

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6944863号
(P6944863)

(45) 発行日 令和3年10月6日(2021.10.6)

(24) 登録日 令和3年9月15日(2021.9.15)

(51) Int.Cl. F I
HO4N 5/66 (2006.01) HO4N 5/66 Z
GO6T 19/00 (2011.01) GO6T 19/00 300B

請求項の数 3 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-238042 (P2017-238042)	(73) 特許権者	310021766 株式会社ソニー・インタラクティブエンタ テインメント 東京都港区港南1丁目7番1号
(22) 出願日	平成29年12月12日(2017.12.12)	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(65) 公開番号	特開2019-106628 (P2019-106628A)	(74) 代理人	100109047 弁理士 村田 雄祐
(43) 公開日	令和1年6月27日(2019.6.27)	(74) 代理人	100109081 弁理士 三木 友由
審査請求日	令和2年6月12日(2020.6.12)	(74) 代理人	100134256 弁理士 青木 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像補正装置、画像補正方法およびプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢にもとづいて描画された画像を前記第1時刻の位置または姿勢の情報とともに取得する取得部と、

前記画像を表示する際の第2時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報を取得し、前記第1時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、ヘッドマウントディスプレイのスクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記画像を補正する補正部と、

ネットワークを介して受信された前記画像が符号化された符号化ストリームを復号して得られる過去の時刻における復号画像を前記過去の時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報とともに保持する記憶部とを含み、

前記補正部は、前記符号化ストリームの受信エラーが検出された場合、前記過去の時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、前記スクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記過去の時刻における復号画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記過去の時刻における復号画像を補正することを特徴とする画像補正装置。

【請求項2】

第1時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢にもとづいて描画された画像を前記第1時刻の位置または姿勢の情報とともに取得する取得ステップと、

10

20

前記画像を表示する際の第2時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報を取得し、前記第1時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、ヘッドマウントディスプレイのスクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記画像を補正する補正ステップと、

ネットワークを介して受信された前記画像が符号化された符号化ストリームを復号して得られる過去の時刻における復号画像を前記過去の時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報とともに保持する記憶ステップとを含み、

前記補正ステップは、前記符号化ストリームの受信エラーが検出された場合、前記過去の時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、前記スクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記過去の時刻における復号画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記過去の時刻における復号画像を補正することを特徴とする画像補正方法。

10

【請求項3】

第1時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢にもとづいて描画された画像を前記第1時刻の位置または姿勢の情報とともに取得する取得機能と、

前記画像を表示する際の第2時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報を取得し、前記第1時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、ヘッドマウントディスプレイのスクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記画像を補正する補正機能と、

20

ネットワークを介して受信された前記画像が符号化された符号化ストリームを復号して得られる過去の時刻における復号画像を前記過去の時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報とともに保持する記憶機能をコンピュータに実現させ、

前記補正機能は、前記符号化ストリームの受信エラーが検出された場合、前記過去の時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、前記スクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記過去の時刻における復号画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記過去の時刻における復号画像を補正することを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

この発明は、画像を生成し補正する装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ゲーム機に接続されたヘッドマウントディスプレイを頭部に装着して、ヘッドマウントディスプレイに表示された画面を見ながら、コントローラなどを操作してゲームプレイすることが行われている。ヘッドマウントディスプレイを装着すると、ヘッドマウントディスプレイに表示される映像以外はユーザは見ないため、映像世界への没入感が高まり、ゲームのエンタテインメント性を一層高める効果がある。また、ヘッドマウントディスプレイに仮想現実(Virtual Reality)の映像を表示させ、ヘッドマウントディスプレイを装着したユーザが頭部を回転させると、360度見渡せる全周囲の仮想空間が表示されるようにすると、さらに映像への没入感が高まり、ゲームなどのアプリケーションの操作性も向上する。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

このようにヘッドマウントディスプレイにヘッドトラッキング機能をもたせて、ユーザの頭部の動きと連動して視点や視線方向を変えて仮想現実の映像を生成した場合、仮想現実の映像の生成から表示までに遅延があるため、映像生成時に前提としたユーザの頭部の

50

向きと、映像をヘッドマウントディスプレイに表示した時点でのユーザの頭部の向きとの間でずれが発生し、ユーザは酔ったような感覚（「VR酔い（Virtual Reality Sickness）」などと呼ばれる）に陥ることがある。

【0004】

さらに、ヘッドマウントディスプレイに表示される映像がサーバからストリーム配信される場合、通信遅延が加わるため、映像の生成時点と映像の表示時点の時間差が大きくなる。またネットワークの輻輳状態によって遅延の予測が難しく、受信エラーが発生することもある。

【0005】

本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、画像の生成、配信から表示までの遅延に応じて画像を補正することのできる画像補正技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明のある態様の画像補正装置は、第1時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢にもとづいて描画された画像を前記第1時刻の位置または姿勢の情報とともに取得する取得部と、前記画像を表示する際の第2時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報を取得し、前記第1時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、ヘッドマウントディスプレイのスクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記画像を補正する補正部とを含む。

【0007】

本発明の別の態様は、画像補正方法である。この方法は、第1時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢にもとづいて描画された画像を前記第1時刻の位置または姿勢の情報とともに取得する取得ステップと、前記画像を表示する際の第2時刻のヘッドマウントディスプレイの位置または姿勢の情報を取得し、前記第1時刻の位置または姿勢と前記第2時刻の位置または姿勢の差分に応じて、ヘッドマウントディスプレイのスクリーン座標系の視野を平行移動または回転移動させ、前記画像を平行移動または回転移動後の視野にテクスチャとして貼り付けることにより、前記画像を補正する補正ステップとを含む。

