

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7198772号

(P7198772)

(45)発行日 令和5年1月4日(2023.1.4)

(24)登録日 令和4年12月21日(2022.12.21)

(51)国際特許分類

F I

G 0 9 G 5/00 (2006.01)

G 0 9 G 5/00 5 5 5 D

H 0 4 N 21/44 (2011.01)

G 0 9 G 5/00 5 1 0 G

H 0 4 N 21/436 (2011.01)

G 0 9 G 5/00 5 1 0 V

G 0 9 G 5/00 5 5 5 M

G 0 9 G 5/00 5 5 0 B

請求項の数 13 (全16頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2019-557580(P2019-557580)

(86)(22)出願日 平成30年4月19日(2018.4.19)

(65)公表番号 特表2020-519929(P2020-519929
A)

(43)公表日 令和2年7月2日(2020.7.2)

(86)国際出願番号 PCT/IB2018/052735

(87)国際公開番号 WO2018/198002

(87)国際公開日 平成30年11月1日(2018.11.1)

審査請求日 令和3年4月16日(2021.4.16)

(31)優先権主張番号 15/496,972

(32)優先日 平成29年4月25日(2017.4.25)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者 508301087

エーティーアイ・テクノロジーズ・ユー
エルシー

A T I T E C H N O L O G I E S U L C

カナダ、オンタリオ エル3ティー 7

エックス6、マーカム、コマース パリー
ドライブ イースト 1

O n e C o m m e r c e V a l l e y

D r i v e E a s t , M a r k h a m

, O n t a r i o , L 3 T 7 X 6 C

a n a d a

(74)代理人 100108833

弁理士 早川 裕司

(74)代理人 100111615

弁理士 佐野 良太

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マルチヘッドマウントディスプレイ仮想現実構成でのディスプレイペーシング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ビデオフレームデータを複数のVRディスプレイに配信する方法であって、
複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することと、
前記複数のVRディスプレイのリアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合を検知することと、

リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、前記複数のVRディスプレイのリソースに対するニーズ間の競合を回避するために、前記複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択されたリフレッシュオフセットを決定することであって、前記選択されたリフレッシュオフセットは、前記複数のVRディスプレイの各々のリフレッシュ間のオフセットを含む、ことと、

前記選択されたリフレッシュオフセットを適用することと、

前記コンテンツを前記複数のVRディスプレイに配信することと、を含む、
方法。

【請求項 2】

前記リソースは、レンダリング及び非同期タイムワープ要求のための計算を含む、
請求項 1 の方法。

【請求項 3】

前記複数のVRディスプレイは動的リフレッシュをサポートし、
前記方法は、

10

20

リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、前記複数のVRディスプレイによるリソースに対するニーズの競合を回避するのにサポートするために、前記複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択された動的リフレッシュレートを決定することと、

前記選択されたリフレッシュオフセット及び前記動的リフレッシュレートを適用することと、を含む、

請求項1の方法。

【請求項4】

前記リソースは、レンダリング及び非同期タイムワープ要求のための計算を含む、

請求項3の方法。

10

【請求項5】

前記コンテンツを生成することは、単一のGPUによって実行される、

請求項1の方法。

【請求項6】

複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することは、

GPUを用いて、前記複数のVRディスプレイのうち1つのVRディスプレイのコンテンツを生成することと、

別のGPUを用いて、前記複数のVRディスプレイのうち別のVRディスプレイのコンテンツを生成又は配信することと、を含む、

請求項1の方法。

20

【請求項7】

前記GPUがマスタとして構成され、前記別のGPUがスレーブとして構成され、前記マスタは、スレーブGPUによって生成又は配信されたフレームの前記選択されたリフレッシュオフセットを制御する、

請求項6の方法。

【請求項8】

仮想現実コンピューティングシステムであって、

コンピューティングデバイスと、

プロセッサと、を備え、

前記プロセッサは、

複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することと、

前記複数のVRディスプレイのリアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合を検知することと、

リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、前記複数のVRディスプレイのリソースに対するニーズ間の競合を回避するために、前記複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択されたリフレッシュオフセットを決定することであって、前記選択されたリフレッシュオフセットは、前記複数のVRディスプレイの各々のリフレッシュ間のオフセットを含む、ことと、

前記選択されたリフレッシュオフセットを適用することと、

前記コンテンツを前記複数のVRディスプレイに配信することと、

を行うための命令を実行するように動作可能である、

仮想現実コンピューティングシステム。

40

【請求項9】

前記複数のVRディスプレイを備える、

請求項8の仮想現実コンピューティングシステム。

【請求項10】

前記プロセッサは、CPU、GPU、又は、CPU及びGPUの組み合わせを含む、

請求項8の仮想現実コンピューティングシステム。

【請求項11】

前記コンピューティングデバイスは、別のプロセッサを備え、

50

前記プロセッサが前記複数のVRディスプレイのうち1つVRディスプレイのコンテンツを生成し、前記別のプロセッサが前記複数のVRディスプレイのうち別のVRディスプレイのコンテンツを生成又は配信する、

請求項8の仮想現実コンピューティングシステム。

【請求項12】

前記プロセッサがマスタとして構成され、前記別のプロセッサがスレーブとして構成され、前記マスタは、スレーブプロセッサによって生成又は配信されたフレームの前記選択されたリフレッシュオフセットを制御する、

請求項11の仮想現実コンピューティングシステム。

【請求項13】

前記複数のVRディスプレイは動的リフレッシュをサポートし、

前記プロセッサは、リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、

前記複数のVRディスプレイのリソースに対するニーズ間の競合を回避することをサポートするために、前記複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択された動的リフレッシュレートを決定することと、

前記選択されたリフレッシュオフセット及び前記動的リフレッシュレートを適用することと、

を行うように動作可能である、

請求項8の仮想現実コンピューティングシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、2017年4月25日に出願された米国特許出願第15/496,972号の優先権を主張し、この全ての内容は、言及することによって本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

仮想現実(バーチャルリアリティ)(VR)システムでは、コンピュータが生成した仮想世界を着用者に示す照明付きスクリーンを備えたヘッドマウントディスプレイ(HMD)が利用される。HMDは、ユーザの頭が動く度にディスプレイを変更し、変更された風景をユーザに示す。ゲーム等のアプリケーションを実行する場合、VRコンピュータは、アプリケーションによって生成されたビデオフレームをレンダリングするだけでなく、ユーザの頭の動きも考慮する必要がある。VRコンピュータは、頭の動きの有無にかかわらず、画像が遅延して、ユーザが僅か1秒又は何分の1秒でも遅れて画像を見ることになるジャダーを回避するために、ほぼリアルタイムでフレームを処理しなければならない。ジャダーは、非常に不快で吐き気を催すことがある。

