

Dynamic Multiple Display Arrangements: 動的な分散配置を可能にするマルチディスプレイシステム

慶應義塾大学 環境情報学部 4 年 arch 所属

学籍番号:70546171 立石 幹人 mikito@sfc.wide.ad.jp

概要

本研究は、近年注目を浴びている屋外広告、空間演出、可搬デバイスの融合による、新しい映像表現手法の模索とその手法のコア・アイディアの実現を目的とする。本研究では既存マルチディスプレイシステムにおける特定視点の有無、幾何学的ひずみの補正に着目し、物理的一関係性の欠如、幾何学的ひずみによる情報の劣化を問題点として挙げた。又、関連研究と比較する事でコア・アイディアが物理的位置空間の補正であることを導き出した。本研究では、仮想ディスプレイ、アフィン変換による逆 3D 変換を用いて、幾何学的ひずみによる情報の劣化を解決する物理的位置空間の補正を行った。物理的位置空間の補正アルゴリズムを、実機を用いた 2 種類の実験によって精度を検証し、いずれにおいても補正精度 99%以上を測定し、コア・アイディアを実現した。

1 背景

近年、インターネットの普及と同時に情報の露出が高まり、形式にとらわれない自由な手法によって広告形態が多様化している。中でも映像メディアの進化と共に屋外広告がインターネット広告について勢力を増しており、人々の注目が映像メディアの技術と演出の双方に集まっている。

しかし、屋外広告、空間演出、可搬デバイス等、三つの領域を複合した利用シーンは現在までに提案されていない。よって本研究は三つの領域を複合した新しい映像表現手法として「Dynamic Multiple Display Arrangements (以下 DMDA)」を提案する。

2 既存マルチディスプレイシステムと本研究の比較

既存のマルチディスプレイシステムには統合型マルチディスプレイと分散型マルチディスプレイの 2 つのシステムが存在する。両システムと DMDA の各特徴を比較することによって、DMDA の実現に対しての問題点を導いた。

分散型マルチディスプレイのデバイスの設置位置、デバイス位置の観察方法とコンテンツ表示者は、DMDA と一致している。又、表示するコンテンツに関しては、統合型マルチディスプレイと一致している。これらの点に関して、既存システムの融合によって DMDA の幾つかの特徴は実現出来るが、特定視点の考慮と幾何学的ひずみの補正は一致していない。以上から本研究では、物理的位置関係性の欠如と幾何学的ひずみによる情報の劣化を問題点として挙げる。

物理的位置関係性の欠如は、分散配置されたデバイスを統合する上で特定視点の考慮がなされていないことで、デバイス間の物理的位置関係が把握されていないことをさす。又、幾何学的ひずみによる情報の劣化は、デバイスが特定の視点を持たないが故にコンテンツは一方向へのみ表示される。これにより、視点の物理的位置差によってコンテンツに幾何学的なひずみが生じてしまい、情報が劣化することを指す。

3 本研究のアプローチ

第 2 章で提起した問題点に対して、本研究では以下の 3 つのアプローチを用いる。

- 物理的位置関係性の把握
- デバイス間の情報共有

- 物理的位置空間の補正

物理的位置関係性の把握は、デバイスの物理的位置空間における傾き、視点からの奥行き、視点からの水平距離を観察者の設置により把握する事によって各デバイスの絶対的位置を取得する。取得した位置情報をデバイス間で共有することによって、統合されたデバイス上に同一コンテンツを描画する際の描画領域を把握することが可能となる。

位置情報をデバイス間で共有することはデバイス間の情報共有をさす。これらによって、物理的空間内に分散されたデバイスの統合が行える。

物理的位置空間の補正は、各デバイスがコンテンツを描画する際に障害となる幾何学的ひずみを、視点に対して正しいコンテンツ情報を表示するように補正する。

4 関連研究

第 3 章で述べたアプローチに関する研究を 3 つ挙げ、各アプローチに関して DMDA と比較する。比較する関連研究を以下に示す。

- Siftables
Siftables は、MIT の開発した複数の小型ディスプレイを用いた分散マルチディスプレイシステムによるセンサー・ネットワーク・ユーザ・インターフェイスである。物理的空間における各デバイス間の相対的位置を Bluetooth を用いて情報共有を行う。Siftables は動的コンテンツの表示を行うが、コンテンツ描画における物理的位置空間の補正は行っていない。
- iPong
iPong は株式会社コピキタスエンターテインメントの制作した複数の iPhone を使用した Pong と呼ばれるゲームである。同一ネットワーク上にいるデバイスを認知し、P2P でデータを共有するが、物理的位置情報は含まれていない。又、コンテンツの描画についても、物理的位置空間の補正は行われていない。
- Virtual Global Race
Virtual Global Race (以下 VGR) は、Intel ブラジル社の開発した複数のマシン上で仮想的に一つのサーキット場を表示させるシステムである。仮想サーキット場は、パードビューで見る事を想定して制作されているため特定の視点

は存在しない．又，デバイス間の物理的位置の把握はされておらず，アプリケーションを実行する者の意図によってサーキット場を構成する必要性がある．又，デバイス間の情報共有もされていない．

3つの関連研究は，いずれもコンテンツの描画において物理的位置空間の補正を行っていない．よって，DMDA の設計を物理的位置空間の補正に焦点をあて，これをコア・アイデアとする．

