b \cdot wtnorm_2 \\ \frac{1 - x_r - y_r}{y_r} \cdot Y_r \cdot wtnorm_0 & \frac{1 - x_g - y_g}{y_g} \cdot Y_g \cdot wtnorm_1 & \frac{1 - x_b - y_b}{y_b} \cdot Y_b \cdot wtnorm_2 \end{bmatrix}$$

ここで、 $R=1$ 、 $G=1$ 、 $B=1$ の重み付けの合計が $Y=1$ $C=0.2$ となるべきであることに留意する。

$$M_RGBlight2XYZnorm := \frac{M_RGBlight2XYZ}{\sum_c M_RGBlight2XYZ_{1,c}}$$

【 0 0 3 2 】

最大輝度レベルとして100ニットを使用して、SMPTE Cと $wtnorm[i] = 1$ を用いた行列計算例が以下のように与えられる。最大輝度レベルが正規化された行列式にとって重要でないことに留意してください。

【 0 0 3 3 】

【 数 2 】

$$M_RGBlight2XYZ = \begin{bmatrix} 39.356 & 36.528 & 19.166 \\ 21.24 & 70.11 & 8.656 \\ 1.874 & 11.194 & 95.83 \end{bmatrix}$$

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

$$M_RGBlight2XYZnorm = \begin{bmatrix} 0.3935 & 0.3653 & 0.1916 \\ 0.2124 & 0.7011 & 0.0866 \\ 0.0187 & 0.1119 & 0.9582 \end{bmatrix} \quad \sum_c M_RGBlight2XYZnorm_{1,c} = 1$$

【 0 0 3 5 】

この数値例とSMPTE-Cからとられた対応する係数を比較する。

【 0 0 3 6 】

【 数 4 】

$$X_smptec(R, G, B) := 0.3935 \cdot R + 0.3653 \cdot G + 0.1916 \cdot B$$

$$Y_smptec(R, G, B) := 0.2124 \cdot R + 0.7011 \cdot G + 0.0866 \cdot B$$

$$Z_smptec(R, G, B) := 0.0187 \cdot R + 0.1119 \cdot G + 0.9582 \cdot B$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】
ビューモデル

図 1 に戻って、任意のビューモデル又は仮想現実ビュー環境 8 0 は、選択されたディスプレイモデルの出力にファクタを加えてより正確にディスプレイのビュー環境を反映することができる。たとえば、環境光、反射光、又は他のシミュレートされた光についての情報は、加えられた光情報の C I E X Y Z 表現を用いて、ディスプレイの X Y Z 表現に直線的に加えられる。このビューモデル情報は、予測されたピクチャ / ビデオ画質レーティングを変更するために使用される。

【 0 0 3 8 】

更に、いずれの仮想環境も、同様に、そのような加えられた情報の C I E X Y Z 表現を用いることによって、ビューモデルに含まれていてもよい。そのような情報は、比較的に基本情報、たとえば、ディスプレイ機器のディスプレイベゼルについての情報を含んでいることもあるか、又は、詳細な仮想現実表現ほどに複雑であるかもしれない。

【 0 0 3 9 】

図 3 は、図 1 のリバースディスプレイモデル 9 0 についての追加の詳細を提供する、本発明の実施の形態に関するシミュレートされたディスプレイ出力又は仮想ディスプレイ出力を見るためのシステムの機能的なブロック図である。

【 0 0 4 0 】

図 3 のリバースディスプレイモデル 3 1 0 は、図 1 のリバースディスプレイモデル 9 0 の実施例であっても良い。リバースディスプレイモデル 3 1 0 は、色変換 3 1 2 やホワイトポイント校正 3 1 4 やガンマ 3 1 6 や時間フィルタ 3 1 8 やビューモデル 3 2 0 のために各設備を含んでいる。図 3 のリバースディスプレイモデル 3 1 0 の部品は、上記の（先進的な）ディスプレイモデルの対応する部品と同等若しくは同じものである。リバースディスプレイモデル 3 1 0 の部品又は部分内に含まれる各ファクタはディスプレイモデル内で初期設定されても良い。実際のディスプレイ 3 4 0 が知られている場合、実際のディスプレイ 3 4 0 に特有の特定ファクタが、システム上でたとえば、メニュー選択として選択される。他の実施の形態において、実際のディスプレイ 3 4 0 はシステムに対してそれ自体を特定してもよいし、更に、リバースディスプレイモデル 3 1 0 に対し適切なファクタを選択するために探索が行われた。

【 0 0 4 1 】

リバースディスプレイモデル 3 1 0 は図 1 の標準的なディスプレイモデル 3 0 - 6 0 とは対照的に、「逆」に動作する。言い換えれば、実際のディスプレイ 3 4 0 について、選択されたターゲットディスプレイタイプのために発生された、評価されるべき画像のシミュレートされた X Y Z 光表現 から（X Y Z 表現を含むこともある）標準ビデオ表現への変換が行われる。X Y Z をサポートしていないターゲットのディスプレイについて、（用いられるべき実際のディスプレイの原色を用いた）X Y Z から R G B 光への逆転、逆ガンマ機能、そして、いずれかのさらなる変換（Y C b C r への標準的な変換）は、上記の行列式と関数の逆数をそれぞれ求めることから行うことができる。