【0003】

本発明の上述した及び他の利点は、以下の詳細な説明を読み、以下の図面を参照することによって明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0004】

【図1】例示的なVRコンピューティングシステムの概略図である。

【図2】複数のVRディスプレイのリフレッシュサイクルの従来の例示的なタイミング図である。

【図3】例示的な変形例に関する複数のVRディスプレイのリフレッシュサイクルの例示的なタイミング図である。

【図4】別の例示的な変形例に関する複数のVRディスプレイのリフレッシュサイクルの例示的なタイミング図である。

【図5】図1のような概略図であるが、代替の例示的なVRコンピューティングシステム

10

20

30

40

50

を示す図である。

【図6】選択されたリフレッシュオフセットを用いて又は用いることなく、1つ以上のVRディスプレイにフレームを配信するための例示的なプロセスフローを示すフローチャートである。

【図7】選択されたリフレッシュオフセット及び動的リフレッシュを用いて複数のVRディスプレイにフレームを配信するための例示的なプロセスフローを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0005】

VRシステムは、優れたユーザエクスペリエンスを提供するために、ほぼリアルタイムで実行する能力に依存する。上記のように、単一のHMD駆動システムは、単純な状況を表す。複数のHMDがコンピュータシステムに接続されていると、複雑さが増す。従来のVR HMDは、通常、ディスプレイのリフレッシュレートに関連する固定タイムラインで動作する。垂直同期又はVsyncは、異なるコンテンツを有する2つのレンダリングされたフレームの一部がディスプレイに表示されるフレームティアリング (frame tearing) の問題を回避するために、バッファフリップ (buffer flipping) を制御する方法である。Vsyncが有効である場合、各バッファフリップは、各リフレッシュ後にのみ発生し得る。これにより、HMDリフレッシュレートでのフレームレンダリング速度が効果的に制限される。

【0006】

一部のVRシステムベンダは、VR HMDでフレームが失われた場合の影響を軽減するために、非同期タイムワープ (ATW) と呼ばれる手法を導入している。ATWを使用するシステムは、最後のVR HMD位置がゲームに送信された後に発生した相対的な頭の動きに基づいて、ゲームエンジンからの入力無しにVR HMD上の画像をシフトする。これにより、より正確な画像がユーザに表示される。ATWはフレーム全体を移動し、ユーザの頭の回転に対する相対的な変化に基づいてのみフレームをシフトさせる。より最近開発されたものは、いわゆる非同期スペースワープ (ASW) である。ASWを搭載したシステムは、ゲームがリフレッシュレートよりも低いフレームレートで実行されている場合に、ゲームエンジンから「実際の」フレームの間に挿入する新たなフレームを生成することによって、シーン内のオブジェクト及び動きをシフトしようとする。

【0007】

ATWは、Vsync間隔の前の部分に対して最小限のレイテンシで実行される。同様に、中央処理装置 (CPU) 及びグラフィックス処理装置 (GPU) の両方で実行されるフレーム生成の他の部分は、HMDのVsyncに対してペース調整される。これは、単一のHMDを備えたシステムに適している。複数のHMDが接続されている場合、システム (CPUやGPU等) に十分な総処理能力がある場合であっても、複数のHMDに亘る重要なリアルタイムのリソース (例えば、ATWの計算等) の競合によって、信頼性の低い動作が発生する可能性がある。ジェンロック (gen lock) やフレームロック (frame lock) 等のように、ディスプレイの処理と出力とを同期するための従来のソリューションが存在するが、複数のVRヘッドセットに必要な、予測可能な方法でディスプレイの動作をペース調整するソリューションは存在しない。

【0008】

本発明の一態様によれば、ビデオフレームデータを複数のVRディスプレイに配信する方法が提供される。この方法は、複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することと、複数のVRディスプレイのリアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合を検知することと、を含む。リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、複数のVRディスプレイのリソースに対する競合するニーズ間の競合を避けるために、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択されたリフレッシュオフセットが決定される。選択されたリフレッシュオフセットが適用され、コンテンツが複数のVRディスプレイに配信される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

この方法では、リソースは、レンダリング及び非同期タイムワープ要求のための計算を含む。

【 0 0 1 0 】

この方法では、複数のディスプレイが動的リフレッシュをサポートし、リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択された動的リフレッシュレートを決定して、複数のVRによるリソースに対するニーズの競合を回避することをサポートし、選択されたリフレッシュオフセット及び動的リフレッシュレートを適用する。

【 0 0 1 1 】

この方法では、リソースは、レンダリング及び非同期タイムワープ要求のための計算を含む。

【 0 0 1 2 】

この方法では、コンテンツを生成することは、単一のGPUによって実行される。

【 0 0 1 3 】

この方法では、複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することは、GPUを用いて、複数のVRディスプレイのうち1つのVRディスプレイのコンテンツを生成することと、別のGPUを用いて、複数のVRディスプレイのうち別のVRディスプレイのコンテンツを生成又は配信することと、を含む。

【 0 0 1 4 】

この方法では、GPUがマスタとして構成され、別のGPUがスレーブとして構成されることにより、マスタが、スレーブGPUによって生成又は配信されたフレームの選択されたリフレッシュオフセットを制御する。

【 0 0 1 5 】

本発明の別の態様によれば、ビデオフレームデータを複数のVRディスプレイに配信する方法が提供される。この方法は、コンピューティングデバイスで第1アプリケーションを実行して、複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することと、第2アプリケーションを用いて、複数のVRディスプレイのリアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合を検知することと、を含む。リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、複数のVRディスプレイのリソースに対するニーズ間の競合を回避するために、第2アプリケーションを用いて、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択されたリフレッシュオフセットが決定される。選択されたリフレッシュオフセットが適用され、コンテンツが複数のVRディスプレイに配信される。

【 0 0 1 6 】

この方法では、リソースは、レンダリング及び非同期タイムワープ要求のための計算を含む。

【 0 0 1 7 】

この方法では、複数のディスプレイが動的リフレッシュをサポートする。また、この方法は、動きが検知された場合に、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択された動的リフレッシュレートを決定して、動きに起因する、リソースに対する複数のVRディスプレイによるニーズの競合を回避することをサポートすることと、選択されたリフレッシュオフセット及び動的リフレッシュレートを適用することと、を含む。

