

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00267

研究課題名(和文) タイルディスプレイを用いた汎用的ウェアラブルディスプレイの開発

研究課題名(英文) Development of general-purpose wearable display using tilde display

研究代表者

成見 哲(Narumi, Tetsu)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：10342825

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、HDMI信号を入力できる汎用を持ったウェアラブルディスプレイ向けのシステムを開発した。

スマートフォン向けの液晶パネルを9枚用い、専用のFPGAボードを開発することで、様々な映像機器から出力した動画を手軽にタイルディスプレイに表示することが出来る。既存のソフトウェアによるタイルディスプレイの実装と比べ、遅延やフレームレートに優れることが分かった。小型軽量のシステムが実現出来たため、今後ディスプレイ枠を製作しモバイルバッテリーと組み合わせると、服のように着るディスプレイが実現する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

服をLED等で装飾する試みは、アイドルのコンサート等では行われているものの、繊細な映像を手軽に提示する仕組みは存在しない。本研究で開発したシステムは、小型・軽量であるだけでなく高精細かつ汎用的な入力に対応しており、手軽に動画を表示出来る。今後モバイルバッテリーとディスプレイ枠を組み合わせることで服のように着て映像を他人に見せることが可能になり、映像配信の選択肢の一つとして新たな使い道が開拓される社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed a versatile system for wearable displays that can input HDMI signals.

By using nine LCD panels for smart phones and developing a dedicated FPGA board, you can easily display videos output from various video devices on a tiled display. It was found that the delay and frame rate were superior to the existing software implementation of tiled display. Since a small and lightweight system has been realized, if a display frame is manufactured and combined with a mobile battery, a display that looks like clothes will be realized.

研究分野：計算機システム

キーワード：タイルディスプレイ ウェアラブル機器 FPGA

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ウェアラブル（着用できる）デバイスという言葉が広まって久しいが、入出力はセンサーやヘッドマウントディスプレイなどの技術が主流であり、大画面での表示が行えるデバイスはほとんど見かけない。他人に見えるディスプレイは、交通整理、幼児・高齢者の見守り、ファッション、エンターテインメントなどコミュニケーションの新たな効果が期待できる。実際 LED 付きの T シャツ[1]やスニーカー[2]も近年発売されている。

一方タイルドディスプレイと呼ばれる複数のディスプレイを格子状に並べて一体として使用する技術は、安価に高精細の大画面を実現出来るためデジタルサイネージ用途で普及している。スマートフォンやタブレットを自由な形に配置する手法[3]もあるが、ソフトウェアで制御する場合原理的にティアリング(図1参照)を防げず動画再生に向いていない。

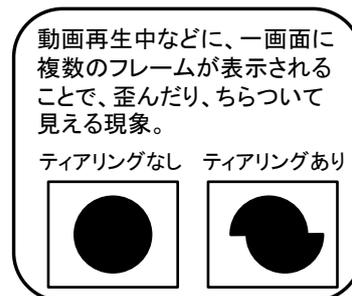


図1:ティアリング

2. 研究の目的

本研究では、着用できるほど軽く、動画再生対応のディスプレイを開発する。また、ディスプレイ間の同期ずれを発生させないことや、汎用的な HDMI 入力に対応させる。また、小型・軽量のためにスマートホン用液晶パネルを複数利用する。

本システム開発後には、既存のソフトウェアで制御するタイルドディスプレイシステムと遅延やフレームレートを比較する。

3. 研究の方法

本研究の目的のためには、小型・軽量のシステムにすること、高解像度を実現すること、が必要となる。

同期ずれがなく汎用的な HDMI 入力に対応するため FPGA(Field Programmable Gate Array)を使ったハードウェアで制御する。FPGA を用いたタイルドディスプレイは、これまでは大画面を構成することが目的であったため FPGA 機材の重さや大きさは問題とならなかった。しかしウェアラブルなディスプレイのためには小型・軽量化が不可欠である。小型化のためには、HDMI 信号を処理するための部品を極力減らし小型の専用基板を製作する必要がある。高解像度に対応するためには、映像出力装置からの信号形式に注意してデータ圧縮などを行う必要がある。