【 0 0 4 2 】

動作中において、たとえば、ビデオ、イメージング若しくは仮想現実からシミュレートされた光出力が発生されたとき、それは特に選択されたディスプレイタイプ用のディスプレイモデルを任意に通過される。そして、シミュレートされた出力は、実際のディスプレイに対してシミュレートされた出力を適応する補償を含む、実際のディスプレイ用のリバースディスプレイモデルを通過され、実際のディスプレイで見れる画像は、仮想又はシミュレートされた光によって表される知覚された画像に可能な限り近い。その補償は、ディスプレイ原色補償や同等のガンマ補償やホワイトポイント補償や時間特性や実際のディスプレイのビュー環境を含んでも良い。ビュー環境は、周囲の色や明るさ及び環境光を含んでも良いし、他の画像を含んだ発生された仮想現実ビュー環境を含んでも良い。シミュレートされた光出力と実際のディスプレイビュー環境と仮想現実環境変化として、リアルタイムで補償は変化する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

好適な実施の形態において、ビューイングのために使用される実際のディスプレイ 3 4 0 は、入力画像を正確に表示するためには、最高級の全色度や、最大の輝度や、レスポンスタイムや、（黒レベルでの）コントラストや他の仕様でなくても十分である。また、理想的には、ビューイング状態は表示された画像の正確な知覚も考慮に入れる。たとえば、環境光は、有効な黒レベルを引き上げないか、若しくは、ターゲットとなる正確度を超えて知覚されたホワイトポイント（色シフト）を動かさない程度に低くて十分である。

【 0 0 4 4 】

上記実施の形態の多くはユーザーインタフェースを含んでいるが、他の実施の形態においては、それに代わって、これらのパラメータが試験測定機器によって自動的に決定されることもあることが正しく認識される。

10

【 0 0 4 5 】

各実施の形態において、本発明の構成要件はハードウェアでも、ソフトウェアでも、双方の組み合わせにおいても実現可能であり、また、汎用のマイクロプロセッサやデジタル信号プロセッサ（DSP）や特定用途集積回路（ASIC）やフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）その他からなることもある。

【 0 0 4 6 】

本発明がディスプレイモデリング分野において重大な進歩を示していることが上記の説明から正しく認識される。本発明の特定の実施の形態が例示され、そして、例示目的で説明されているが、各種の修正例が本発明の精神や範囲から逸脱することなくなされうることが理解される。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲によるものを除いて限定されるべきでない。

20

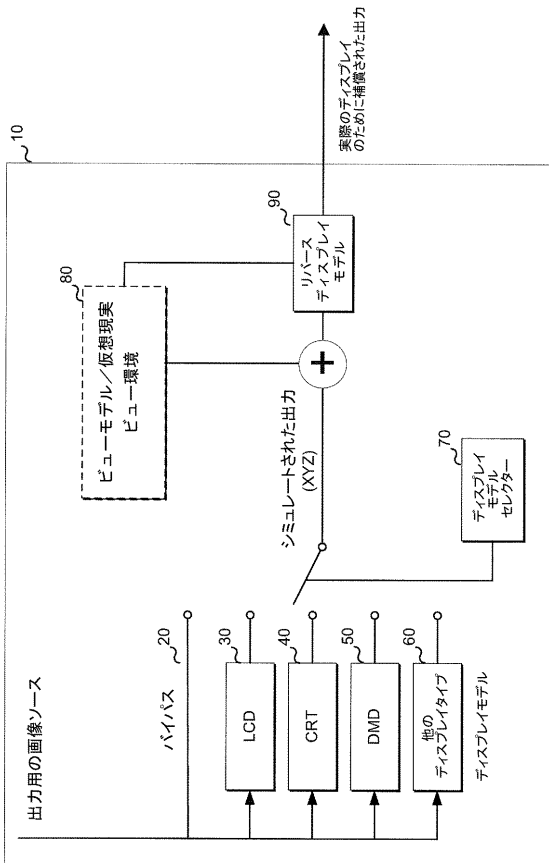
【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

1 0 ... 補償されたビデオ出力を発生するためのシステム； 2 0 ... バイパスモード； 3 0 ... LCDディスプレイモデル； 4 0 ... CRTディスプレイモデル； 5 0 ... DMD（デジタルマイクロミラーデバイス）ディスプレイモデル； 6 0 ... 他のディスプレイモデル； 7 0 ... ディ스플레이モデルセレクター； 8 0 ... 任意のビューモデル又は仮想現実ビュー環境； 9 0 ... リバースディスプレイモデル； 3 1 0 ... リバースディスプレイモデル； 3 1 2 ... 色変換機器； 3 1 4 ... ホワイトポイント校正機器； 3 1 6 ... ガンマ機器； 3 1 8 ... 時間フィルタ機器； 3 2 0 ... ビューモデル機器； 3 4 0 ... 実際のディスプレイ

