



GPU 内蔵ハードコーデックによる 高画質・低帯域を実現する画面転送方式

山田幸二¹⁾, 宮本亮¹⁾, 山崎浩一¹⁾, 松田正宏¹⁾, 中川章¹⁾, 上原義文¹⁾

1) 富士通研究所 (〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中 4-1-1, kyamada@jp.fujitsu.com)

概要: 従来、GPU による 3D レンダリングはスタンドアローン PC 環境で行われてきたが、近年、情報漏洩抑制や事業継続等を目的として、クラウドの GPU を搭載したサーバで 3D レンダリングした映像のみを圧縮して送信し、クライアント側で復号して表示することが増えてきている。本稿では、GPU が内蔵しているハードコーデックを用いて、画質劣化のわかりにくい動領域は画質を落とし、画質劣化のわかりやすい静止領域を高画質に映像圧縮することにより、4K の大画面を、高画質、低帯域で伝送可能な画面転送方式を開発したので報告する。

キーワード: テレマージョン・テレレジスタンス、入出力デバイス、VR 環境構築

1. はじめに

GPU の 3D レンダリング能力の向上、スマートフォンやヘッドマウントディスプレイ等の普及により、リアリティのある VR を容易に実現する環境が整ってきている。通常、VR ソフトウェアが行う 3D レンダリングと 3D 映像の表示は、同一拠点にあるデバイスで行われるが、近年、GPU の仮想環境対応、映像圧縮技術の向上等により、ネットワークゲームなどのように、クラウド内の GPU を搭載したサーバで 3D レンダリングを行い、描画した映像を圧縮してクライアントに送信し、クライアントで送信されてきた圧縮映像を復号して表示することが増えてきている。

このようにリモート環境で 3D レンダリングを行うことにより、次のようなメリットを享受できる。(1) 3D コンテンツはサーバで管理され、3D レンダリング映像のみクライアントに送信されるため、3D コンテンツの漏洩防止が可能。(2) クライアントに高性能な GPU が不要なため、スマートフォンのような CPU 性能の低いモバイル端末でも VR コンテンツの視聴可能。(3) 複数拠点での 3D 映像を見ながらの共同作業が可能。

筆者らは、CAD/CAE 設計環境クラウド向けに、3D レンダリング映像を圧縮してクライアント送信し、クライアントで復号して表示する、高速シンクライアント技術の開発を行っている。

本稿では、3D レンダリングを行う GPU に搭載されているハードコーデックを使用して、4K サイズの大画面映像

を高画質かつ低帯域で転送する画面転送方式を開発したので報告する。

2. 高速シンクライアント技術について

富士通研究所では、主として CAD/CAE 設計環境向けに、クラウドのサーバで動作する仮想デスクトップをクライアント端末から操作し、仮想デスクトップの画像をクライアントに転送する高速シンクライアント技術 (RVEC: Remote Virtual Environment Computing) の開発を行っている[1]。RVEC は以下のような特徴を持つ。(1) デスクトップ画像の領域毎の更新頻度、画像の特徴を分析し、領域毎に適切な符号化方式を適用することにより、データ転送量を削減し、ネットワーク帯域の削減を実現している。具体的には、更新頻度の高い動画領域は、H.264 などの動画コーデックで、更新頻度の低い静止画領域は、JPEG などの静止画コーデックで、ワイヤーフレーム画像の領域はグラフィック画像圧縮[2]で符号化する (図 1、図 2)。(2) 静止画コーデックと動画コーデックが密接に連携することにより、動画領域・静止画領域の切り替え時のネットワーク帯域を削減する。(3) パケットロスや遅延が大きい環境に対応するために、TCP に加えて UDP ベースの転送方式も搭載し、操作性の悪化を抑制している[3]。(4) サーバ・クライアント間の利用可能なネットワーク帯域を推定し、推定したネットワーク帯域で遅延なく送信できるように送信フレームレートを制御することにより、モバイル環境などのような狭帯域のネットワークでも低遅延で画面操作が可能である[4]。

Kohji YAMADA, Ryo MIYAMOTO, Kouichi YAMASAKI, Masahiro, MATSUDA, Akira Nakagawa and Yoshifumi UEHARA

