

令和元年6月14日現在

機関番号：16401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H06919

研究課題名(和文) GPUとFPGAを用いたスケーラブルなリアルタイム電子ホログラフィシステムの開発

研究課題名(英文) Development of scalable architecture for regenerating real-time computer-generated holography using GPUs and FPGAs

研究代表者

老川 稔(OIKAWA, MINORU)

高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・准教授

研究者番号：90725756

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、3次元オブジェクトモデルの時系列データからリアルタイムに電子ホログラフィ像を再生することを目的とした効率的かつ拡張性に優れた特徴的なコンピュータ構成の試作を行った。一般的なGPU(graphics processing unit)とFPGA(field-programmable gate array)と呼ばれるユーザが動作をカスタマイズ可能なデジタル電子デバイスを活用し、その実現可能性と有用性について示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子ホログラフィ像を表示するために必要とされるホログラムパターンのコンピュータシミュレーションには一般的に多くの計算時間が必要とされる。特にホログラフィ動画をリアルタイムに映す場合にその課題が顕著になる。汎用的で高性能かつ大型のコンピュータを利用することで解決を試みることはもちろん有用であるが、一方で(本研究課題のように)汎用性のある程度犠牲にすることでホログラフィに特化したコンピュータ構成を提案できれば、将来的なIoTを考慮した小型化の実現に近づく一助となることが期待できると考える。

研究成果の概要(英文)：We designed and implemented the prototype computer architecture for the purpose of real-time regeneration of computer-generated hologram (electroholography) movie from successive 3D object model data. Our special-purpose computer was aimed to have advantages of scalability in parallel processing, power efficiency, and its compact size. Our computer consists of FPGAs(field-programmable gate array), GPUs (graphics processing unit), and general-purpose consumer PC parts. The FPGAs are electronic devices that can be configured by designers to have customized-data-processing instructions. We presented feasibility of our architectures by making trial product.

研究分野：コンピュータアーキテクチャ, ホログラフィ

キーワード：ホログラフィ リアルタイム FPGA GPU holography real time

1. 研究開始当初の背景

3D 表示をうたった映像機器やゲーム機等が市販されるようになって十年以上が経過した。それらは人間が視覚的に立体像を認識できる複数の要因（両眼の視差・輻輳・焦点調節）の主に両眼に映る視野像の差異（両眼視差）を積極的に利用したもので、本来立体像を認識する要因の一部しか活用されていない。それらと比較してホログラフィ技術は原理的に立体像を認識する要因の全てを活用することが可能な手法であることから究極の立体映像技術と呼ばれる。

ホログラフィ像の記録には、レーザ光・レンズ・ミラー等を使用し参照光と物体光とを干渉させて、その干渉縞を記録媒体に記録することで行われる。記録媒体上に生成された光学的な干渉縞模様は「ホログラム」と呼ばれる。記録したホログラフィ像を再生は、ホログラムにレーザ光を照射することで得ることができる。ホログラフィ像の記録・再生過程は、レーザ光の回折・散乱現象であることから、レーザやミラー等の光学機器を実際使用せずに光線の伝播過程をシミュレーションすることで、ホログラム上に発生する干渉縞模様をコンピュータ上で算出することが出来る。これを Computer Generated Hologram (CGH)と呼ぶ。物体光と参照光の複雑な干渉縞である CGH を計算するためには膨大な計算量が必要とされる。

国内外でホログラフィに関連した研究は盛んに行われており、例として、CGH 計算高速化アルゴリズムの研究、ホログラフィに必要とされる計算に特化された専用計算機の開発、スーパーコンピュータを利用した大規模計算、Graphics processing unit(GPU)を利用した分散並列化手法、などが挙げられる。

2. 研究の目的

3D オブジェクトモデルのホログラフィ動画をリアルタイムに再生しようとする際に、膨大な計算を並列分散処理させようとする次のような課題が生じる。並列度が向上するほどコンピュータノード間で必要とされる通信トラフィックが増加するため、やがては通信回線がボトルネックとなり総合的な性能速度性能が飽和し、リアルタイム再生に必要とされる動画フレームの生成速度の達成が困難になることが予想される。本研究は、増加する通信トラフィックの一部、特に各動画フレームを結合するとき生ずる CGH のディスプレイ用ノードへの通信量の一極集中を Field Programmable Gate Array (FPGA)を活用した補助システムを併用することにより緩和させ、ホログラフィ動画のリアルタイム再生性能の総合的な向上を目的とする。