30

【 図 1 】



【 図 2 】

$$Xf(x, y, Y) := \text{if}(y > 0, \frac{x}{y}, Y, 0) \quad Zf(x, y, Y) := \text{if}(y > 0, \frac{1-x-y}{y}, Y, 0)$$

$$XrDefault(Y) := Xf(xr, yr, Y)$$

$$ZrDefault(Y) := Zf(xr, yr, Y)$$

$$XgDefault(Y) := Xf(xg, yg, Y)$$

$$ZgDefault(Y) := Zf(xg, yg, Y)$$

$$XbDefault(Y) := Xf(xb, yb, Y)$$

$$ZbDefault(Y) := Zf(xb, yb, Y)$$

$$XwDefault := XrDefault(Yr) + XgDefault(Yg) + XbDefault(Yb)$$

$$ZwDefault := ZrDefault(Yr) + ZgDefault(Yg) + ZbDefault(Yb)$$

$$YwDefault := Yr + Yg + Yb$$

$$XwTarget := Xf(xwUI, ywUI, YwDefault)$$

$$YwTarget := YwDefault$$

$$ZwTarget := Zf(xwUI, ywUI, YwDefault)$$

拘束式:

$$M_{XYZ2wrwgb} := \begin{bmatrix} XrDefault(Yr) & XgDefault(Yg) & XbDefault(Yb) \\ Yr & Yg & Yb \\ ZrDefault(Yr) & ZgDefault(Yg) & ZbDefault(Yb) \end{bmatrix}^{-1}$$

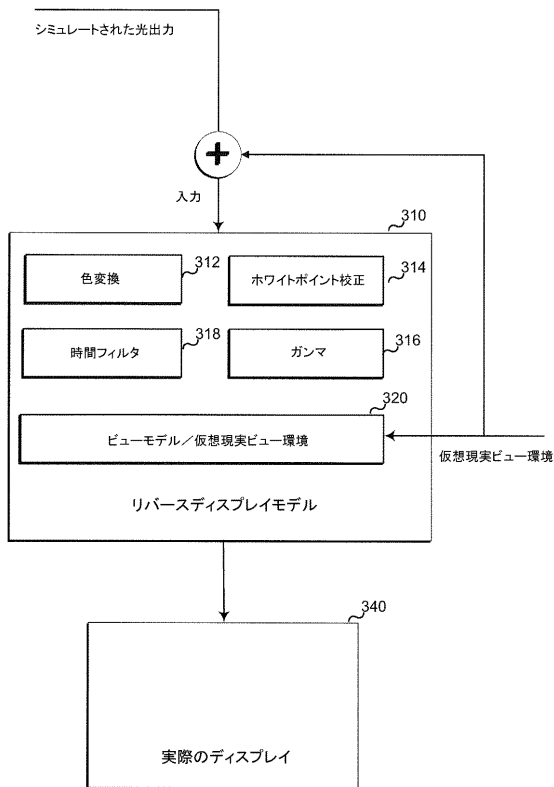
$$\begin{bmatrix} wr \\ wg \\ wb \end{bmatrix} := M_{XYZ2wrwgb} \begin{bmatrix} XwTarget \\ YwTarget \\ ZwTarget \end{bmatrix}$$

正規から最大値へ: $wi := 0.2 \quad w_{wi} := \begin{bmatrix} wr \\ wg \\ wb \end{bmatrix}$

$$wtnorm_{wi} := \frac{w_{wi}}{\max(wt)}$$

ホワイトポイント校正

【 図 3 】



【外国語明細書】

[TITLE OF INVENTION]

Method for Viewing Simulated Light Outputs and Device for Generating Simulated Light Outputs

[TECHNICAL FIELD]

【0001】

This disclosure is directed toward to video systems, and, more particularly, to a system and method that accurately displays images on a target device.

[BACKGROUND ART]

【0002】

It is sometimes difficult to evaluate video on a device, or even a machine structured to evaluate video when a simulated output cannot be accurately viewed on an attached display. For instance, a video engineer may wish to see how a particular video would look to a viewer watching a consumer LCD (Liquid Crystal Display) television, a producer viewing a studio CRT (Cathode Ray Tube), an engineer in a broadcast center, or an engineer in a product development laboratory. Currently some quality analyzers, such as the picture quality analyzer PQA500 from Tektronix of Beaverton, Oregon incorporates display models, simulating light and the human vision system in order to quantify differences for these types of applications.

[PRIOR ART DOCUMENTS]

[PATENT DOCUMENTS]

【0003】

[PATENT DOCUMENT 1] US Patent No. 6975776

[PATENT DOCUMENT 2] US Patent No. 6907143

[SUMMARY OF THE INVENTION]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

【0004】

However, there is no way for users of such quality analyzers to directly experience the perceptual stimuli that are simulated. Instead, the video is rendered on the display that is used in conjunction with the quality analyzer. Further, display manufacturers have an unmet need to be able to automatically evaluate virtual designs, before a product is built. However, without being able to directly see the differences among display design options, much useful information is hidden from the display engineers.

【 0 0 0 5 】

Although mathematical solutions exist for converting video from one color space to another, such as YCbCr to RGB to CIE 1931 XYZ linear light representation, such solutions do not take into account various display variation from standard RGB. For instance, XYZ coordinates of the purest red, green, or blue represented by the digital video may not match the corresponding XYZ coordinates on the end display. Further, these relationships do not account for a mis-match in gamma values, i.e., a parameter used to represent the non-linear transfer function between the input signal and output light intensity, because the equivalent gamma of a display may not match the gamma in any corresponding standard.

【 0 0 0 6 】

Even in cases where the primaries and gamma do match a standard, such as SMPTE-C for standard definition, or ITU 709 for high definition video, white point calibration is often intentionally set to a non-default value. For instance, a computer monitor typically set at 9500° default color temperature may instead have its white point set to 6500° to match a television default color temperature. This white point calibration allows a display with one set of primaries to come close to looking like a display with another set of primaries. However, such conversion is not included in the color conversion formulae mentioned above, and does so by shifting colors in a way that many colors in the gamut are lost.