【 0 0 1 8 】

この方法では、リソースは、レンダリング及び非同期タイムワープ要求のための計算を含む。

【 0 0 1 9 】

この方法では、アプリケーションが、単一のGPUによって実行される。

【 0 0 2 0 】

この方法では、複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することは、GPUを用いて、複数のVRディスプレイのうちの1つのVRディスプレイのコンテンツを生成するこ

10

20

30

40

50

とと、別のGPUを用いて、複数のVRディスプレイのうち別のVRディスプレイのコンテンツを生成又は配信することと、を含む。

【0021】

この方法では、GPUがマスタとして構成され、別のGPUがスレーブとして構成されることにより、マスタが、スレーブGPUによって生成又は配信されたフレームの選択されたリフレッシュオフセットを制御する。

【0022】

本発明の別の態様によれば、仮想現実コンピューティングシステムが提供される。このシステムは、コンピューティングデバイスと、プロセッサと、を含む。プロセッサは、複数のVRディスプレイのコンテンツを生成することと、複数のVRディスプレイのリアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合を検知することと、リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、複数のVRディスプレイのリソースに対するニーズ間の競合を回避するために、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択されたリフレッシュオフセットを決定することと、選択されたリフレッシュオフセットを適用して、コンテンツを複数のVRディスプレイに配信することと、を行うための命令を実行するように動作可能である。

【0023】

この仮想現実コンピューティングシステムは、複数のVRディスプレイを含む。

【0024】

この仮想現実コンピューティングシステムでは、プロセッサは、CPU、GPU、又はCPU及びGPUの組み合わせを含む。

【0025】

この仮想現実コンピューティングシステムでは、コンピューティングデバイスが別のプロセッサを備え、プロセッサが、複数のVRディスプレイのうち1つのVRディスプレイのコンテンツを生成し、別のプロセッサが、複数のVRディスプレイのうち別のディスプレイのコンテンツを生成又は配信する。

【0026】

この仮想現実コンピューティングシステムでは、プロセッサがマスタとして構成され、別のプロセッサがスレーブとして構成されることにより、マスタが、スレーブプロセッサによって生成又は配信されたフレームの選択されたリフレッシュオフセットを制御する。

【0027】

この仮想現実コンピューティングシステムでは、複数のディスプレイが動的リフレッシュをサポートし、プロセッサは、リアルタイム要件を有するリソースに対するニーズの競合が検知された場合に、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択された動的リフレッシュレートを決して、複数のVRディスプレイのリソースに対するニーズ間の競合を回避することをサポートし、選択されたリフレッシュオフセット及び動的リフレッシュレートを適用する、ように動作可能である。

【0028】

複数のVRヘッドマウントディスプレイへのビデオフレームの配信管理を改善する様々な仮想現実(VR)コンピューティングシステムが開示されている。ビデオコンテンツは、複数のVRヘッドマウントディスプレイに配信するために生成されてもよい。VRコンピュータは、VRコンポジット又は他のアプリケーションを介して、複数のVRディスプレイによる部分的又は全体的なフレームレンダリングや非同期タイムワープ等のリアルタイム処理を必要とする競合タスクを監視する。例えば複数のVRディスプレイの検出等によって、リアルタイム又はほぼリアルタイムのコンピューティング要件を必要とする競合タスクが検知された場合に、アプリケーション及びシステムは、複数のVRディスプレイをリフレッシュするための選択されたリフレッシュオフセットを計算して、リソースに対する複数のVRディスプレイによるニーズの競合を回避する。選択されたリフレッシュオフセットが適用され、コンテンツが複数のVRディスプレイに配信される。1つのヘッドマウントVRディスプレイを最初にリフレッシュし、第2ディスプレイを何分の1秒又は何

10

20

30

40

50

分の1フレーム後にリフレッシュし、そして、コンピューティングデバイスに接続された他のVRディスプレイについてもリフレッシュすることができる。このスタガリングによって、リソース要求（例えば、非同期タイムワープやリアルタイム要件を有するフレームレンダリング部分に必要なリソース要求等）の競合が避けられる。さらなる詳細を以下に説明する。

【0029】

以下に説明する図面では、同一の要素が複数の図に示されている場合、符号が大体において繰り返される。ここで図面、特に図1を参照すると、例示的なVRコンピューティングシステム10（以下、システム10）の概略図が示されている。システム10は、コンピューティングデバイス15と、1つ以上のヘッドマウントディスプレイと、を含み、このうち2つのヘッドマウントディスプレイは、それぞれHMD1及びHMD2と示されラベル付けされている。HMDは、ヘッドマウントディスプレイを表す。コンピューティングデバイス15と、HMD1及びHMD2との間の接続20、25は、必要に応じて有線接続又は無線接続とすることができる。コンピューティングデバイス15は、プロセッサ又はCPU30と、GPU35と、システムメモリ38と、ストレージデバイス40と、を含むことができる。CPU30及びGPU35は、汎用ディスクリートデバイスであってもよいし、例えばアクセラレーテッドプロセッシングユニット等によって単一のデバイスに統合されてもよい。オプションとして、CPU30及びGPU35の機能は、1つ以上の特定用途向け集積回路によって実行することができる。システムメモリは、RAM、ROM、又は、これら若しくは他のタイプのフラッシュメモリの組み合わせとすることができる。ストレージデバイス40は、不揮発性コンピュータ可読媒体であり、任意のタイプのハードディスク、光学記憶ディスク、ソリッドステート記憶デバイス、ROM、RAM、又は、コンピュータ可読媒体を格納するための実質的に任意の他のシステムとすることができる。ストレージデバイス40は、本明細書で開示される様々な機能を実行するための非一時的なコンピュータ可読命令を記憶するように動作可能である。

【0030】

コンピューティングデバイス15は、APP1、APP2、...、APPNと略記載される、ドライバ、ソフトウェアアプリケーション又は他のタイプのアプリケーションとすることができる複数のアプリケーションを含むことができる。また、コンピューティングデバイス15は、オペレーティングシステム45と、ビデオドライバ50と、を含むことができる。オペレーティングシステム45と、ビデオドライバ50と、アプリケーションAPP1、APP2、...、APPNとは、ストレージデバイス40に記憶され、システムメモリ38に選択的にロードされてもよい。Windows（登録商標）、Linux（登録商標）、又は、多くのアプリケーション固有タイプのオペレーティングシステムソフトウェアの使用等が可能である。APP1、...、APPNのうち1つのアプリケーション（例えば、APP1）を、HMD1及びHMD2に表示されるコンテンツを生成するアプリケーション（例えば、ゲームや他のプログラム等）とすることができ、他のアプリケーション（例えば、APP2）を、ビデオドライバ50を介して、コンテンツがHMD1及びHMD2にどのように表示されるかという態様を制御するVRコンボジタとすることができる。ビデオドライバ50は、Vsync又は垂直同期を実現するコードを含むことができる。Vsyncは、異なるコンテンツを有する2つのレンダリングされたフレームの一部がディスプレイに表示される「ティアリング」と呼ばれる現象を回避するように設計されている。Vsyncを有効にすると、各バッファフリップは、各リフレッシュの後にのみ発生し得る。