5 設計

本研究では DMDA のコア・アイデアとなる物理的位置空間の補正の手法を定めるにあたって，カメラキャリブレーションと逆 3D 変換を検討した．カメラキャリブレーションは特定の視点にカメラを設置し，キャリブレーション用のコンテンツと比較することによって幾何学的ひずみを補正する手法である．多くの画像補正手法に用いられており，プロジェクター等にも手法に取り入れられている．理想となるコンテンツの描画を行うことが出来るが，視点が移動する毎に補正を行う必要性があり，本研究の要件には対応出来ない．対して逆 3D 変換は，あらかじめ特定視点からの幾何学的ひずみを計算することによって補正できるため本研究に適している．よって，本研究では逆 3D 変換を用いた物理的位置空間の補正を行った．

6 評価

物理的位置空間の補正アルゴリズムの精度を評価するために 2 台の実機を用いた実験を行った．実験を行うにあたり，シングルディスプレイとツインディスプレイとに補正精度の評価対象を分け，別々に実験を行った．シングルディスプレイで回転角度差による補正精度を検証し，ツインディスプレイで奥行き，水平距離差による補正精度を検証した．

6.1 実験概要

本実験では，物理的位置空間の補正部を用いて生成，描画されたコンテンツを撮影し，理想値となるアフィン変換による逆 3D 変換によって計算された仮想ディスプレイ値にスケールされたコンテンツの 8 つのポイントを，デスクトップ上で比較する事によって物理的位置空間の補正精度を測定した．

- 本実験における理想値

本実験では，幾何学的歪みが正しく補正されているかを確認するために，DMDA により絵画したコンテンツから得られた画像を理論値と比較する．DMDA のプロトタイプが幾何学的ひずみを補正し，描画するコンテンツはこれを理想とする．逆 3D 変換は，本実験で撮影される DMDA を実行したデバイスが設置される各点毎に行われる．よって，理想値もデバイスの設置位置が変更される度に化する．

- 測定するポイント

DMDA のプロトタイプを用いて物理的空間内における幾何学的ひずみを補正し，描画したコンテンツと理想値となるコンテンツを比較するにあたって，本実験ではコンテンツ上の 8 つのポイントを測った．8 つのポイントには，4 つのメインポイントと，それらメインポイント間の空間を補完

し，データを補助するための 4 つポイントを含めた．メインポイントはコンテンツ上の対角線上でより大きい特徴点を見出し，4 つのポイントとした．

本実験では，カメラを用いてデータの収集を行う際に，実験環境に取り入れた机，使用したデバイスや設定した物理的位置情報の関係からコンテンツの一部が撮影されたものからフレームアウトする状況が生じた．よって，測定するポイントをコンテンツの撮影された範囲内に設定し，デバイスの物理的位置が移り変わるに伴い，常時変更した．

6.2 実験結果

回転角度による補正誤差の評価結果からシングルディスプレイ，ツインディスプレイに関わらず値を安定して低く保てた．これにより，回転に関する補正アルゴリズムの有効性を示した．対して奥行き，水平距離による 2 台のデバイス間に生じる補正誤差は回転角度による補正誤差に比べ不安定であったが，値としてシングルディスプレイの補正誤差よりも低くあった．これは，ツインディスプレイを用いた実験にて水平距離の差による高解像度化が生じる事により，ピクセル毎に対応するコンテンツ情報が多くなる事が理由として存在する．又，ツインディスプレイを用いた実験における補正誤差の不安定性は，本実験環境がもたらした制限によるサンプル収集数の低下が原因である事が分かった．

幾何学的ひずみによる回転，奥行き，水平距離等によって低解像度化，高解像度化が生じる中で補正誤差が最大となる状態は，最も低解像度化が大きく生じた状態である事が分かった．これは，補正誤差が集約される数値はシングルディスプレイを用いた実験が示した結果数値に等しい．よって，本研究で示した DMDA の持つ補正アルゴリズムは最大でも補正誤差を 0.3% 以下におさえられる事が分かった．又，使用するデバイス数，デバイス間距離等が増加するに伴い，x 軸，y 軸の補正誤差は減少していく事が分かった．

7 まとめ

本研究は，近年注目を浴びている屋外広告が，形態の多様化によって物理的空間内に分散している事に対し，ビューアの持ち得る視点に向けて正しいコンテンツを動的に表示する事が出来ない問題点を解決する分散型マルチディスプレイシステム「Dynamic Multiple Display Arrangements (以下 DMDA)」の提案を行った．既存のマルチディスプレイシステムには，デバイス間の物理的位置関係性の欠如，幾何学的ひずみによる情報の劣化が問題として存在する．DMDA を実現するにあたり，これらの問題点を分析し，解決手段のコア・アイデアとして物理的位置空間における幾何学的ひずみの補正アルゴリズムに焦点を当てた．

逆 3D 変換による幾何学的ひずみの補正精度を検証するための実装を行い，2 台の実機を用いた実験を行った．実験の結果，本論文で用いたアルゴリズムが物理的空間における回転やデバイス間距離による幾何学的ひずみを 99% 補正し，DMDA に対して物理的位置空間の補正アルゴリズムが有効である事を示した．