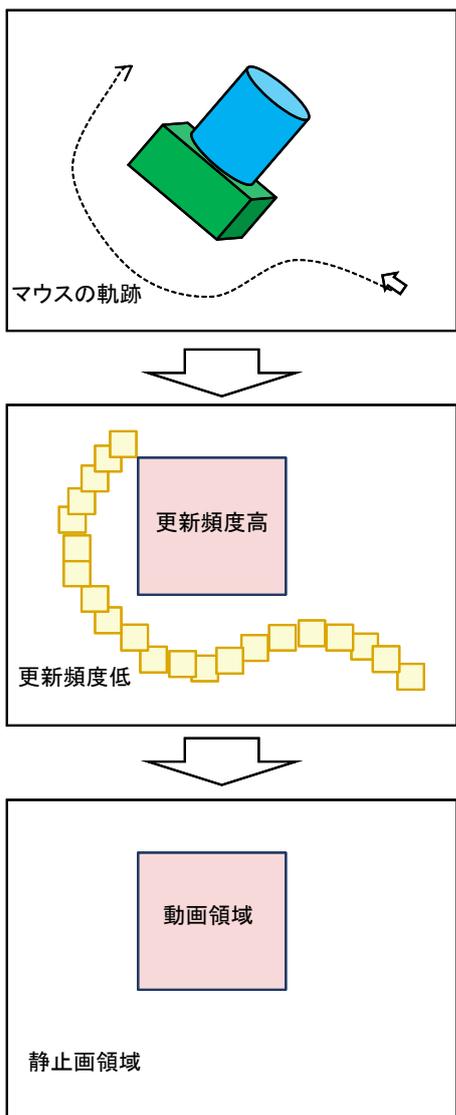


図 1: RVEC の動画・静止画領域判定処理

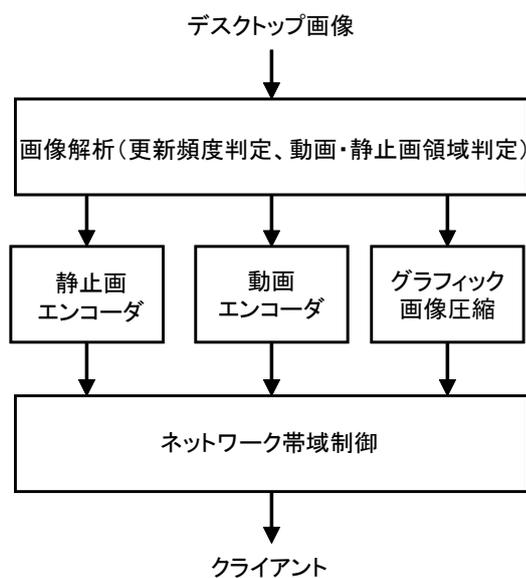


図 2: RVEC サーバの処理内容

3. GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC について

3.1 狙い

CAD/CAE のデスクトップ画面は、設計効率向上のため、大画面化、高解像度化してきている。また、VR 映像も同様に、高精細映像による臨場感向上のために高解像度化し、立体視映像では、左目・右目用の 2 画面があるため、さらに映像の画素数が多くなる。このような画面の高解像度化に伴い、画面転送の処理負荷及びネットワーク帯域が増加する。そこで、GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC では、動画領域の圧縮処理を GPU にオフロードすることにより、CPU 負荷を低減して、処理を高速化する。また、動領域の符号化方式として、最新の動画像符号化標準である HEVC を採用して圧縮率を向上させることにより、ネットワーク帯域を削減する。その結果、ユーザの操作性を損なわないフレームレート、かつ、実用的なネットワーク帯域で、4K の大画面の転送を実現している。

3.2 構成・特徴

GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC の構成を図 3 に示す。クライアントは、キーボードやマウスなどの端末操作データをサーバに送信する。サーバは、描画した画像を CPU と GPU で圧縮した処理画面データをクライアントに送信する。クライアントは受信した処理画面データを CPU と GPU で復号してモニタに表示する。

GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC では、最新の動画像符号化標準である HEVC を動領域の符号化方式として採用することにより、圧縮率を向上させて、ネットワーク帯域の低減を行っている。また、動領域を符号化する GPU 内蔵ハードコーデックと静止画圧縮コーデックが密接に連携して、時間方向での動領域と静止画領域の切り替え時の帯域増加も抑制している。

それに加えて、GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC では、従来の RVEC で、ソフトコーデック、つまり、CPU により圧縮していた動領域の符号化処理を、GPU に内蔵されたハードコーデックにオフロードして CPU 負荷を低減する。この結果、処理速度が高速化し、H.264 より処理負荷の高い HEVC の適用、及び画面の高解像度化によるユーザの操作性の低下を抑制している。