【0031】

アプリケーションAPP1及び/又はアプリケーションAPP2を、ストレージデバイス40に常駐させ、実行中にシステムメモリ38に選択的にロードすることができる。アプリケーションAPP2は、HMD1及びHMD2のディスプレイを駆動するためのタイミング同期を提供するとともに、HMD1及びHMD2に関して複数のVRディスプレイのリフレッシュ間隔を選択的にスキューするように動作可能である。技術的な目標は

10

20

30

40

50

、フレームレンダリングや非同期タイムワープ (ATW) 要求等のリアルタイムワークロードの重複を回避するために、HMD 1 と HMD 2 との間のリフレッシュタイミングにおけるいくつかの選択されたオフセットを提供することである。システム 10 の動作の態様を、図 3 に関連して説明される。しかしながら、図 3 を参照する前に、複数の HMD システムにおける従来のフレームレンダリングを検討することが有用であろう。このような従来のフレームレンダリングを図 2 に示す。図 2 は、HMD 1 のリフレッシュタイミング図 55 と、対応する HMD 2 のリフレッシュタイミング図 60 と、を示している。タイミング図 55、60 の各々に対していくつかのリフレッシュポイント (リフレッシュ 1、リフレッシュ 2、リフレッシュ 3、リフレッシュ 4) が示されており、HMD 1 及び HMD 2 の両方が同じ一定のリフレッシュレート (すなわち、リフレッシュ 1 とリフレッシュ 2 との間、リフレッシュ 2 とリフレッシュ 3 との間、等の時間の逆数) を有すると想定されている。リフレッシュタイミング図 55 は、「ハードウェアキュー」及び「HMD 1 に表示」に対するタイミングアクティビティを示しており、「ハードウェアキュー」は、HMD 1 に対するフレームレンダリングに関連するハードウェア (GPU、APU 等) のアクティビティであり、「HMD 1 に表示」は、レンダリングされたコンテンツの HMD 1 上での実際の表示に至るアクティビティを示している。図 55 に示すように、リフレッシュ 1 の後、リフレッシュ 2 の前のある時点で、HMD 1 のフレームレンダリング (「レンダリング 1」と略記される) が行われ、リフレッシュ 1 の直前にレンダリングされたコンテンツが HMD 1 に表示される (「HMD 1 に送信」と略記される)。リフレッシュのタイミングは、HMD 2 のフレームレンダリングに関連するハードウェアキューのタイミングアクティビティを示し、「HMD 2 に表示」は、レンダリングされたコンテンツの HMD 2 上での実際の表示に至るアクティビティを示している。図 60 に示すように、リフレッシュ 1 の後、リフレッシュ 2 の前のある時点で、HMD 2 のフレームレンダリング (「レンダリング 2」と略記される) が行われ、リフレッシュ 1 の直前にレンダリングされたコンテンツが HMD 2 に表示される (「HMD 2 に送信」と略記される)。ここでは、レンダリング 2 は、リフレッシュ 1 のすぐ後の時刻 t_0 で開始し、レンダリング 1 は、レンダリング 2 が完了した直後に連続して時刻 t_1 に開始すると想定する。リフレッシュ 2 の直後に早送りする。リフレッシュタイミング図 55 に示すように、時刻 t_1 で始まるレンダリング 1 動作に基づくコンテンツは、時刻 t_2 の「HMD 1 に送信」が完了すると、最終的に HMD 1 に表示される。レンダリング 1 が時刻 t_1 で始まってから時刻 t_2 での「HMD 1 に送信」までの間の「レイテンシ HMD 1」というラベルが付されたレイテンシに留意されたい。ここで、リフレッシュ 2 の直後のタイミング図 60 を検討する。時刻 t_0 で始まるレンダリング 2 動作に基づくコンテンツは、時刻 t_2 の「HMD 2 に送信」が完了すると、最終的に HMD 2 に表示される。しかし、時刻 t_0 に開始するレンダリング 2 と時刻 t_2 での「HMD 2 に送信」との間の「レイテンシ HMD 2」というラベルが付されたレイテンシに留意されたい。レンダリング 2 及びレンダリング 1 を、リフレッシュ 1 とリフレッシュ 2 との間で処理が競合するため、時間をずらして配置する必要がある。つまり、レンダリング 2 を、リフレッシュ 1 からリフレッシュ 2 への期間の早い段階で実行する必要があり、これにより、レイテンシ HMD 2 > レイテンシ HMD 1 になり、レイテンシ HMD 2 は、HMD 2 のユーザに対してジャダーを引き起こすのに十分な長さになる。

【0032】

ここで、図 3 に注目すると、改善された動作の例、特に、HMD 1 のリフレッシュタイミング図 65 と、HMD 2 の対応するリフレッシュタイミング図 70 と、が示されている。タイミング図 65、70 の各々について、いくつかのリフレッシュポイント (リフレッシュ 1、リフレッシュ 2、リフレッシュ 3、リフレッシュ 4) が示されている。HMD 1 のリフレッシュレート R_{HMD1} は、 $1 / T_{HMD1}$ で表される。 T_{HMD1} は、HMD 1 に関する図 65 のリフレッシュ 1 とリフレッシュ 2 との間、リフレッシュ 2 とリフレッシュ 3 との間等の期間である。HMD 2 のリフレッシュレート R_{HMD2} は、 $1 / T_{HMD2}$ で表される。 T_{HMD2} は、HMD 2 に関する図 60 のリフレッシュ 1 とリフレッシュ 2 との間、リフレッシュ 2 とリフレッシュ 3 との間等の期間である。リフレッシュレート R_{HMD}