【0008】

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、コンピュータプログラム、データ構造、記録媒体などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、画像の生成、配信から表示までの遅延に応じて画像を補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ヘッドマウントディスプレイの外観図である。

【図2】本実施の形態に係る画像生成システムの構成図である。

【図3】ヘッドマウントディスプレイの機能構成図である。

【図4】本実施の形態に係る画像生成装置の機能構成図である。

【図5】本実施の形態に係る画像補正装置の機能構成図である。

【図6】本実施の形態の画像生成手順を説明するフローチャートである。

【図7】本実施の形態の画像生成手順の詳細なタイムチャートである。

【図8】図8(a)～図8(c)は、ビルボードの回転移動を説明する図である。

【図9】ビルボードの回転移動を詳細に説明する図である。

【図10】回転後のビルボードのスクリーンへの投影を説明する図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0011】**

図1は、ヘッドマウントディスプレイ100の外観図である。ヘッドマウントディスプレイ100は、ユーザの頭部に装着してディスプレイに表示される静止画や動画などを鑑賞し、ヘッドホンから出力される音声や音楽などを聴くための表示装置である。

【0012】

ヘッドマウントディスプレイ100に内蔵または外付けされたジャイロセンサや加速度センサなどによりヘッドマウントディスプレイ100を装着したユーザの頭部の位置情報と頭部の回転角や傾きなどの姿勢(orientation)情報を計測することができる。

【0013】

ヘッドマウントディスプレイ100にはカメラユニットが搭載されており、ユーザがヘッドマウントディスプレイ100を装着している間、外界を撮影することができる。

【0014】

ヘッドマウントディスプレイ100は、「ウェアラブルディスプレイ」の一例である。ここでは、ヘッドマウントディスプレイ100に表示される画像の生成方法を説明するが、本実施の形態の画像生成方法は、狭義のヘッドマウントディスプレイ100に限らず、めがね、めがね型ディスプレイ、めがね型カメラ、ヘッドフォン、ヘッドセット(マイクつきヘッドフォン)、イヤホン、イヤリング、耳かけカメラ、帽子、カメラつき帽子、ヘアバンドなどを装着した場合にも適用することができる。

【0015】

図2は、本実施の形態に係る画像生成システムの構成図である。ヘッドマウントディスプレイ100は、一例として、映像・音声をデジタル信号で伝送する通信インタフェースの標準規格であるHDMI(登録商標)(High-Definition Multimedia Interface)などのインタフェース300で画像補正装置200に接続される。

【0016】

画像補正装置200の一例はゲーム機である。画像補正装置200はネットワーク400を介して画像生成装置500に接続される。画像補正装置200はクライアントであり、画像生成装置500はサーバである。画像生成装置500は、複数のユーザがネットワークを介して参加できるゲームなどのオンラインアプリケーションを画像補正装置200に提供してもよい。

【0017】

画像補正装置200は、ヘッドマウントディスプレイ100の位置・姿勢情報を画像生成装置500に送信する。画像生成装置500は、受信されたヘッドマウントディスプレイ100の位置・姿勢情報にもとづいてヘッドマウントディスプレイ100に表示されるべき画像を描画し、描画データを符号化してビデオストリームとして画像補正装置200に送信する。画像補正装置200は、受信したビデオストリームを復号し、描画データをヘッドマウントディスプレイ100の最新の位置・姿勢に合わせて補正し、ヘッドマウントディスプレイ100に表示する。

【0018】

図3は、ヘッドマウントディスプレイ100の機能構成図である。

【0019】

制御部10は、画像信号、センサ信号などの信号や、命令やデータを処理して出力するメインプロセッサである。入力インタフェース20は、ユーザからの操作信号や設定信号を受け付け、制御部10に供給する。出力インタフェース30は、制御部10から画像信号を受け取り、ディスプレイパネル32に表示する。

【0020】

通信制御部40は、ネットワークアダプタ42またはアンテナ44を介して、有線または無線通信により、制御部10から入力されるデータを外部に送信する。通信制御部40は、また、ネットワークアダプタ42またはアンテナ44を介して、有線または無線通信により、外部からデータを受信し、制御部10に出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

記憶部 5 0 は、制御部 1 0 が処理するデータやパラメータ、操作信号などを一時的に記憶する。

【 0 0 2 2 】

姿勢センサ 6 4 は、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置情報と、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の回転角や傾きなどの姿勢情報を検出する。姿勢センサ 6 4 は、ジャイロセンサ、加速度センサ、角加速度センサなどを適宜組み合わせて実現される。3 軸地磁気センサ、3 軸加速度センサおよび 3 軸ジャイロ（角速度）センサの少なくとも 1 つ以上を組み合わせたモーションセンサを用いて、ユーザの頭部の前後、左右、上下の動きを検出してよい。

10

【 0 0 2 3 】

外部入出力端子インタフェース 7 0 は、U S B (Universal Serial Bus) コントローラなどの周辺機器を接続するためのインタフェースである。外部メモリ 7 2 は、フラッシュメモリなどの外部メモリである。

【 0 0 2 4 】

H D M I 送受信部 9 0 は、H D M I にしたがって映像・音声のデジタル信号を画像補正装置 2 0 0 との間で送受信する。H D M I 送受信部 9 0 は、画像補正装置 2 0 0 により生成された画像を H D M I 伝送路で画像補正装置 2 0 0 から受信し、制御部 1 0 に供給する。

【 0 0 2 5 】

制御部 1 0 は、画像やテキストデータを出力インタフェース 3 0 に供給してディスプレイパネル 3 2 に表示させたり、通信制御部 4 0 に供給して外部に送信させることができる。