【 0 0 0 7 】

Other potential solutions require expensive and specialized equipment to physically measure output from a first display to create a conversion process from a first to a second

display, which is expensive, complex, and too computationally intensive to provide a generalized solution. In addition, it requires an actual display to be measured, and not a modeled display. Further, no system, including the direct measuring systems, includes a way to compensate for response times of LCDs between the end of a video frame and the beginning of a next one. This leads to unacceptable and sometimes very perceptible display artifacts, such as motion blur.

[0 0 0 8]

Embodiments of the invention address this and other limitations of the prior art.

[MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS]

[0 0 0 9]

According to a first aspect of this invention, a method for viewing a simulated light output generated for a first display type on a second display, comprises:
generating the simulated light output based on qualities of the first display type;
compensating the simulated light output for a viewing environment of the second display; and
outputting the simulated light output that has been compensated for color differences and for viewing environment to the second display.

According to a second aspect of this invention, the method of the first aspect of the invention is characterized in that compensating the simulated light output for a viewing environment of the second display comprises compensating the simulated light output for a viewing environment of the second display in real time.

According to a third aspect of this invention, the method of the first aspect of the invention is characterized in that the viewing environment of the second display comprises a virtual reality created viewing environment.

According to a fourth aspect of this invention, the method of the first aspect of the invention is characterized in that the method further comprises compensating the simulated light output for color differences between the first and the second display.

According to a fifth aspect of this invention, the method of the first aspect of the invention is characterized in that the color differences are compensated using matrix manipulation.

According to a sixth aspect of this invention, the method of the first aspect of the invention is characterized in that the method further comprises temporally compensating the simulated light output before providing it to the second display.

According to a seventh aspect of this invention, a device for generating simulated light output, comprises:

- a generator for generating a simulated light output based on qualities of a first display;
- a reverse display model structured to compensate the simulated light output for differences between the first display and a second display; and
- an output for sending the compensated simulated light output for viewing on the second display.

According to an eighth aspect of this invention, the device of the seventh aspect of the invention is characterized in that the reverse display model comprises a color conversion facility.

According to a ninth aspect of this invention, the device of the seventh aspect of the invention is characterized in that the reverse display model comprises a white point calibration facility.

According to a tenth aspect of this invention, the device of the seventh aspect of the invention is characterized in that the reverse display model comprises a temporal filter.

According to an eleventh aspect of this invention, the device of the seventh aspect of the invention is characterized in that the reverse display model comprises a view model of the second display.

According to a twelfth aspect of this invention, the device of the eleventh aspect of the invention is characterized in that the view model accepts a viewing environment that is at least partially generated in a virtual reality generator.

According to a thirteenth aspect of this invention, the device of the twelfth aspect of the invention is characterized in that the virtual reality generator is a component of the device for generating simulated light output.

A system using reverse modeling of a target display type converts simulated light output into a signal that, when rendered on the target display, produces a perceptual response equivalent or nearly equivalent to that of the original simulated light. Further, methods are provided that can adapt to a given available display so that when rendered on the available display, the perceived image closely represents the perceived image of the simulated light or a virtual image.

【 0 0 1 0 】

Particular embodiments of the invention are directed to methods for viewing a simulated light output generated for a selected display type on a second display. The method includes first generating the simulated light output based on qualities of the first display type. Next the simulated light output is compensated for viewing environment of the second display in real-time. After the compensation is complete, the simulated light output that has been compensated is output for the second display.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]**【 0 0 1 1 】**

[Figure 1] Fig. 1 is a functional block diagram of a system for generating a compensated video output according to embodiments of the invention.

[Figure 2] Fig. 2 is a series of equations for calculating weights for white balance calculation used in embodiments of the invention.

[Figure 3] Fig. 3 is a functional block diagram of a system for viewing virtual display outputs according to embodiments of the invention.

[EMBODIMENTS FOR CARRYING OUT THE INVENTION]**【 0 0 1 2 】**

Fig. 1 is a functional block diagram of a system 10 for generating a compensated video output according to embodiments of the invention. An image source, such as a video, virtual-reality images, or other images is provided to a display model that includes modeling information specific for selected types of displays. A display model selector 70 may select, for instance, an LCD display model 30, CRT display model 40, DMD (Digital Micromirror Device) display model 50, or other display model 60. Also, the display model selector 70 may bypass the display model selection completely by choosing the bypass mode 20.

【 0 0 1 3 】

Display models 30-60 include various data, such as color data, white balance, gamma information, etc., about a particular type of display. Display models may include

translations from one particular color space to another, with particular parameters specific to the particular display model type. For video applications, digital video streams and files commonly use YCbCr tristimulus representation as per ITU-R BT.601 for standard definition video and ITU-R BT.709 for high definition video, or in some cases RGB. For digital cinema, direct XYZ representation is already directly supported as per the DCI (Digital Cinema Initiatives) "Digital Cinema System Specification," commonly referred to as the "DCI Specification."