γ_1 及び R_{HMD2} は、同じあってもよいし異なってもよく、 $HMD1$ 及び $HMD2$ とコンピューティングデバイス 15 とが動的リフレッシュレートに対応している場合には、動的に調整することができる。リフレッシュタイミング図 65 は、「ハードウェアキュー」及び「 $HMD1$ に表示」に対するタイミングアクティビティを示しており、ハードウェアキューは、 $HMD1$ のフレームレンダリングに関連するハードウェア（GPU、APU 等）アクティビティであり、「 $HMD1$ に表示」は、レンダリングされたコンテンツの $HMD1$ 上での実際の表示に至るアクティビティを示している。図 65 に示すように、リフレッシュ 1 の後、リフレッシュ 2 の前の時刻 t_4 において、 $HMD1$ のフレームレンダリング（「レンダリング 1」と略記される）が開始され、リフレッシュ 1 の直前にレンダリングされたコンテンツが $HMD1$ に表示される（「 $HMD1$ に送信」と略記される）。レンダリング 1 がリフレッシュ 2 の近くで完了するように、時刻 t_4 が選択されることに注意されたい。図 65 のリフレッシュ 2 の直後に早送りする。リフレッシュタイミング図 65 に示すように、時刻 t_4 に始まるレンダリング 1 動作に基づくコンテンツは、時刻 t_5 の「 $HMD1$ に送信」が完了すると、最終的に $HMD1$ に表示される。レンダリング 1 が時刻 t_4 に始まってから時刻 t_5 での「 $HMD1$ に送信」までの間の「レイテンシ $HMD1$ 」というラベルが付されたレイテンシに留意されたい。次に、リフレッシュタイミング図 70 のタイミングを検討する。リフレッシュタイミング図 70 は、ハードウェアキュー及び「 $HMD2$ に表示」のタイミングアクティビティを示しており、ハードウェアキューは、 $HMD2$ のフレームレンダリングに関連するハードウェア（GPU、APU 等）のアクティビティであり、「 $HMD2$ に表示」は、レンダリングされたコンテンツの $HMD2$ 上での実際の表示に至るアクティビティを示している。しかし、リフレッシュタイミング図 70 のハードウェアキューのリフレッシュ 1（つまり、 $HMD2$ のリフレッシュ 1）は、リフレッシュタイミング図 65 に示す $HMD1$ のリフレッシュ 1 に対して、選択されたりリフレッシュオフセットだけ時間的にオフセットされていることに留意されたい。図 70 に示すように、リフレッシュ 1 の後、リフレッシュ 2 の前の時刻 t_6 において、 $HMD2$ のフレームレンダリング（「レンダリング 2」と略記される）が開始され、リフレッシュ 1 の直前にレンダリングされたコンテンツが $HMD2$ に表示される（「 $HMD2$ に送信」と略記される）。時刻 t_6 は、レンダリング 2 がリフレッシュ 2 の近くで完了するように選択されていることに留意されたい。図 70 のリフレッシュ 2 の直後に早送りする。リフレッシュタイミング図 70 に示すように、時刻 t_6 から始まるレンダリング 2 動作に基づくコンテンツは、時刻 t_7 で「 $HMD2$ に送信」が完了すると、最終的に $HMD2$ に表示される。レンダリング 1 が時刻 t_6 で開始してから時刻 t_7 での「 $HMD2$ に送信」までの「レイテンシ $HMD2$ 」というラベルが付されたレイテンシに留意されたい。リフレッシュオフセットを使用することによって、 $HMD1$ のリフレッシュ 2 の近くでレンダリング 1 を完了し、 $HMD2$ のリフレッシュ 2 の近くでレンダリング 2 を完了することができる。その結果、レイテンシ $HMD1$ は、レイテンシ $HMD2$ と等しいかこれに近いものとなり、レイテンシ $HMD2$ は、図 2 に示す従来技術のレイテンシ $HMD2$ よりも短くなる。

【0033】

引き続き図 3 を参照すると、リフレッシュオフセットは、フレームの一部（例えば、半分まで）又は 1 ～ 2 ミリ秒等の他のソフトウェア制御間隔に基づいて選択されてもよい。選択されたリフレッシュオフセットの目的は、ATW 要求及び / 又は部分的若しくは全体的なフレームレンダリング等のリアルタイム要件を有する $HMD1$ 及び $HMD2$ タスクの時間間隔を空けることである。 $HMD1$ 及び $HMD2$ とコンピューティングデバイス 15 とが動的リフレッシュレートをサポートしている場合、リフレッシュレート R_{HMD1} , R_{HMD2} は、異なるだけでなく、急激に変動してもよいことを理解すべきである。

【0034】

ここで、図 1 及び図 3 に関連して、リフレッシュオフセットのいくつかの例示的な選択について説明する。1 つの例示的な技術は、最大リフレッシュオフセットの総当たり選択を含む。例えば、フレームの一部に関する最大リフレッシュオフセットは、コンピューティングデバイス 15 に接続されたヘッドマウントディスプレイの数の逆数によって与えら

10

20

30

40

50

れる。したがって、例えば、HMD 1 及び HMD 2 がコンピューティングデバイス 15 に接続されている場合、フレームの最大リフレッシュオフセットは、フレームの $1/2$ となる。3つのHMDが存在する場合、最大のリフレッシュオフセットは $1/3$ フレームであり、4つのHMDが存在する場合、最大のリフレッシュオフセットは $1/4$ となる等である。リフレッシュオフセットの選択及び適用は、これらの例におけるAPP 2等のVRコンポジットによって実行することができる。リフレッシュオフセットは、APP 2等を介して又は他の方法でコンピューティングデバイス 15 がHMDの接続又は切断を検知すると、上下に調整することができる。

【0035】

リフレッシュオフセットを選択する別の例示的な技術は、動的選択を含む。ここで、コンテンツ生成アプリケーションAPP 1がHMD 1 及びHMD 2のフレームを生成している間に、VRコンポジット(APP 2)は、排他的操作に要する時間を決定し、ATW要求やフレームレンダリングの重複等の競合するリアルタイムタスク無しに当該排他的操作の実行を可能にするために、リフレッシュオフセットが何であるべきかをビデオドライバ50に指示することができる。リフレッシュ(例えば、HMD 1のリフレッシュ1)の直後、VRコンポジット(APP 2)は、HMD 1 及びHMD 2の追跡データをポーリングし、これによりHMD 1 及びHMD 2の動きを検知し、さらに、リアルタイム要件を有する他の受信タスクも検知する。APP 2は、そのデータが手元にある場合、ATW要求と、HMD 1の動きに対するATW補正を伴うフレームレンダリングとに要する時間を決定し、HMD 1の動きに対するレンダリングが、HMD 2等の競合するHMDの動きに関連するATW要求によって妨げられないように、リフレッシュオフセットが何であるべきかをビデオドライバ50に指示する。APP 2は、ビデオドライバ50に対して、セーフティマージンを含めるように、すなわち、リフレッシュオフセットを必要よりも僅かに大きくするように指示することができる。次の瞬間に、HMD 1 及びHMD 2の他の動きが発生し、それに応じてAPP 2がリフレッシュオフセットを再調整するように促す可能性がある。リフレッシュオフセットを動的に調整するこのプロセスは、HMD 1 及びHMD 2の動きに応じて繰り返し発生する可能性がある。勿論、この技術は、例えば、Advanced Micro Devices、Inc.によって提供される技術であるFreeSyncを用いて、HMD 1 及びHMD 2等の全てのHMDの動的リフレッシュと適合させることができる。