また、ソフトウェアによるタイルドディスプレイとして SAGE2 を使って性能を比較する。

4. 研究成果

本研究で開発したタイルドディスプレイシステムの全体は図2のようになっている。小形・軽量のシステムのためには、下記の様な検討項目がある。

- (1) 液晶パネルと FPGA 間にどのような信号を用いるか
- (2) ボードを小型化するためにどのような FPGA を用いるか
- (3) 高解像度にするためにどのようなフォーマットの HDMI 信号を用いるか

(1) 液晶パネルと FPGA 間にどのような信号を用いるか

液晶パネル側の電気的な信号形式には、LVDS、MIPI、DisplayPort などがある。また途中に変換基板を備えており HDMI 入力をサポートしているものもある。小型化のためには FPGA から直結できることが望ましく、最初は LVDS 信号を用いた Nexus7 用液晶パネルを接続した。しかし LVDS 方式には細かい差異が多く様々なフォーマットをサポートするのは難しいこと、液晶パネルとして LVDS をサポートするものが少なくなってきたことから別の方式に移行した。MIPI や DisplayPort を FPGA に直結するには、高価な FPGA と高価なライセンスが必要であり難しい。このため HDMI 入力をサポー

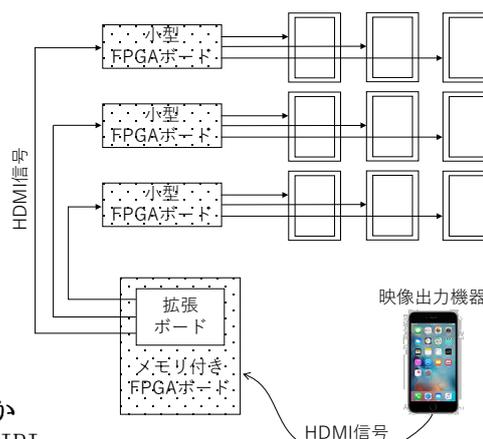


図2:システムの全体像

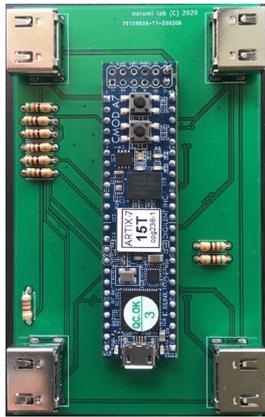


図3: 小型FPGAボード

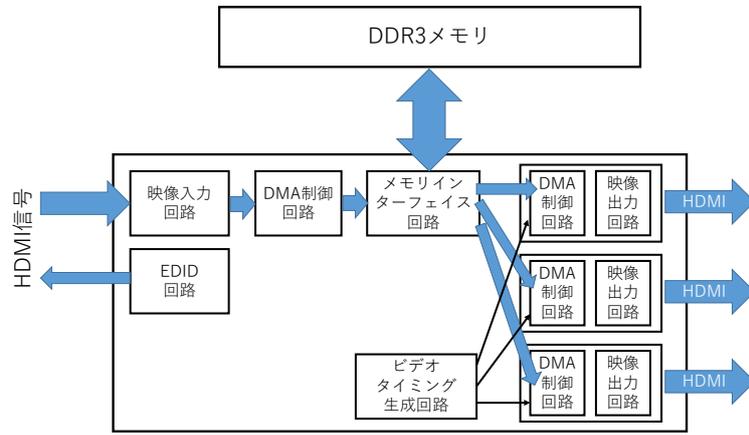


図4: メモリ付きFPGAボードのブロック図

トする変換基板を備えた小型液晶パネルを使用することとした。Xilinx 社の 7 シリーズの FPGA であれば、外付け部品なしに HDMI 信号の入出力が FullHD の解像度まで可能であることを確認した。

(2) ボードを小型化するためにどのような FPGA を用いるか

HDMI の入力ポートを一つと出力ポートを複数備えた FPGA 評価ボードはほとんど存在しない。Digilent 社の Atlys ボードは 2 入力 2 出力をサポートするものの、FPGA の世代が古く FullHD の解像度をサポートできないため選択肢からは外した。1 入力、1 出力をサポートするボードとしては Digilent 社の Pynq, Zybo 等があるが、出力ポートを増設するのが難しい。このため以下の二種類の方法で HDMI ポート数を拡張した。