[0 0 1 4]

Display model color conversion

Conversion of YCbCr to RGB (and to XYZ)

For SD and HD video, translation of YCbCr to XYZ may be done as follows:

1) Initialization of the color model:

- a) White point cal: Using RGB and White CIE1931 xyY coordinates given either by:
 - i) a standard such as according to 601, 709, SMPTE-C, EBU or whatever best represents the appropriate display to be simulated); or
 - ii) Custom user defined $x_r, y_r, Y_r, x_g, y_g, Y_g, x_b, y_b, Y_b, x_w, y_w, Y_w$.
 - b) Calculate the required weights $\{w_r, w_g, w_b\}$ applied to R,G and B in order to achieve the given white point (x_w, y_w, Y_w) for $R=G=B$.
 - c) Calculate light conversion matrix for RGB to XYZ conversion, as described below
 - d) LUT (Look Up Table) initialization:
 - i) First, use respective standard translations of YCbCr to pre-gamma RGB $\{E_R, E_G, E_B\}$ using matrix defined by respective colorimetry standard (601, 709, etc.);
 - ii) Convert $\{E_R, E_G, E_B\}$ to light $\{R, G, B\}$ using contrast, gamma and brightness parameters;
 - iii) Apply weights $\{w_r, w_g, w_b\}$ to $\{R, G, B\}$;
(For LCD, end LUT calc. here).
 - iv) Convert weighted RGB light to XYZ using a matrix
- 2a) For CRT & DMD, convert YCbCr directly to XYZ using a LUT or direct calculation, depending on the implementation.

2b) For LCD, convert YCbCr to $\{w_r*R, w_g*G, w_b*B\}$ using a LUT or direct calculation, depending on the implementation, then use RGB to XYZ conversion matrix to finish conversion.

【 0 0 1 5 】

For luminance only processing, i.e., without color, each display model technology has a unique initialization function for such things as creating look-up tables, setting filter parameters (for LCD), etc. It is within these functions that the following color model initialization takes place. Initialization of the color model includes the initialization of white point calibration weights $\{w_r, w_g, w_b\}$ along with any required look-up tables.

【 0 0 1 6 】

Display model using LUTs for color conversion

Converting color data from YCbCr to XYZ may be performed directly using general computation circuitry or equivalent functions. For instance, first, a conversion of YCbCr to ER,EG,EB, according to standards, would use 9 multiplies and 6 adds. Applying a gamma factor to the result then uses 3 exponentials. Applying weights to create a white point may take a further 3 multiplies. Finally, a conversion of RGB light to XYZ (RGB Vector * matrix) takes another 9 multiplies and 5 adds, for a total of 18 multiplies, 12 adds, and 3 exponentials.

【 0 0 1 7 】

Using a Look Up Table (LUT), however, to perform equivalent color compensation, would only use 2 shifters, 2 adders, and 1 table access, and is therefore an attractive option to use fewer resources. Of course, the display model would need to include memory to store the LUT, but this is typically quite a reasonable tradeoff. Embodiments of the invention may use any method for color conversion, of course, and the choice of which method to use is typically an implementation choice.

【 0 0 1 8 】

For CRT and DMD, a direct YCbCr to XYZ conversion may be performed by the use of a LUT, the size of which depending on bit depth. For example, for 8 bit video depth, the number of memory locations for the LUT would be on the order of 6.7×10^7 bits, which

is a practical implementation given present day storage costs. 10 bit video depth and 12 bit video depth would require LUT sizes on the order of 4.3×10^9 bits, and 2.7×10^{11} bits, which is currently not practical for typical implementations.

【 0 0 1 9 】

For LCD, the color conversion is made from YCbCr to RGB (light), because temporal processing for LCDs, as described below, occurs in RGB light space. The size of a LUT for LCD processing is the same as for CRTs and DMDs at the same bit depths.

【 0 0 2 0 】

Display model using trilinear interpolation for color conversion

It is possible to perform a trilinear interpolation for color conversion as well, but may not be a practical consideration given the fact that other conversion, such as direct computation, may be more efficient.

【 0 0 2 1 】

Conversion of YCbCr to ER,EG,EB

YCbCr is converted to ER,EG,EB according to the corresponding colorimetry standard (601, 709, etc.)

【 0 0 2 2 】

Conversion of ER,EG,EB to RGB (light)

The value of normalized (to unity) ER, EG, and EB values are converted to normalized (to unity) RGB light values using gamma, contrast and brightness controls, effectively reusing a luminance model already existing in quality analyzers by applying it to each primary color channel. The subsequent RGB to XYZ light conversion takes into account the actual luminance levels of each.

【 0 0 2 3 】

Display model white point calibration

White is represented as equal "electrical signal" amplitudes of R,G and B. However, when the white point selected (by a standard or a user selecting a non-standard color temperature or other color coordinates) does not coincide with is combination of the R,G and B light output from the display, white point calibration is usually performed.

In effect, white point calibration weights R,G and/or B light output such that the amplitudes are altered in order to achieve the white point. These weights, $\{w_r, w_g, w_b\}$ are calculated during display model initialization.

【 0 0 2 4 】

Using RGB and White CIE1931 xyY coordinates for R,G,B and W ($x_r, y_r, Y_r, x_g, y_g, Y_g, x_b, y_b, Y_b, x_w, y_w, Y_w$), the required weights $\{w_r, w_g, w_b\}$ may be calculated and applied to light outputs for R,G and B in order to achieve the given white point (x_w, y_w, Y_w) for electrical signal $R=G=B$. Given the above and that limits (here normalized to 1) of max and min R, G and B, find the relative ratios of RGB such that the given white point is achieved. Calculation of the weights $\{w_r, w_g, w_b\}$ may be performed as illustrated in Fig. 2.