【0036】

特定のVR設定では、リフレッシュレートが異なるHMDを含むことができる。このような状況でも、APP 2は、リアルタイムコンピューティングタスクの間隔を空けるようにリフレッシュオフセットを適用することができる。ここで、HMD 1のリフレッシュタイミング図75と、対応するHMD 2のリフレッシュタイミング図80と、を示す図4に注目する。図4は、図3と同様であり、したがって、いくつかのリフレッシュポイント(リフレッシュ1、リフレッシュ2、リフレッシュ3、リフレッシュ4)が示されており、タイミング図75、80の各々についてハードウェアキュー及び「HMD 1に表示」又は「HMD 2に表示」がトレースしている。但し、上記のように定義されたリフレッシュレートは、HMD 1 及びHMD 2で異なることに留意されたい。何らかの補正が無い場合、リフレッシュレートが異なるHMD 1 及びHMD 2は、不規則な「ビート」パターンを生成し、複数のHMD(HMD 1 及びHMD 2)のリフレッシュ間隔は、大きくなったり小さくなったりし、最終的に競合する。しかしながら、APP 2(VRコンポジットとして、図1を参照)は、リフレッシュオフセットを適用して、HMD 1のリフレッシュ1及びHMD 2のリフレッシュ1と、HMD 1のリフレッシュ2及びHMD 2のリフレッシュ2と等に間隔を空け、これらが競合しないようにすることができる。リフレッシュオフセットの他の方法を使用することもできる。複数のHMD(HMD 1 及びHMD 2)のリフレッシュの競合を回避できない場合、又は、競合しないが異なるHMDからのリフレッシュマーカが互いに近すぎる場合には、ワークロードが競合する可能性があるためにレイテンシが長くなる可能性があることをAPP 2に警告するフィードバックを生成すること

ができる。

【 0 0 3 7 】

複数の V R H M D と共に使用するために、マルチ G P U の変形が想定されている。これに関連して、代替の例示的な変形を示すコンピューティングシステム 1 0 のブロック図である図 5 に注目する。この変形コンピューティングシステム 1 0 は、図 1 に示され、本明細書の他の箇所では説明されているコンピューティングシステム 1 0 の属性の多くを共有する。例えば、複数の V R ディスプレイ H M D 1 及び H M D 2 が存在してもよく、これらの数は、必要に応じて 3 つ以上とすることができる。また、コンピューティングデバイス 1 5 は、G P U 3 5 と、システムメモリ 3 8 と、ストレージデバイス 4 0 と、V s y n c を備えた O S 4 5 と、複数のアプリケーション A P P 1 ~ A P P N と、ビデオドライバ 5 0 と、を含むことができる。さらに、H M D 1 及び H M D 2 は、上述した接続 2 0 , 2 5 を介してコンピューティングデバイス 1 5 に接続することができる。しかし、ここでは、コンピューティングデバイス 1 5 は、G P U 3 5 に加えて、1 つ以上の追加の G P U を含むことができ、そのうちの 1 つが図示され、G P U 8 5 とラベルが付されている。G P U 3 5 , 8 5 は、必要に応じて 3 つ以上実装され得ることを理解されたい。G P U 3 5 , 8 5 の両方は、互いにだけでなく、ストレージデバイス 4 0 及びシステムメモリ 3 8 への動作可能な接続を有することができる。A P P 2 は、本明細書の他の箇所では説明されているように V R コンポジタとして構成されている場合、H M D 1 及び H M D 2 の各々のレンダリングを実行する命令を含むことができる。例えば、G P U 3 5 は、H M D 1 用のコンテンツのレンダリングをタスクし、G P U 8 5 は、他の V R ディスプレイ H M D 2 用のコンテンツのレンダリングをタスクすることができる。一方の G P U (例えば、G P U 3 5) をマスタとして指定し、他の G P U 又は G P U 8 5 をスレーブとして指定して、リフレッシュレート及びリフレッシュポイントのタイミング同期及びスキューイングを行うことが好ましい。タスク処理におけるこの区別、つまりマスタ及びスレーブは、G P U 3 5 と G P U 8 5 とが同じ能力を有する場合、又は、より一般的には、一方の G P U (例えば、G P U 3 5) がカード上のディスクリート G P U 等のより高性能な集積回路であり、他方の G P U 8 5 が、例えば統合グラフィックスチップにおいて性能は劣るが機能する G P U である場合に実施することができる。図 3 に示され、本明細書の別の箇所では説明されるのと同じタイプのタイミング同期及びリフレッシュ間隔の選択的スキューは、図 5 に示すマルチ G P U の変形を使用して実施することができる。しかし、ここでは、マスタ G P U 3 5 に対して、スレーブ G P U 8 5 及びコンピューティングデバイス 1 5 に組み込むことができる他のスレーブ G P U のリフレッシュ間隔の選択的スキューをタスクすることができる。追加の粒度レベルを用いることも可能である。タスク処理における他の区別化が可能である。例えば、より高性能な G P U 3 5 は、H M D 1 及び H M D 2 の両方についてリアルタイム要件を有するタスクに使用することができ、より性能の劣る G P U 8 5 を、H M D 2 の駆動等のように、要求の少ないタスクに使用することができる。別の変形例では、より性能の劣る G P U 8 5 を、レンダリングの一部に使用することができる。他の開示された変形例と同様に、動的リフレッシュは、例えば、F r e e s y n c 又はディスプレイ H M D 1 及び H M D 2 の動的リフレッシュが提供される他の技術を用いて実施することができる。

【 0 0 3 8 】

いくつかの例示的なプロセスフローが、図 6 及び図 7 に示されている。図 6 は、動的リフレッシュが有効にされていない例示的なプロセスフローを示しており、後述する図 7 は、動的リフレッシュが有効にされている例示的なプロセスフローを示している。図 6 は、非同期であり得る 2 つの並列プロセスループ 1 0 0 , 1 0 2 を示している。プロセスループ 1 0 0 は、競合するリソース要求の検知、及び、選択されたリフレッシュオフセットの選択及び適用を処理する。したがって、ステップ 1 0 5 では、H M D が、図 1 に示すコンピューティングデバイス 1 5 に追加されるか削除される。ステップ 1 1 0 では、V R コンポジタ又は同様の機能として実装されたアプリケーション (例えば、A P P 2) は、複数の V R ディスプレイのリアルタイムリソースに対するニーズの競合を検知する。これは