20

【 0 0 2 6 】

姿勢センサ 6 4 が検出したヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の現在の位置・姿勢情報は、通信制御部 4 0 または外部入出力端子インタフェース 7 0 を介して画像補正装置 2 0 0 に通知される。あるいは、H D M I 送受信部 9 0 がヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の現在の位置・姿勢情報を画像補正装置 2 0 0 に送信してもよい。

【 0 0 2 7 】

図 4 は、本実施の形態に係る画像生成装置 5 0 0 の機能構成図である。同図は機能に着目したブロック図を描いており、これらの機能ブロックはハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、またはそれらの組合せによっていろいろな形で実現することができる。

30

【 0 0 2 8 】

画像生成装置 5 0 0 の少なくとも一部の機能を画像補正装置 2 0 0 に実装してもよい。

【 0 0 2 9 】

送受信部 5 6 0 は、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の現在（「第 1 時刻」と呼ぶ）の位置・姿勢情報を画像補正装置 2 0 0 から受信し、位置・姿勢取得部 5 1 0 に供給する。

【 0 0 3 0 】

視点・視線設定部 5 2 0 は、位置・姿勢取得部 5 1 0 により取得された第 1 時刻のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報を用いて、ユーザの視点位置および視線方向を設定する。

40

【 0 0 3 1 】

レンダリング部 5 3 0 は、視点・視線設定部 5 2 0 によって設定されたユーザの視点位置および視線方向にしたがって、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 を装着したユーザの視点位置から視線方向に見える仮想空間のオブジェクトをレンダリングし、画像記憶部 5 4 0 に記憶する。

【 0 0 3 2 】

符号化部 5 5 0 は、画像記憶部 5 4 0 に記憶されたレンダリング結果を符号化し、符号化されたビデオストリームを送受信部 5 6 0 に与える。

50

【 0 0 3 3 】

送受信部 5 6 0 は、レンダリング部 5 3 0 による描画に使用された第 1 時刻のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報を位置・姿勢取得部 5 1 0 から受け取り、ビデオストリームデータを第 1 時刻の位置・姿勢情報とともに画像補正装置 2 0 0 に送信する。これにより、フレーム単位でビデオデータと位置・姿勢情報が関連づけられたビデオストリームがサーバである画像生成装置 5 0 0 からクライアントである画像補正装置 2 0 0 に配信される。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、本実施の形態に係る画像補正装置 2 0 0 の機能構成図である。同図は機能に着目したブロック図を描いており、これらの機能ブロックはハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、またはそれらの組合せによっていろいろな形で実現することができる。

10

【 0 0 3 5 】

画像補正装置 2 0 0 の少なくとも一部の機能をヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の制御部 1 0 に実装してもよい。

【 0 0 3 6 】

送受信部 2 1 0 は、ビデオストリームデータと描画に使用された第 1 時刻のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報をフレーム単位で画像生成装置 5 0 0 から受信する。送受信部 2 1 0 は、受信したビデオストリームデータを復号部 2 2 0 に与え、第 1 時刻のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報を位置・姿勢取得部 2 3 0 に与える。

20

【 0 0 3 7 】

復号部 2 2 0 は、ビデオストリームデータを復号し、復号画像を第 1 時刻の位置・姿勢情報とともに画像記憶部 2 5 0 に記憶する。

【 0 0 3 8 】

HDMI 送受信部 2 7 0 は、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 から最新（「第 2 時刻」と呼ぶ）の位置・姿勢情報を受信し、位置・姿勢取得部 2 3 0 に与える。

【 0 0 3 9 】

位置・姿勢取得部 2 3 0 は、第 1 時刻の位置・姿勢情報と第 2 時刻の位置・姿勢情報を補正部 2 6 0 に与える。

【 0 0 4 0 】

補正部 2 6 0 は、画像記憶部 2 5 0 から復号画像を読み出し、第 1 時刻の位置・姿勢情報と第 2 時刻の位置・姿勢情報の差分に応じて画像データを補正するリプロジェクション処理を行い、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の最新の視点位置・視線方向から見える画像に変換する。補正部 2 6 0 は補正された画像データを HDMI 送受信部 2 7 0 に与え、HDMI 送受信部 2 7 0 は補正された画像データをヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 に送信する。

30

【 0 0 4 1 】

エラー検出部 2 4 0 は、ネットワークの輻輳などによってビデオストリームデータが遅延し、送受信部 2 1 0 がフレームの描画タイミングにおいて必要なビデオストリームデータを受信できなかった場合をエラーとして検出する。エラー検出部 2 4 0 は、エラー発生を補正部 2 6 0 に通知する。補正部 2 6 0 は、遅延によりエラーが発生した場合、画像記憶部 2 5 0 から一つ前のフレームの復号画像を読み出し、一つ前のフレームの復号画像の描画に使用された過去の時刻の位置・姿勢情報と第 2 時刻の位置・姿勢情報の差分に応じて一つ前のフレームの復号画像を補正するリプロジェクション処理を行い、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の最新の視点位置・視線方向から見える画像に変換する。

40

【 0 0 4 2 】

ここで、リプロジェクションについて説明する。ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 にヘッドトラッキング機能をもたせて、ユーザの頭部の動きと連動して視点や視線方向を変えて仮想現実の映像を生成した場合、仮想現実の映像の生成から表示までに遅延があるため、映像生成時に前提としたユーザの頭部の向きと、映像をヘッドマウントディスプレイ

50

100に表示した時点でのユーザの頭部の向きとの間でずれが発生し、ユーザは酔ったような感覚(「VR酔い(Virtual Reality Sickness)」などと呼ばれる)に陥ることがある。