一つ目として Digilent 社の CmodA7 ボードに HDMI ポートを直結する専用基板を作成した (図 3 参照)。今回用いたスマートホン用 5 インチディスプレイ (約 7cm×14cm) の大きさよりも小型にする必要がある。開発したボードは、6cm×10cm の大きさであり液晶パネルよりも小さい。また厚みも 1cm 程度であり着用した際にも十分薄い。

二つ目として Digilent 社の Nexys Video ボードに FMC による自作拡張ボードを装着することで複数ポートを実現した。CmodA7 にはメモリを搭載していないため高度な画像処理は行えない。Nexys Video 上では、入力した映像を一旦メモリに格納後三分割してそれぞれ CmodA7 ボードに転送する (図 4 参照)。

(3) 高解像度にするためにどのようなフォーマットの HDMI 信号を用いるか

今回用いた Nexys Video ボードの HDMI 入力では HDMI 1.2 のドットクロック 150MHz 程度が限界である。これでは通常は FullHD (1920×1080 ピクセル) までの映像しか扱えない。今回のスマートホン用ディスプレイはそれぞれが FullHD の解像度を持つため、タイルドディスプレイ全体ではより高解像度な映像を入力出来ることが望ましい。そこで、1680×3060 という特殊なフォーマットに対応する EDID 信号 (ディスプレイと解像度をやり取りする規格) を生成し、150MHz のドットクロックのまま高解像度を入力することを可能とした。ただしフレームレートは 25fps まで落としている。

このドットクロックで 4K (3840×2160 ピクセル) 入力するには YCbCr4:2:0 のフォーマットを用いれば可能であることが分かったが、様々な PC や GPU で動作確認したところ CPU 直結の PC でしか出力出来ないことが分かったため今回は使用しなかった。

図 5 はディスプレイの全体像である。当初の目的では実際に着ることが出来るような物理的な構造にまで仕上げる予定であったが、使用予定であった既存の 3D プリンタが故障し製作が間に合わなかった。しかし本研究での中心的な開発項目である小型の FPGA システムは実現出来ている。

また、ソフトウェアでのタイルドディスプレイ技術との比較として、既存技術である SAGE2 の性能を測定したところ、4 画面で合計 4K 解像度の場合に、遅延が 0.1 秒以上、フレームレートが 10fps 程度とかなり遅かった。本システムは完全なハードウェアであるため、遅延は 1 フレーム分の 0.03 秒程度、フレームレートも 25fps 出ており、ソフトウェアに比べて優位性があることが確認された。



図5: ディスプレイの全体像 (左上はパネル故障)

- [1] LED 付き T シャツ (2016 年 11 月 出荷 開始)
<https://www.indiegogo.com/projects/world-s-first-touch-enabled-t-shirt-technology#/>
- [2] LED 付き スニーカー (2016 年 10 月 発売)
<https://www.indiegogo.com/projects/vixole-matrix-world-s-first-customizable-e-sneaker-game-shoes#/>
- [3] Takashi Ohta, Jun Tanaka, MovieTile: interactively adjustable free shape multi-display of mobile devices, SIGGRAPH Asia Mobile Graphics and Interactive Applications, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 井出 拓弥, 成見 哲 |
| 2. 発表標題 その場でタイルドディスプレイ |
| 3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティング2017(EC2017) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩田拳太郎, 成見 哲 |
| 2. 発表標題 FPGAを用いた6画面タイルドディスプレイシステム |
| 3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティング2017(EC2017) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 白井 晁, 前田 諒磨, 成見 哲 |
| 2. 発表標題 FPGAを用いた持ち運び可能なタイルドディスプレイ |
| 3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティング2019(EC2019) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tetsu Narumi and Akio Muramatsu |
| 2. 発表標題 Estimating Configuration Parameters of Pipelines for accelerating N-Body Simulations with an FPGA using High-level Synthesis |
| 3. 学会等名 9th International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|