、コンピューティングデバイス 15 に接続された HMD 1、HMD 2 等の VR ディスプレイの数を検知することを伴う。単一の VR ディスプレイが検出された場合には、リアルタイムリソースに対して競合するニーズが生成されないが、2 つ以上の場合には生成される。ステップ 115 では、リアルタイムリソースに対する 1 つ以上の VR ディスプレイによるニーズの競合が検知された場合、プロセスフローはステップ 120 に進み、APP 2 は、リアルタイムリソースに対するニーズの競合を回避するために、適切なリフレッシュオフセットを決定する。この決定では、HMD 1、HMD 2 等の競合する VR ディスプレイがいくつ検出されたかが考慮される。VR ディスプレイが追加された場合にはより多くのリフレッシュオフセットを必要とし、VR ディスプレイが削除された場合には、より少ないリフレッシュオフセットを必要とする。次に、ステップ 125 では、APP 2 は、リフレッシュオフセットを適用して、リアルタイムリソースのニーズの競合を回避し、次いで、プロセスは、ステップ 130 のループ終了に進む。しかし、ステップ 115 において、1 つ以上の VR ディスプレイによるリアルタイムリソースに対するニーズの競合が検知されない場合には、プロセスフローは、ステップ 130 のループ終了にスキップする。ループは、VR ディスプレイが接続又は切断される毎にトリガされる。コンテンツ生成ループ 102 は、並行して進行する。したがって、ステップ 135 から開始して、ステップ 140 では、APP 1 は、HMD 1、HMD 2 等の複数の VR ディスプレイのコンテンツを生成する。ステップ 145 は、プロセスループ 100 のステップ 120、125 の結果を使用する条件である。ステップ 145 において、1 つの VR ディスプレイのみが検出された場合等のように、リフレッシュオフセットが適用されない場合には、ループ 102 は、ステップ 150 に進み、リフレッシュオフセット無しでフレームをレンダリングし、次いでステップ 155 に進み、レンダリングされたフレームを単一の VR ディスプレイに配信し、そして、ステップ 140 に戻る。しかし、ステップ 145 において、複数の VR ディスプレイが検出された場合等のように、リフレッシュオフセットが適用される場合には、ループは、ステップ 160 にスキップし、リフレッシュオフセットを用いてフレームがレンダリングされ、レンダリングされたフレームがステップ 165 で HMD 1、HMD 2 等の複数の VR ディスプレイに配信される。次いで、ループ 102 は、ステップ 140 にループバックする。

【0039】

別の例示的な変形では、プロセスフローは、Free sync 又は他のタイプの動的リフレッシュプログラムによって動的リフレッシュを使用することができる。ここで図 7 を参照すると、ステップ 200 での開始の後、ステップ 205 において動的リフレッシュが有効にされる。ステップ 210 において、APP 1 等のアプリケーションは、ディスプレイ HMD 1 及び HMD 2 等の複数の VR ディスプレイのコンテンツを生成する。次に、ステップ 215 において、アプリケーション APP 2 は、複数の VR ディスプレイによるリアルタイムリソースに対するニーズの競合を検知する。例えば、上述したように、APP 2 は、ATW 要求と、例えば HMD 1 及び HMD 2 の部分的又は全体的なフレームレンダリングとのニーズの競合を検知する。ステップ 220 においてニーズの競合が検知されない場合、プロセスフローは、ステップ 225 に進み、フレームがレンダリングされ、次にステップ 230 において、レンダリングされたフレームが複数の VR ディスプレイに配信される。ステップ 230 に続いて、ステップ 210 に戻る。しかし、ステップ 220 において、アプリケーション APP 2 が、1 つ以上の VR ディスプレイのうち複数の VR ディスプレイによるリアルタイムリソースに対するニーズの競合を検知した場合には、プロセスは、ステップ 235 に進む。ここで、APP 2 は、リアルタイムリソースに対するニーズの競合を回避するために、リフレッシュオフセット及び動的リフレッシュレートを決定する。次に、ステップ 230 において、APP 2 は、選択されたリフレッシュオフセット及び動的リフレッシュレートを適用して、リアルタイムリソースに対するニーズの競合を回避し、その後、ステップ 245 において、選択されたリフレッシュオフセット及び動的リフレッシュレートでフレームがレンダリングされる。次に、プロセスフローは、ステップ 230 に分岐し、レンダリングされたフレームが複数の VR ディスプレイ

10

20

30

40

50

に配信される。勿論、図 6 及び図 7 のプロセスフローは、1 つ以上のアプリケーション及びオペレーティングシステム等を用いて実現することができる。換言すれば、記載されたステップを実施するために、様々なレベルのソフトウェア統合及びハードウェアを用いることができる。

【 0 0 4 0 】

本発明は、様々な修正及び代替形態を受け入れることができるが、特定の変形例が、図面に例として示され、本明細書で詳細に説明されている。しかしながら、本発明は、開示された特定の形態に限定されるのを意図していないことを理解されたい。むしろ、本発明は、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の趣旨及び範囲内にある全ての修正、均等物及び代替物をカバーするものである。