【0043】

このように、ヘッドマウントディスプレイ100の動きを検知し、CPUが描画コマンドを発行し、GPU(Graphics Processing Unit)がレンダリングを実行し、描画された画像がヘッドマウントディスプレイ100に出力されるまでには時間がかかる。描画がたとえば60fps(フレーム/秒)のフレームレートで行われており、ヘッドマウントディスプレイ100の動きを検知してから画像を出力するまでに1フレーム分の遅れが生じるとする。これはフレームレート60fpsのもとでは、16.67ミリ秒ほどであり、人間がずれを感知するには十分な時間である。

10

【0044】

さらに、サーバがレンダリングした画像データを符号化してネットワークを介してクライアントに伝送すると、レンダリングに要した時間に通信時間が加わるため、ヘッドマウントディスプレイ100に表示されるまでにさらに遅れが生じる。

【0045】

そこで、「タイムワープ」または「リプロジェクション」と呼ばれる処理を行い、レンダリングした画像をヘッドマウントディスプレイ100の最新の位置と姿勢に合わせて補正することで人間がずれを感知しにくいようにする。

【0046】

図6は、本実施の形態の画像生成手順を説明するフローチャートである。

20

【0047】

クライアントである画像補正装置200の送受信部210は、ヘッドマウントディスプレイ100の現在の位置・姿勢情報をサーバである画像生成装置500に送信する(S10)。

【0048】

画像生成装置500において、送受信部560は、画像補正装置200からヘッドマウントディスプレイ100の現在の位置・姿勢情報を受信する(S12)。レンダリング部530は、ヘッドマウントディスプレイ100の現在の位置・姿勢情報にもとづいてヘッドマウントディスプレイ100に表示されるべき画像をレンダリングする(S14)。

30

【0049】

符号化部550は、レンダリング結果の画像データを符号化する(S16)。送受信部560は、符号化されたビデオストリームを描画に使用されたヘッドマウントディスプレイ100の位置・姿勢情報とともに画像補正装置200に送信する(S18)。

【0050】

画像補正装置200において、送受信部210は、画像生成装置500からビデオストリームと描画に使用されたヘッドマウントディスプレイ100の位置・姿勢情報を受信する(S20)。復号部220は、ビデオストリームを復号する(S22)。補正部260は、描画データをヘッドマウントディスプレイ100の最新の位置・姿勢に合わせて補正するリプロジェクション処理を実行する(S24)。HDMI送受信部270は、補正後の画像データをヘッドマウントディスプレイ100に伝送し、ヘッドマウントディスプレイ100に表示させる(S26)。

40

【0051】

ステップS10において画像補正装置200がヘッドマウントディスプレイ100の位置・姿勢情報を画像生成装置500に送信してから、ヘッドマウントディスプレイ100に画像が表示されるまでのラウンドトリップタイム(RTT)の遅延が生じる。ステップS24におけるリプロジェクション処理はこの遅延をユーザに感じさせないように画像を補間する。

【0052】

図7は、本実施の形態の画像生成手順の詳細なタイムチャートである。

50

【 0 0 5 3 】

時刻 T 1 において、クライアントである画像補正装置 2 0 0 は、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報を取得し、サーバである画像生成装置 5 0 0 に送信する。

【 0 0 5 4 】

時刻 T 2 において、画像生成装置 5 0 0 は、受信したヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報に応じてヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 に表示すべき画像を描画する。時刻 T 3 において、画像生成装置 5 0 0 は描画された画像を符号化し、符号化されたビデオストリームデータを描画に用いたヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報とともに画像補正装置 2 0 0 に送信する。

【 0 0 5 5 】

時刻 T 4 において、画像補正装置 2 0 0 は受信したビデオストリームを復号する。時刻 T 5 において、画像補正装置 2 0 0 は復号画像にリプロジェクション処理を施す。復号画像は時刻 T 1 のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報にもとづいて描画されたものである。時刻 T 5 ではヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 を装着したユーザは頭部を角度 1 だけ回転させており、差分 $T = T 5 - T 1$ の間のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報の変化に応じて復号画像が補間される。時刻 T 6 において、画像補正装置 2 0 0 はリプロジェクション処理された復号画像をヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 に表示させる。

【 0 0 5 6 】

時刻 T 7 において、画像補正装置 2 0 0 は、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報を取得し、画像生成装置 5 0 0 に送信する。

【 0 0 5 7 】

時刻 T 8 において、画像生成装置 5 0 0 は、受信したヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報に応じてヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 に表示すべき画像を描画する。時刻 T 9 において、画像生成装置 5 0 0 は描画された画像を符号化し、符号化されたビデオストリームデータを描画に用いたヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報とともに画像補正装置 2 0 0 に送信するが、ネットワークの輻輳によって遅延が発生し、次のフレームのタイミングに間に合わない。

【 0 0 5 8 】

時刻 T 1 0 において、画像補正装置 2 0 0 はデータの受信にエラーが発生したことを検知し、一つ前のフレームである時刻 T 4 における復号画像（「前回の復号画像」と呼ぶ）をメモリから読み出す。時刻 T 1 1 において、画像補正装置 2 0 0 は前回の復号画像にリプロジェクション処理を施す。前回の復号画像は時刻 T 1 のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報にもとづいて描画されたものである。時刻 T 1 1 ではヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 を装着したユーザは頭部を角度 2 だけ回転させており、差分 $T = T 1 1 - T 1$ の間のヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の位置・姿勢情報の変化に応じて画像が補間される。時刻 T 1 2 において、画像補正装置 2 0 0 はリプロジェクション処理された画像をヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 に表示させる。

【 0 0 5 9 】

図 8 ~ 図 1 0 を参照して、画像補正装置 2 0 0 の補正部 2 6 0 によるリプロジェクション処理を詳しく説明する。本実施の形態ではサーバが既に描画した画像をクライアントが受信して補間するため、画素単位のリプロジェクションは行わず、ビルボードを回転させて視野移動分を補間する方法を用いる。スクリーン座標の 4 頂点の座標値を変換することで画像の線形補間を行うため、クライアントのグラフィックス・プロセッシング・ユニット (GPU) の線形補間の機能を用いて簡単に実装することができる。