【 0 0 2 5 】

Next, white points can be calibrated by using RGB and White CIE1931 xyY coordinates given either by:

- Standards such as according to 601, 709, SMPTE-C, EBU or whatever best represents the appropriate display to be simulated) or
- Custom user defined $x_r, y_r, Y_r, x_g, y_g, Y_g, x_b, y_b, Y_b, x_w, y_w, Y_w$

【 0 0 2 6 】

Verification of white point calibration may be performed by the use of colorless (achromatic) video such as all white video (RGB with all channels equal to max white (235) or YCbCr with $Y=235, C_b=C_r=128$, etc.). The XYZ output of the display model should be equal to $X_wTarget, Y_wTarget$ and $Z_wTarget$ respectively.

【 0 0 2 7 】

Display model chromaticity coordinates of primary colors and whites

Note that Y values for R,G,B and W (Y_r, Y_g, Y_b, Y_w) depend on the 1) choice of gamma, 2) maximum luminance value and 3) the light R,G,B to Y conversion. The first two parameters are already included in the already existing luminance only display models in quality analyzers. The third set of 3 weights for R,G and B respectively will generally be calculated from the coordinates of the primaries and

white point along with the first two parameters. However, the RGB to Y conversion is also defined within many standards (i.e. ITU.B-709 HD) via the matrix to convert RGB to XYZ. Including explicit values from each standard, such as ITU.B-709 HD, SMPTE-C, EBU, NTSC, and SMPTE-240M would be redundant, since direct calculation gives the same results for Y, as described below.

【 0 0 2 8 】

Display model temporal filtering for LCDs

The most general display model of LCD technology includes temporal filtering to represent the "zero order hold" aspect of constant or high duty cycle backlighting, or reflected light during the time between frame transitions. In order to model this, a temporal filter is applied to the simulated light output for the luminance only model (applied to Y). For a full color model, this filter is instead applied to RGB (light primaries) outputs prior to conversion to XYZ.

【 0 0 2 9 】

Advanced LCD configuration includes the use of modulated backlight. Modern LCD displays include backlight modulation to mitigate the motion blur problem associated with even theoretical 0 response time technology. The temporal filtering would be modified accordingly: In order to model steady backlight or reflected light, the temporal filter is the cascade of a zero-order hold filter (= 0 response time step function change in luminance at each frame transition) and simple low-pass filter representing the response time. In order to model backlight modulation, parameters such as the duty cycle and phase of the backlight on-off and off-on transitions are received as display specifications. The temporal filter is updated accordingly, with the simulated results tracking the real results of greatly mitigated motion blur. For low duty cycle (back or reflected) light, especially raster scanned methods that mimic CRT's, the temporal filter may be eliminated since the integration in the human eye (accounted for in the human vision model) will sufficiently attenuate remaining high frequency information.

【 0 0 3 0 】

Matrix Conversion from RGB (light) to XYZ

A calculation of initialization of matrix $M_RGBlight2XYZ$ is initialized during the display initialization as follows:

【 0 0 3 1 】

【Equation1】

$$M_RGBlight2XYZ := \begin{bmatrix} \frac{x_r}{y_r} \cdot Y_r \cdot wtnorm_0 & \frac{x_g}{y_g} \cdot Y_g \cdot wtnorm_1 & \frac{x_b}{y_b} \cdot Y_b \cdot wtnorm_2 \\ Y_r \cdot wtnorm_0 & Y_g \cdot wtnorm_1 & Y_b \cdot wtnorm_2 \\ \frac{1 - x_r - y_r}{y_r} \cdot Y_r \cdot wtnorm_0 & \frac{1 - x_g - y_g}{y_g} \cdot Y_g \cdot wtnorm_1 & \frac{1 - x_b - y_b}{y_b} \cdot Y_b \cdot wtnorm_2 \end{bmatrix}$$

Noting that the weighted sum of R=1, G=1, B=1 should result in Y=1: $c := 0..2$

$$M_RGBlight2XYZnorm := \frac{M_RGBlight2XYZ}{\sum_c M_RGBlight2XYZ_{1,c}}$$

【 0 0 3 2 】

An example matrix calculation using SMPTE C and $wtnorm[i] = 1$ is given below, using 100 nits as the maximum luminance level. Note that the maximum luminance level does not matter for the normalized matrix.

【 0 0 3 3 】

【Equation2】

$$M_RGBlight2XYZ = \begin{bmatrix} 39.356 & 36.528 & 19.166 \\ 21.24 & 70.11 & 8.656 \\ 1.874 & 11.194 & 95.83 \end{bmatrix}$$

【 0 0 3 4 】

【Equation3】

$$M_RGBlight2XYZnorm = \begin{bmatrix} 0.3935 & 0.3653 & 0.1916 \\ 0.2124 & 0.7011 & 0.0866 \\ 0.0187 & 0.1119 & 0.9582 \end{bmatrix} \quad \sum_c M_RGBlight2XYZnorm_{1,c} = 1$$

【 0 0 3 5 】

Compare this numerical example with the corresponding coefficients taken from SMPTE-C:

【 0 0 3 6 】

【Equation3】

$$X_{\text{smptec}}(R, G, B) := 0.3935 \cdot R + 0.3653 \cdot G + 0.1916 \cdot B$$

$$Y_{\text{smptec}}(R, G, B) := 0.2124 \cdot R + 0.7011 \cdot G + 0.0866 \cdot B$$

$$Z_{\text{smptec}}(R, G, B) := 0.0187 \cdot R + 0.1119 \cdot G + 0.9582 \cdot B$$

【 0 0 3 7 】

View model

Referring back to Fig. 1, an optional view model or virtual reality viewing environment 80 may add a factor to the output of the selected display model type to more accurately reflect the viewing environment of the display. For example, information about the ambient light, reflected light, or other simulated light may be added linearly to the XYZ representation of the display, using a CIE XYZ representation of the added light information. This view model information is used to modify the predicted picture/video quality rating.