10

20

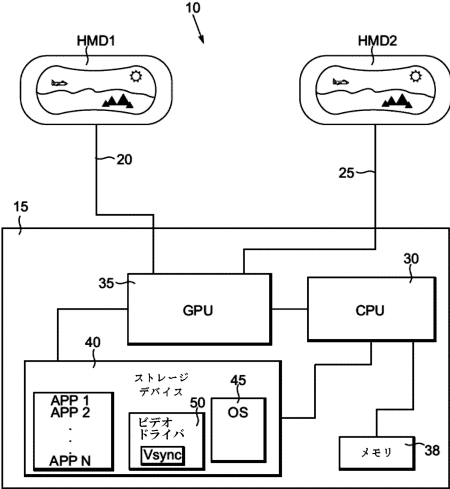
30

40

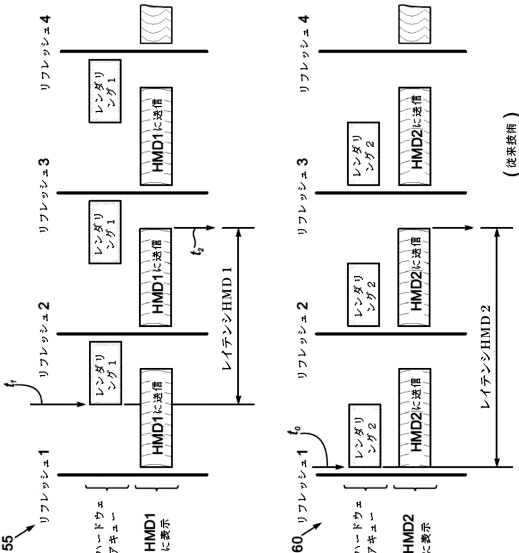
50

【図面】

【図 1】

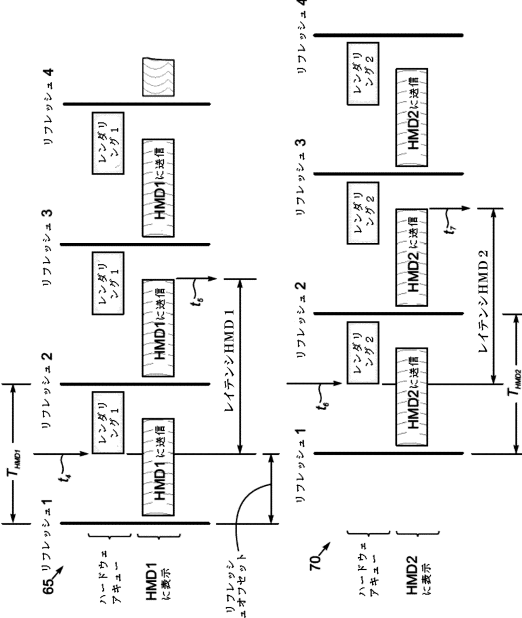


【図 2】

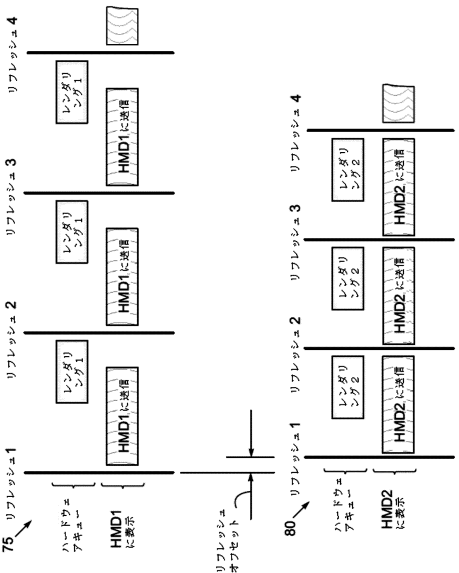


10

【図 3】



【図 4】



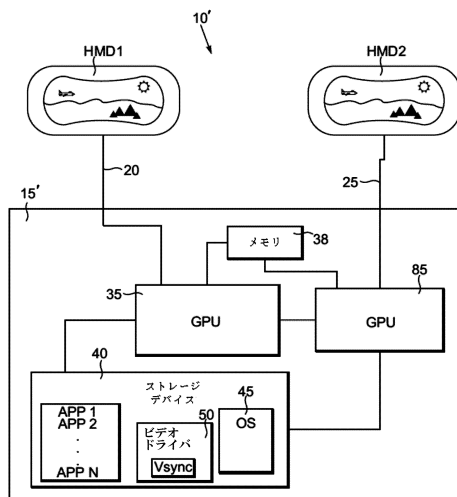
20

30

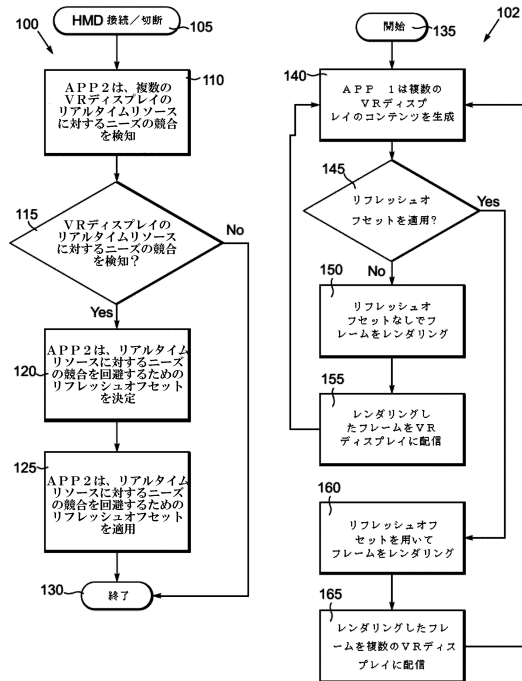
40

50

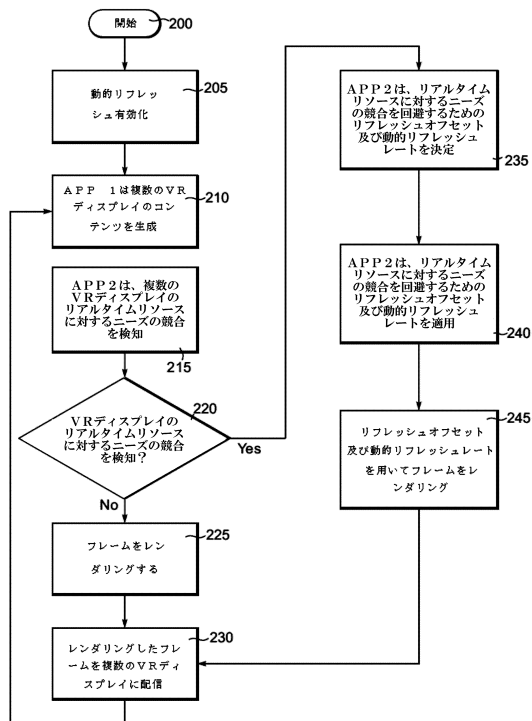
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
H 0 4 N 21/44
H 0 4 N 21/436

(74)代理人 100162156

弁理士 村雨 圭介

(72)発明者 グエンナディ リグール

カナダ国 L 3 T 7 X 6 マーカム、ワン コマース バリー ドライブ イースト

審査官 橋本 直明

(56)参考文献

米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 9 3 1 0 8 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 5 3 6 2 0 (U S , A 1)
特開 2 0 1 6 - 1 6 2 0 3 3 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 9 6 4 4 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 2 4 6 7 7 1 (U S , A 1)
特表 2 0 1 7 - 5 2 4 2 7 5 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 0 3 5 9 3 1 5 5 (C N , A)
特開平 0 6 - 0 2 8 1 9 9 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 9 G 5 / 0 0
H 0 4 N 2 1 / 4 4
H 0 4 N 2 1 / 4 3 6