【 0 0 6 0 】

図 8 (a) ~ 図 8 (c) は、ビルボードの回転移動を説明する図である。

【 0 0 6 1 】

図 8 (a) は、ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 を装着したユーザが正面を見ているときの第 1 視野 6 0 0 と、ユーザが頭部を角度 1 だけ右に回転させたときの第 2 視野 6 1

10

20

30

40

50

0を示す。ユーザが正面を見ている第1時刻においてサーバは第1視野600に画像を描画するが、描画された画像を表示するタイミングは、ユーザが頭部を角度 θ だけ回転させた第2時刻である。第2時刻では角度 θ の方向に垂直な面である第2視野610に描画された画像を補正して表示する必要がある。

【0062】

図8(b)は、図8(a)の視野の角度 θ の回転移動を補間するために、ビルボードを回転させる方法を示す。正面の第1視野600のビルボードを角度 θ だけ逆方向に回転させ、第1視野600に描画された画像を回転後のビルボード620にテクスチャとして貼り付ける。これにより、第1視野600に描画された画像が線形補間されて図8(a)の第2視野610に表示されることになる。

10

【0063】

図8(c)は、ユーザが頭部を角度 θ だけ右に回転させたときにヘッドマウントディスプレイ100に表示される補間画像を示す。第1視野600に描画された画像が線形補間されて第2視野610に表示されている。

【0064】

図8(b)のビルボードの回転移動は、第1視野600の4頂点を3次元に拡張した座標系で角度 θ だけ逆に回転させることにより行われる。4頂点のx、y座標はスクリーン座標であり、z座標は、回転中心からの距離dであり、距離dは視野角Fovから計算した値を用いる。

【0065】

なお、ヘッドマウントディスプレイ100を装着したユーザが頭部を平行移動させた場合は、第1視野600のビルボードを逆方向に平行移動させ、第1視野600のテクスチャを貼り付ければよい。

20

【0066】

図9は、ビルボードの回転移動を詳細に説明する図である。

【0067】

視野のビルボードの4頂点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 のスクリーン座標はそれぞれ(-1, -1)、(-1, 1)、(1, -1)、(1, 1)であり、3次元に拡張した座標系では、視点からスクリーンまでの距離dをz座標に用いて、(-1, -1, d)、(-1, 1, d)、(1, -1, d)、(1, 1, d)と表される。

30

【0068】

ここで、視点からスクリーンまでの距離dは、左右の視野角 Fov_{left} 、 Fov_{right} から次式で計算される。

$$a = 2 \times Fov_{left} / (Fov_{left} + Fov_{right})$$

$$b = 2 \times Fov_{right} / (Fov_{left} + Fov_{right})$$

$$d = b / \tan(Fov_{right})$$

【0069】

ビルボードの4頂点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 を3次元空間において角度 θ だけ逆に回転させ、回転後のビルボードの4頂点 P_1' 、 P_2' 、 P_3' 、 P_4' の座標値を計算する。ヘッドマウントディスプレイ100の姿勢をクォータニオン(4元数)で表すなら、回転角は、第1視野600におけるヘッドマウントディスプレイ100の姿勢と第2視野610におけるヘッドマウントディスプレイ100の姿勢の差分により計算される。

40

【0070】

クォータニオンを用いたコンピュータグラフィックスに関する3次元回転などの計算方法については「3D-CGプログラマーのためのクォータニオン入門」(工学社、2004年1月)に記載されている。

【0071】

第1視野600、第2視野610におけるヘッドマウントディスプレイ100の姿勢 q_A 、 q_B は次式で表される。

$$q_A = (qx_A, qy_A, qz_A, qw_A)$$

50

$$q_B = (qx_B, qy_B, qz_B, qw_B)$$

【 0 0 7 2 】

ヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の回転角 $q_{A B}$ は、第 1 視野 6 0 0、第 2 視野 6 1 0 におけるヘッドマウントディスプレイ 1 0 0 の姿勢 q_A 、 q_B の差を次式で計算することにより求められる。

$$q_{AB} = q_A * q_B^{-1}$$

【 0 0 7 3 】

クォータニオンの逆数 q_B^{-1} は

$$q_B^{-1} = (-qx_B, -qy_B, -qz_B, qw_B)$$

であるから、回転角 $q_{A B}$ は次式で求められる。

$$\begin{aligned} q_{AB} &= q_A * q_B^{-1} \\ &= (qx_A, qy_A, qz_A, qw_A) * (-qx_B, -qy_B, -qz_B, qw_B) \\ &= (qw_A * qx_B + qx_A * qw_B + qy_A * (-qz_B) - qz_A * (-qy_B), \\ &\quad qw_A * qy_B - qx_A * (-qz_B) + qy_A * qw_B + qz_A * (-qx_B), \\ &\quad qw_A * qz_B + qx_A * (-qy_B) - qy_A * (-qx_B) + qz_A * qw_B, \\ &\quad qw_A * qw_B - qx_A * (-qx_B) - qy_A * (-qy_B) - qz_A * (-qz_B)) \end{aligned}$$