【 0 0 3 8 】

Additionally, any virtual environment aspect may also be similarly included in the view model, also by using the CIE XYZ representation of such added information. Such information may include relatively basic information, for example, information about the display bezel of the display device, or may be as complex as a detailed virtual reality rendering.

【 0 0 3 9 】

Fig. 3 is a functional block diagram of a system for viewing simulated or virtual display outputs according to embodiments of the invention, providing additional detail about the reverse display model 90 of Fig. 1.

【 0 0 4 0 】

A reverse display model 310 of Fig. 3 may be an example embodiment of the reverse display model 90 of Fig. 1. The reverse display model 310 includes facilities for color conversion 312, white point calibration 314, gamma 316, temporal filtering 318, and a view model 320. The components of the reverse display model 310 of Fig. 3 are similar or identical to their counterpart components in the (forward) display models described above. The various factors included within components or sections of the reverse display model 310 may be pre-stored within the display model. In the case that the actual display 340 is known, the particular factors specific to the actual display 340 may be selected, for example as a menu choice on the system. In other embodiments the actual display 340 may identify itself to the system, and a look-up performed to select the appropriate factors for the reverse display model 310.

【 0 0 4 1 】

The reverse display model 310, in contrast to the standard display models 30-60 of Figure 1, operates in “reverse.” In other words, from the XYZ simulated light representation of an image to be evaluated, which was generated for a selected target display type, conversion to standard video representation (which can include XYZ representation) for the actual display 340 is performed. For target displays 340 that do not support XYZ, the inverse of XYZ to RGB light (using the primaries of the actual display to be used), inverse gamma function, and any further conversion (such as standard conversion to YCbCr) may be performed from respectively inverting the matrices and functions described above.

【 0 0 4 2 】

In operation, as a simulated light output is generated, for instance, from video, imaging, or virtual reality, it is optionally passed through a display model for a particular selected display type. The simulated output is then passed to a reverse display model for an actual display, the reverse display model including a compensator for adapting the simulated output to the actual display, so the image viewed on the actual display is as close as possible to the perceived image represented by the virtual or simulated light. The compensations may include display primary (color) compensation and equivalent gamma compensation, white point calibration, temporal characteristics, and viewing

environment of the actual display. The viewing environment may include color and brightness of surroundings and ambient light, and may also include a generated virtual reality viewing environment that includes other images. The compensations change in real time as the simulated light output, actual display viewing environment, and virtual reality environment changes.

【 0 0 4 3 】

In a preferred embodiment, the actual display 340 used for viewing has sufficient if not superior color gamut, maximum luminance, response time, contrast (black level), and other specifications to accurately render the input image. Also, ideally, the viewing conditions will also allow for accurate perception of the rendered image. For example, the ambient light will be sufficiently low as to not raise the effective black level or move the perceived white point (chromatic shift) beyond target accuracy.

【 0 0 4 4 】

Although many of the embodiments described above include a user interface, it will be appreciated that in other embodiments, those parameters may alternatively be determined automatically by a test and measurement instrument

【 0 0 4 5 】

In various embodiments, components of the invention may be implemented in hardware, software, or a combination of the two, and may comprise a general purpose microprocessor, a digital signal processor (DSP), an application specific integrated circuit (ASIC), a field-programmable gate array (FPGA), or the like.

【 0 0 4 6 】

It will be appreciated from the forgoing discussion that the present invention represents a significant advance in the field of display modeling. Although specific embodiments of the invention have been illustrated and described for purposes of illustration, it will be understood that various modifications may be made without departing from the spirit and scope of the invention. Accordingly, the invention should not be limited except as by the appended claims.

[DESCRIPTION OF CODES]

【 0 0 4 7 】

10...System for Generating a Compensated Video Output; 20...Bypass Mode; 30...LCD Display Model; 40...CRT Display Model; 50...DMD (Digital Micromirror Device) Display Model; 60...Other Display Model; 70...Display Model Selector; 80...Optional View Model or Virtual Reality Viewing Environment; 90...Reverse Display Model; 310...Reverse Display Model; 312...Facility for Color Conversion; 314...Facility for white point calibration; 316...Facility for gamma; 318...Facility for Temporal Filtering; 320...Facility for View Model; and 340...Actual Display.

[Claim 1] A method for viewing a simulated light output generated for a first display type on a second display, the method comprising:

generating the simulated light output based on qualities of the first display type;

compensating the simulated light output for a viewing environment of the second display; and

outputting the simulated light output that has been compensated for color differences and for viewing environment to the second display.