3. 研究の方法

図1に示すリアルタイムホログラフィ動画再生系を試作し、その有用性について検証する。動画データの各フレームに相当するホログラムフレームをリアルタイムに計算・生成するために GPU を利用する。各 GPU で個別に生成された動画フレームのホログラムをリアルタイムに連結するためにパイプライン状に結合された FPGA を構築し最終的にホログラフィ動画として出力させる。この手法により従来ボトルネックになっていたコンピュータネットワーク上の通信トラフィックボトルネックを軽減できることから総合的な再生速度性能の向上が期待できる。また、このリアルタイムホログラフィ再生系は、基本的なユニット装置のツリー状の繰返し接続により拡張することができるため、並列化効率に優れた拡張性を期待できる。

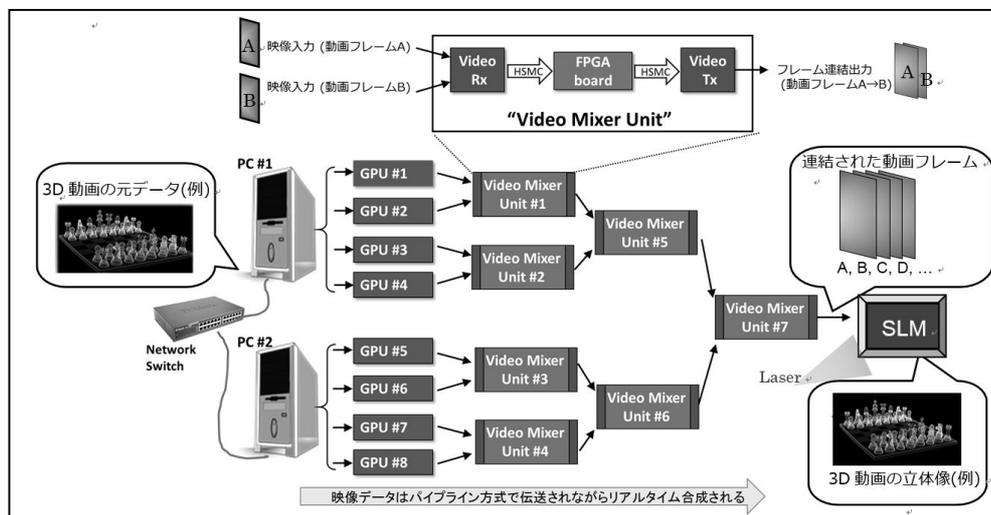


図 1. 試作するリアルタイムホログラフィ動画再生系の構成

#### 4. 研究成果

図2が図1に基づいて試作した再生系のGPUクラスタ(図中のPC#1およびPC#2)ならびに動画フレームの結合を行うFPGAボード(Video Mixer Unit)である。GPUクラスタは2台のPCから成り、1台当りにGPU4台を内蔵し計8台を使用した。GPUの機種選定には、ある程度コストパフォーマンスを考慮しミドルクラスの機種(“Geforce 1050 TI”, NVIDIA社)を採用した。FPGAボードには、市販されている開発向けボードから、必要な機能を満たす機種(HDMI映像入力ポートx2, 同じく映像出力ポートx1を有する“NexysVideo”+“FMC-HDMI”,共にDigilent社)を選定し7セット分を接続して利用した。それぞれの“NexysVideo”FPGAボードには、Xilinx社の“Artix-7 FPGA (XC7A200T-1SBG484C)”1デバイスが搭載される。このボードにはHDMI映像入出力ポートが1つずつしか搭載されていないため、“FMC-HDMI”ボードも併用することで、HDMI入力ポートを追加で1つ増設することで、図1に示した動画再生系を実現した。