【 0 0 7 4 】

ビルボードの 4 頂点 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 を回転角 $q_{A B}$ で回転させて P_1' 、 P_2' 、 P_3' 、 P_4' の座標値を求める。4 頂点をクォータニオンで回転させるため、4 頂点の座標値を以下のように 4 次元ベクトルで表す。

$$P_1 = (-1, -1, d, 0)$$

$$P_2 = (-1, 1, d, 0)$$

$$P_3 = (1, -1, d, 0)$$

$$P_4 = (1, 1, d, 0)$$

【 0 0 7 5 】

点 p のクォータニオン q による回転は、 $q^{-1} * p * q$ で与えられるので、回転後の 4 頂点 P_1' 、 P_2' 、 P_3' 、 P_4' は次式で求められる。ただし、次式において n は 1 から 4 のいずれかである。 px 、 py はスクリーン座標であり、上述のように 1 または -1 で与えられる。 pz は視点からスクリーンまでの距離 d である。また、回転角 $q_{A B} = (qx_{A B}, qy_{A B}, qz_{A B}, qw_{A B})$ とおいた。

$$\begin{aligned} P_n' &= q_{AB}^{-1} * P_n * q_{AB} \\ &= (-qx_{AB}, -qy_{AB}, -qz_{AB}, qw_{AB}) * (px, py, pz, 0) * (qx_{AB}, qy_{AB}, qz_{AB}, qw_{AB}) \\ &= (qw_{AB} * px + (-qy_{AB}) * pz - (-qz_{AB}) * py, \\ &\quad qw_{AB} * py - (-qx_{AB}) * pz + (-qz_{AB}) * px, \\ &\quad qw_{AB} * pz + (-qx_{AB}) * py - (-qy_{AB}) * px, \\ &\quad -(-qx_{AB}) * px - (-qy_{AB}) * py - (-qz_{AB}) * pz) * (qx_{AB}, qy_{AB}, qz_{AB}, qw_{AB}) \\ &= ((qx_{AB}^2 - qy_{AB}^2 - qz_{AB}^2 + qw_{AB}^2)px + 2(qx_{AB} * qy_{AB} + qz_{AB} * qw_{AB})py + 2(qx_{AB} * qz_{AB} - qy_{AB} * qw_{AB})pz, \\ &\quad 2(qx_{AB} * qy_{AB} - qz_{AB} * qw_{AB})px - (qx_{AB}^2 - qy_{AB}^2 + qz_{AB}^2 - qw_{AB}^2)py + 2(qy_{AB} * qz_{AB} + qx_{AB} * qw_{AB})pz, \\ &\quad 2(qx_{AB} * qz_{AB} + qy_{AB} * qw_{AB})px + 2(qy_{AB} * qz_{AB} - qx_{AB} * qw_{AB})py - (qx_{AB}^2 + qy_{AB}^2 - qz_{AB}^2 - qw_{AB}^2)pz, \\ &\quad -2 * qy_{AB} * qz_{AB} * px_{AB}) \end{aligned}$$

【 0 0 7 6 】

図 1 0 は、回転後のビルボードのスクリーンへの投影を説明する図である。

【 0 0 7 7 】

回転後のビルボードの 4 頂点 P_1' 、 P_2' 、 P_3' 、 P_4' は 3 次元空間にあるため、これをスクリーンに再度投影する必要がある。次式のように、視点からスクリーンまでの距離 d と回転後のビルボードの奥行き pz' の比を回転後のビルボードの 4 頂点 P_n' の座標値 px' 、 py' に乗算することにより、スクリーン上の 4 頂点 P_n' s c r e e

10

20

30

40

50

n の座標値を求める。ただし、 n は 1 から 4 のいずれかである。

$$\begin{aligned} Pn'_{screen} &= (px', py') * d / pz' \\ &= (px' * d / pz', py' * d / pz') \end{aligned}$$

【 0 0 7 8 】

以上、本発明の実施の形態を説明した。通常のリプロジェクション処理は描画から表示までの処理時間を埋めるために行われ、画像生成時点の視点位置および視線方向を前提に生成された画像を、画像表示時点の視点位置および視線方向を用いて補正することにより、画像生成時点から画像表示時点までの時間差分を吸収する。それに対して、本実施の形態のようにヘッドマウントディスプレイ 100 にネットワークを介して画像をストリーミング配信する場合は、通信時間も含めた時間差分を吸収するためにリプロジェクション処理が行われる。

10

【 0 0 7 9 】

ストリーミング配信の場合、クライアントはヘッドマウントディスプレイ 100 の現在の位置・姿勢情報をサーバに送信し、サーバは受信した位置・姿勢情報にもとづいて描画し、サーバからビデオストリームとともに描画の際に利用した位置・姿勢情報をクライアントに送信する。クライアントは、描画の際に利用した位置・姿勢情報と最新の位置・姿勢情報の差を埋めるために、サーバが描画した画像にリプロジェクション処理を施す。これにより、クライアントがサーバに描画をリクエストした時点から、通信時間も含めて、画像を表示する時点までの時間差分を吸収することができる。

20

【 0 0 8 0 】

また、ストリーミング配信の場合、ネットワークの輻輳などにより通信遅延が発生し、ビデオストリームが時間通りに到着しないエラーが発生しうる。データの到着エラーが発生した場合は、前回の復号画像を再利用し、ヘッドマウントディスプレイ 100 の最新の位置・姿勢に合うように前回の復号画像に対してリプロジェクション処理を施すことで通信遅延に柔軟に対処できる。

【 0 0 8 1 】

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なること、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。そのような変形例を説明する。