また、従来の RVEC と同様に、動きがないために画質劣

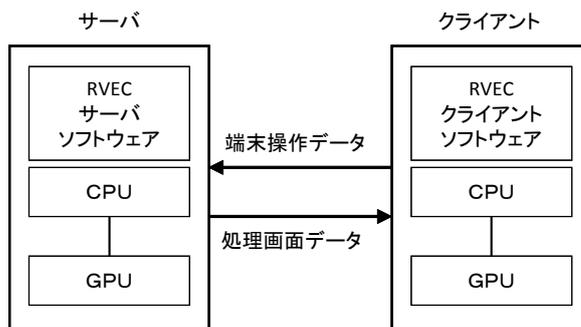


図 3: GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC の構成

化が目立ちやすい静止画領域と比較して、動いているために画質劣化が目立ちにくい動画領域の精細感を落として符号化することにより、主観的高画質と低帯域を実現している。

4. 性能評価

4.1 評価方法

開発した GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC が実用的な操作性と帯域を実現しているかを見極めるために、製品化されているソフトコーデック版 RVEC との比較により性能評価を行った。具体的には、CAD ソフトによるシェーディング表示の 3D オブジェクトの回転操作及び移動操作を RVEC で画面転送した場合のクライアントにおけるフレームレートと受信帯域を測定した。但し、GPU 内蔵ハードウェアコーデック版 RVEC は 4K (3840×2160 画素) の解像度で、ソフトコーデック版 RVEC は Full HD (1920×1080 画素) の解像度とした。ネットワーク帯域は、フレームレートに依存するため、1 フレームあたりの情報量で比較した。また、4K は Full HD と比較してモニタのドットピッチが小さいことが多く、画質劣化が目立ちにくいことから、4K の圧縮率を Full HD より高めにした。

4.2 評価結果

フレームレートの測定結果を図 4 に示す。フレームレートは、回転操作と移動操作の両方とも、GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC とソフトコーデック版 RVEC でほぼ同等である。

帯域の測定結果を図 5 に示す。帯域 (1 フレームあたりの情報量) は、回転操作の場合、GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC とソフトコーデック版 RVEC でほぼ同等で、移動操作の場合、ソフトコーデック版 RVEC より GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC の方が、圧倒的に 1 フレームの発生情報量が少ない。

以上のことから、4K サイズの GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC は、製品化され実運用されている Full HD 画像サイズのソフトコーデック版 RVEC と同等のフレームレート、つまり、同等の操作性で、かつ、帯域が同等以下であることがわかる。従って、GPU 内蔵ハードコーデック版 RVEC は、実用的な操作性及びネットワーク帯域で、4K サイズの画面を転送可能であることがわかる。

5. まとめ

GPU に内蔵された HEVC ハードコーデックを動領域符号化エンジンとして搭載した RVEC を開発し、4K サイズの画面転送を実用的なフレームレート及びネットワーク帯域で伝送可能であることを確認した。

今後は、処理の高速化によるフレームレート向上、仮想環境対応、遅延やパケットロスがある場合の性能検証、VR 映像の画面転送等の検討を行っていく予定である。

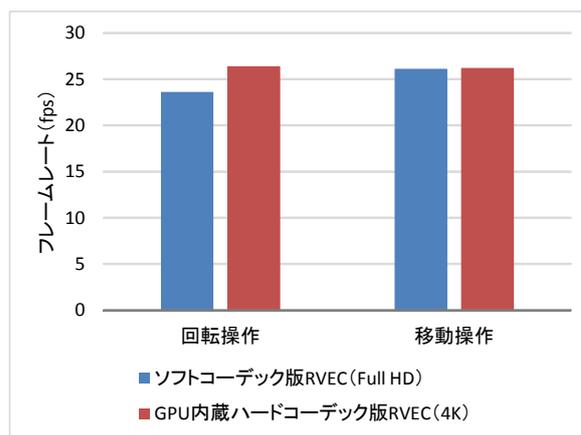


図 4: フレームレートの評価結果

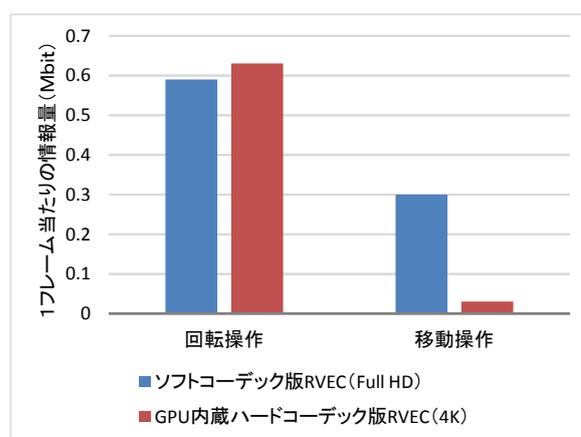


図 5: 帯域 (1 フレームあたりの情報量) の評価結果

参考文献

- [1] 松井一樹、堀尾健一、佐藤裕一、佐沢真一：仮想デスクトップ環境での高速表示技術：RVEC (レベック), *FUJITSU*, Vol.63, No.1, pp. 75–80, 2012.
- [2] Shinichi Sazawa, Masayoshi Hashima, Yuichi Sato, Kenichi Horio, and Kazuki Matsui : RVEC: Efficient Remote Desktop for the ENGINEERINGCLOUD, 2012 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp1081-1088, 2012.
- [3] 小口直樹、亀山裕亮、佐沢真一、内藤雅弥：拠点間のデータ通信性能を改善する WAN 高速化技術, *日 FUJITSU*, Vol.66, No.11, pp. 69– 75, 2015.
- [4] 堀尾健一、松井一樹：モバイルシンクライアント向け操作応答性能向上技術の検討および評価, *マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2012)シンポジウム*, pp. 11847–1854, 2012.