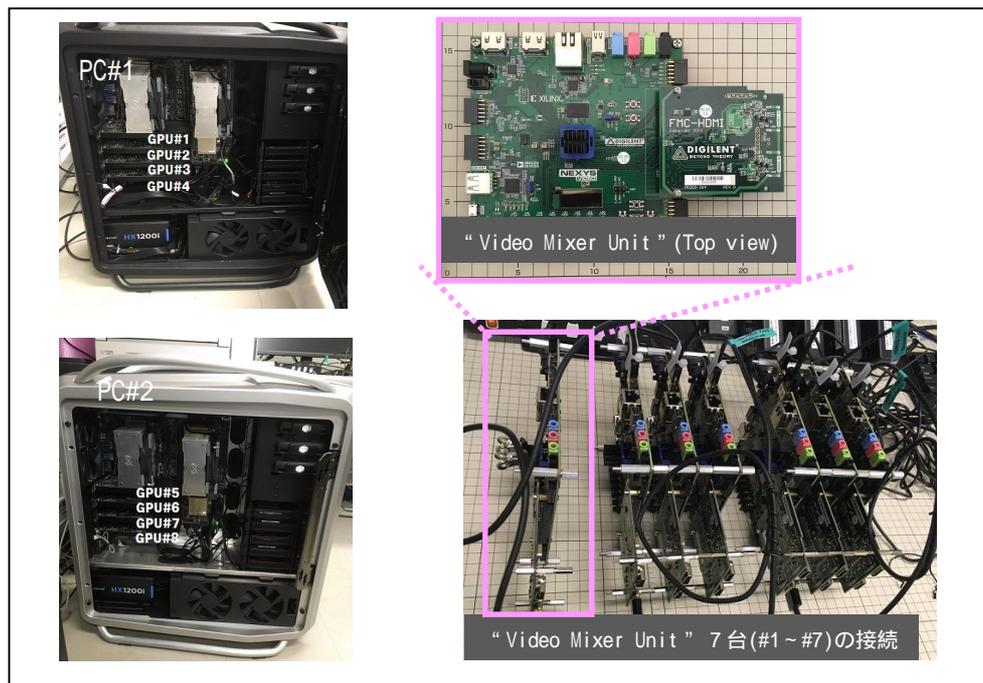


図2 試作したホログラフィ動画再生系(図1に対応する各ブロックの実物)

近年はFPGAの開発環境が充実している。本課題でもXilinx社およびDigilent社から提供されている有用なIP(Intellectual property)マクロライブラリを複数利用した。実際に組み込んだ主要なIPマクロは、ソフトコアプロセッサ“Microblaze”, 映像データ転送用マクロ“VideoDMA”, “HDMI receiver/transmitter, 等である。これらを自作回路モジュールとあわせて利用することで効率的に開発を進められた。本システムで想定したホログラフィ動画の元となるCGHの解像度はフルハイビジョン(1,920 x 1,080ピクセル)の60フレーム/秒である。このCGH動画データ処理に要求されるデータ処理速度を試作したシステム構成により実現可能であることを示した。試作したシステムサイズは、図2の右下部にあるVideo Mixer Unit 7台分、およそ150mm x 300mm x 150mm(縦 x 横 x 奥行き)である。市販されているボードを利用したため、実際には使わない機能(例、オーディオ機能、簡易LCD器、LANインタフェース等)も基板面積を占めていることから、専用ボードの開発が可能であれば、2分の1程度以上のコンパクト化は容易であろうと思われる。

今回試作したVideo mixer unit複数台作成し並列動作させることで、動画フレームを合成し得ることまでは確認できたが、全体としては安定動作性に欠けパフォーマンスを計測するまで至れなかった。当初計画したシステム全系の完成まで至ることはできなかったが、コアとなる動画フレーム合成アーキテクチャは当初想定した装置類で実現可能であり、パフォーマンス改善に有効であることは確認できた。当初目標を実現できる見込みは立てられたことから、今年度中にシステムを完成させ成果として発表できる見込みである。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

M.Fujiwara, N.Takada, H.Araki, S.Ikawa, Y.Maeda, H.Niwase, M.Oikawa, T.Kakue, T.Shimobaba, T.Ito, "Color representation method using RGB color binary-weighted computer-generated holograms", *Chinese Optics Letters*, Vol. 16, Issue 8, pp.080901- (5pages) (2018), DOI: 10.3788/COL201816.080901, (Refereed)

〔学会発表〕(計1件)

M.Oikawa, N.Takada, H.Sannomiya, T.Sakaguchi, H.Nakayama, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, "Real-Time Spatiotemporal Division Multiplexing Electroholography Using a GPU Cluster", Workshop on 3D/Hyper-Realistic Displays and Systems, International Display Workshop (2017)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：ポインティング装置

発明者：高田直樹，老川稔，森雄一郎，鈴木康平

権利者：(同上)

種類：特許

番号：2018-246528

出願年：2018年

国内外の別：国内

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし。

## 6. 研究組織

(1)研究分担者

なし。

(2)研究協力者

研究協力者氏名：高田 直樹

ローマ字氏名：TAKADA NAOKI

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。