30

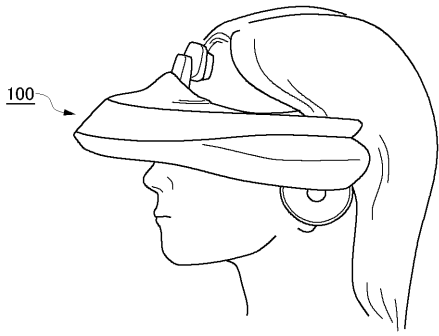
【符号の説明】

【 0 0 8 2 】

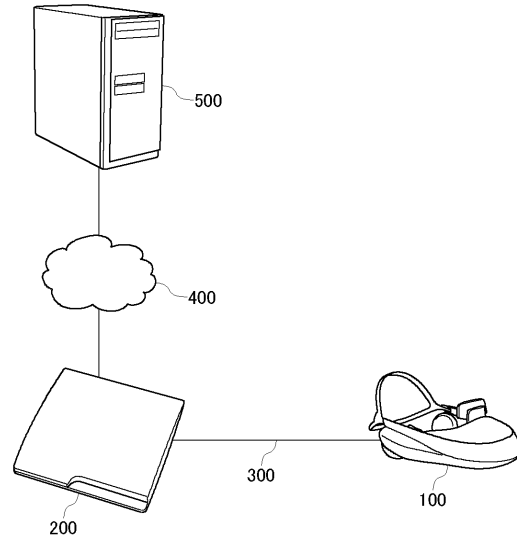
10 制御部、 20 入力インターフェース、 30 出力インターフェース、 32 ディ스플레이パネル、 40 通信制御部、 42 ネットワークアダプタ、 44 アンテナ、 50 記憶部、 64 姿勢センサ、 70 外部入出力端子インターフェース、 72 外部メモリ、 90 HDMI送受信部、 100 ヘッドマウントディスプレイ、 200 画像補正装置、 210 送受信部、 220 復号部、 230 位置・姿勢取得部、 240 エラー検出部、 250 画像記憶部、 260 補正部、 270 HDMI送受信部、 300 インターフェース、 400 ネットワーク、 500 画像生成装置、 510 位置・姿勢取得部、 520 視点・視線設定部、 530 レンダリング部、 540 画像記憶部、 550 符号化部、 560 送受信部。