[Claim 2] A device for generating simulated light output, comprising:

a generator for generating a simulated light output based on qualities of a first display;

a reverse display model structured to compensate the simulated light output for differences between the first display and a second display; and

an output for sending the compensated simulated light output for viewing on the second display.

[ABSTRACT]

[PROBLEM]

To enable a simulated light output generated for a first display to be accurately viewed on a second display.

[SOLVING MEANS]

In the disclosed method, first, the simulated light output is generated based on qualities of the first display. Next, the simulated light output is compensated for color differences, temporal differences, luminance differences including gamma difference, and differences in viewing environment between the first and the second display, in real-time. Then, the simulated light output that has been compensated for the differences and for viewing environment is output for the second display.

[REPRESENTATIVE DRAWING] FIG. 2

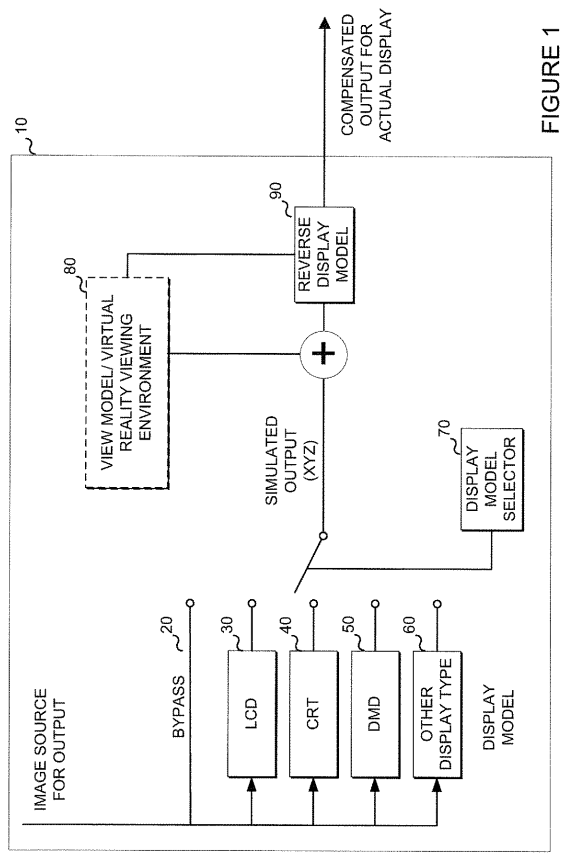


FIGURE 1

$$Xf(x, y, Y) := \text{if}(y > 0, \frac{x}{y}, 0) \quad Zf(x, y, Y) := \text{if}(y > 0, \frac{1-x-y}{y}, 0)$$

$$XrDefault(Y) := Xf(xr, yr, Y)$$

$$ZrDefault(Y) := Zf(xr, yr, Y)$$

$$XgDefault(Y) := Xf(xg, yg, Y)$$

$$ZgDefault(Y) := Zf(xg, yg, Y)$$

$$XbDefault(Y) := Xf(xb, yb, Y)$$

$$ZbDefault(Y) := Zf(xb, yb, Y)$$

$$XwDefault := XrDefault(Yr) + XgDefault(Yg) + XbDefault(Yb)$$

$$ZwDefault := ZrDefault(Yr) + ZgDefault(Yg) + ZbDefault(Yb)$$

$$YwDefault := Yr + Yg + Yb$$

$$XwTarget := Xf(xwUl, ywUl, YwDefault)$$

$$YwTarget := YwDefault$$

$$ZwTarget := Zf(xwUl, ywUl, YwDefault)$$

Constraint equations:

$$M_{XYZ2wrgwb} := \begin{bmatrix} XrDefault(Yr) & XgDefault(Yg) & XbDefault(Yb) \\ Yr & Yg & Yb \\ ZrDefault(Yr) & ZgDefault(Yg) & ZbDefault(Yb) \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} wr \\ wg \\ wb \end{bmatrix} := M_{XYZ2wrgwb} \begin{bmatrix} XwTarget \\ YwTarget \\ ZwTarget \end{bmatrix}$$

normalize to maximum: $wi := 0..2 \quad wt_{wi} :=$

wr
wg
wb

$$wt_{nom} := \frac{wt_{wi}}{\max(wt)}$$

WHITE POINT CALIBRATION

FIGURE 2

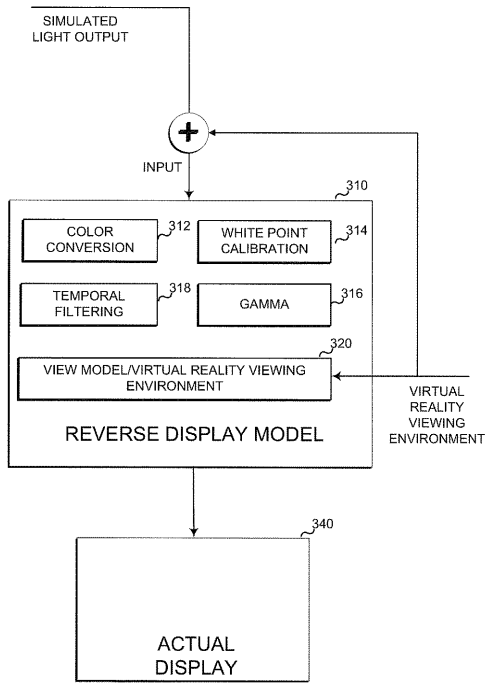


FIGURE 3