40

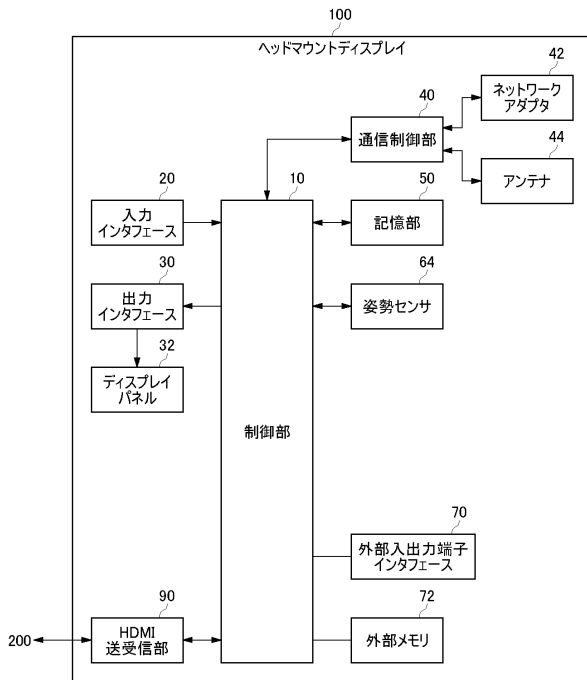
【図1】



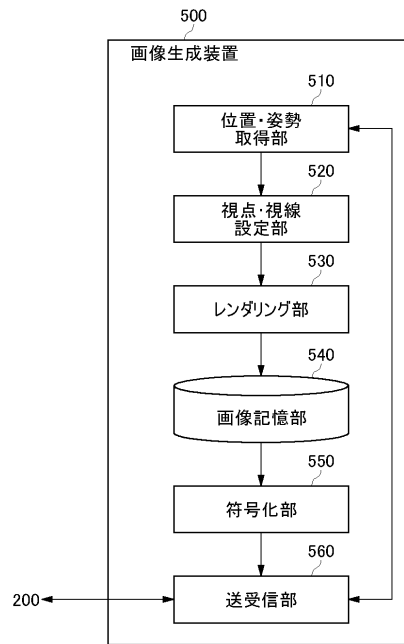
【図2】



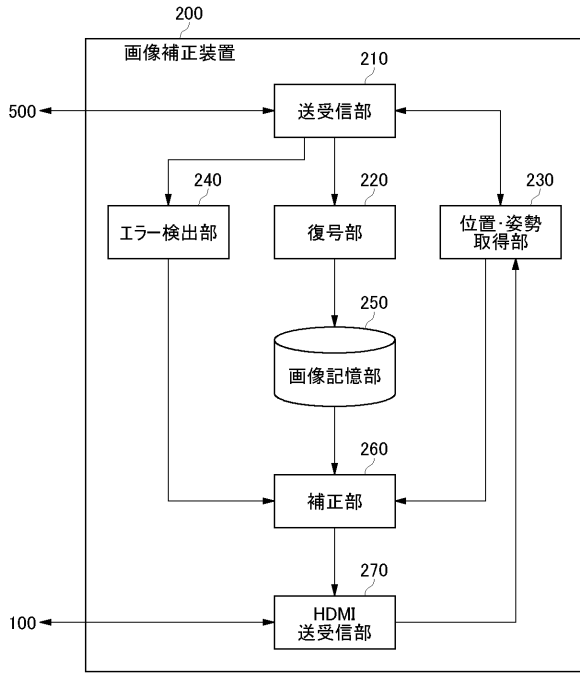
【図3】



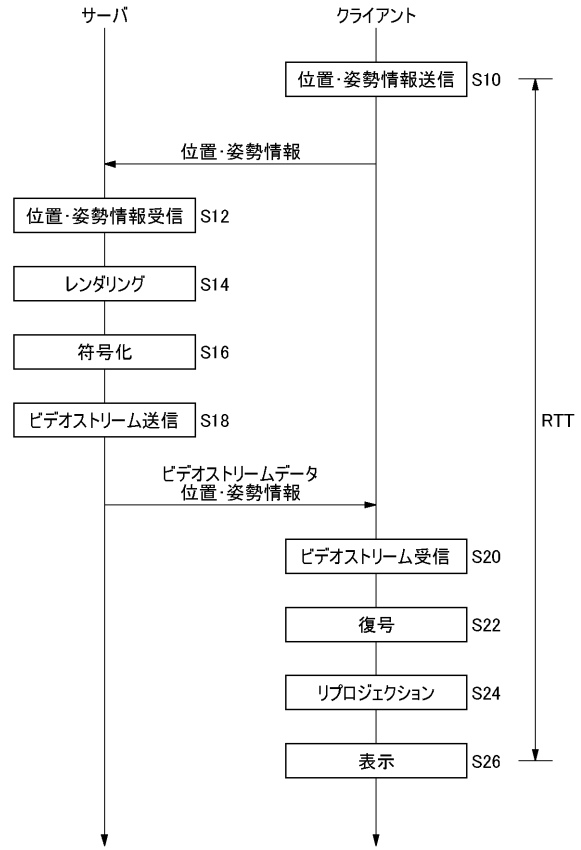
【図4】



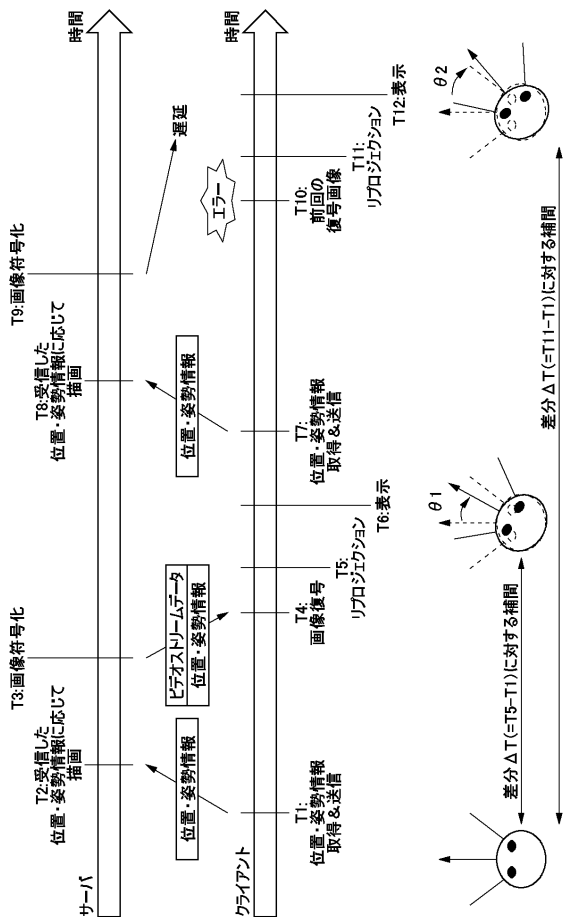
【図5】



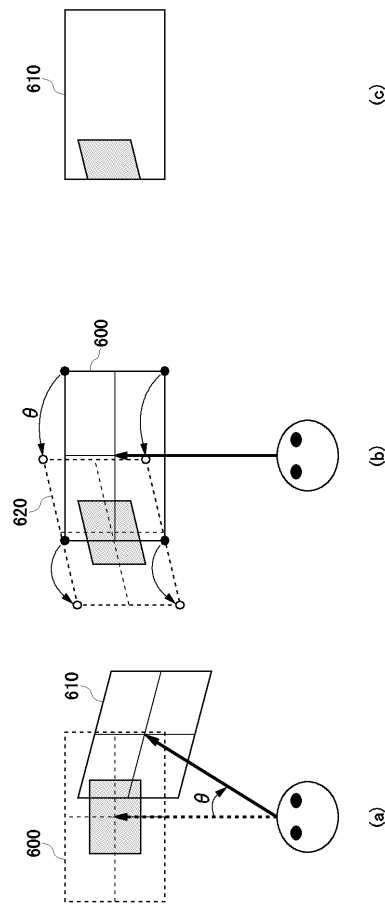
【図6】



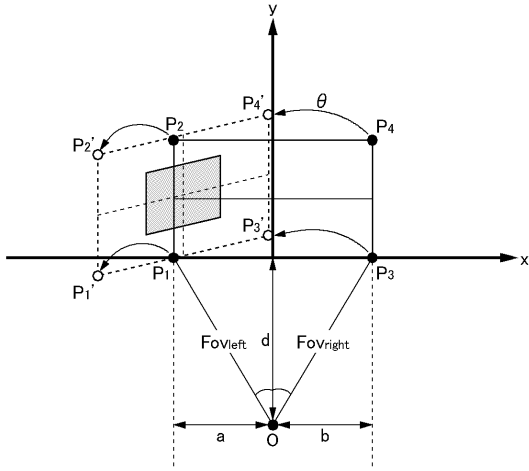
【図7】



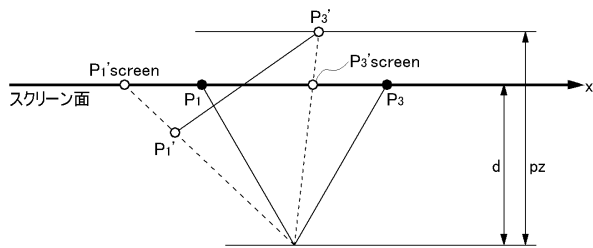
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 宣之

東京都港区港南1丁目7番1号 株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント内

審査官 益戸 宏

(56)参考文献 特開2015-95045(JP,A)

特開2012-33038(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/66

G06T 19/00

G02B 27/02

G09G 5/00