

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：35504

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700094

研究課題名(和文) 情報過多な共有仮想空間における情報の差別化とユーザの意識誘導の実現

研究課題名(英文) Realization of information differentiation and user interest guidance in the information sharing virtual space that is information overload

研究代表者

山本 眞也 (YAMAMOTO, Shinya)

山口東京理科大学・工学部・助教

研究者番号：10552375

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：多人数参加型の情報共有空間では情報過多な状態になりやすい。そこで、実物・仮想物に拘らず、表現を強調したり抑制したりすることで、ユーザの意識を誘導したり、ユーザの嗜好に応じた情報の提供を行い、膨大な情報が存在する空間においても煩雑性を抑え能率的な情報共有環境を実現することを目標に研究を行った。成果として、アンビエント・インテリジェンス技術によって空間を装飾し、視覚的に情報の差別化を行い、出来る限りユーザに違和感を与えずにユーザの意識誘導を実現する手法、GPGPUを用いた高速かつ高精度なマーカによる屋内位置推定手法、マーカのアニメーションによる無線通信帯域を消費しないアドホック通信手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：The multi-user information sharing space is apt to get information overload. Therefore, I targeted realizing the efficient information sharing space that reduce complicatedness even if include many information. I proposed user interest guidance and user preference affordance with visually insistency / repression visualization effects.

As research results, I proposed as follows: (1) the user interest guidance method to differentiate the information visually with decorating space by ambient intelligence technique without giving a user a sense of incongruity as much as possible; (2) the high-speed processing and high-accuracy indoor position estimation method using GPGPU with fiducial marker; and (3) ad-hoc communication method without the wireless communication bandwidth using markers animation.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：ネットワークアーキテクチャ

キーワード：分散仮想環境 Quality of Experience アンビエント・インテリジェンス 3D立体視 ネットワークアーキテクチャ

1. 研究開始当初の背景

近年、多数の仮想的なオブジェクトを配置した仮想空間を様々な用途に活用するための研究が盛んにおこなわれている。これらの研究には、拡張現実感 (Augmented Reality ; AR) や複合現実感 (Mixed Reality ; MR) のような現実のユーザやオブジェクトの動きをモーションキャプチャなどの技術によって取り込み仮想空間に反映する研究や、共有仮想環境 (Virtual Environment ; VE) のような多数のユーザで仮想空間を共有する研究などがある。これらには、ユーザの多人数参加、多数の仮想オブジェクトを導入することにより、情報共有環境に情報が氾濫し、視覚的な煩雑性が増してしまう問題が存在する。

これを解決する手段として、有効範囲やオブジェクトの種類による事前のフィルタリングによって提供する情報を限定する手法が考えられるが、この手法では、フィルタの組み合わせによってユーザ毎に提供される情報が異なるため、コミュニケーションに齟齬が発生する可能性がある。また、オブジェクトや実空間の表現に変更はないため情報の差別化が十分ではなく、ユーザの意識誘導手段としても不十分である。

今後、一般的に普及するであろう実空間と仮想空間の情報を同列に扱うような多人数参加型の情報共有アプリケーション実現のため、ユーザの意識誘導や情報の差別化を行えるような手法が望まれている。

2. 研究の目的

情報過多な多人数参加型の実・仮想混合情報共有システムにおいて、ユーザの意識誘導や情報の差別化を行えるようなシステムの実現を目標に研究を行った。このようなシステムを実現するためには、以下の4点を実現することが必要になると考えた。

- (1) 空間に配置された情報 (以下、オブジェクト) の表現を強調または抑制して差別化する上で、それがユーザにとって有用な情報かどうかを選別する機能
- (2) ユーザの視野がリアルタイムかつダイナミックに変化する情報共有アプリケーションにおいても効果的な意識誘導を達成するための描画機能
- (3) 3D ディスプレイ技術、アンビエント・インテリジェンス技術の導入にともなう通信帯域の圧迫を抑制するための QoS 適応制御機構
- (4) 一般的な携帯端末でも描画可能な軽量描画機能

本研究では、これらの機能の実現を目標に研究を行った。

3. 研究の方法

本研究では、目標を達成するために、以下の課題を設定した。

まず、表現を強調/抑制するオブジェクトの取捨選択を自動的かつ効率的に行い、また、重要なオブジェクトとそうでないオブジェクトが密集していた場合でも、視覚効果による意識誘導を実現するため、以下を設定した。

- (1) 表現を強調/抑制するオブジェクトの取捨選択アルゴリズムの実現
- (2) 重要度判定と視覚効果の有効範囲を考慮したクラスタリングを組み合わせる行うファジーなグループ選別アルゴリズムの実現

また、本研究では、情報の差別化およびユーザの意識誘導を実現するために、裸眼 3D 立体視対応ディスプレイを搭載したタブレット端末を使用するものとし、それらを扱うために以下の課題を設定した。

- (3) 3D 立体視による視覚効果を実現するために画像の多重化をおこなうためのライブラリの開発
- (4) リアルタイムかつダイナミックに移動するユーザの視野に対応した 3D 立体視用多重画像の生成アルゴリズムの実現
- (5) 3D 立体視効果の導入による画像の多重化にともなう通信帯域の圧迫を解決するための QoS 適応制御を含むネットワークアーキテクチャの実装
- (6) システムの実装、および、視覚効果が顕著に表れるエンターテインメント性の強いゲームアプリケーションや仮想タグや仮想オブジェクトを大量に導入できる蚤の市アプリケーションなどのデモアプリケーションの実装

しかし、研究を進める上で、開発機・デモ機として導入予定であった裸眼 3D 立体視に対応したタブレット端末が発売中止となったため、3D 立体視に関連する部分の研究は大幅に遅延した。よって、従来の 2D、3D グラフィックスのみを利用したシステムの実現を目指した。しかし、AR 技術による従来の仮想オブジェクトの配置が多少の位置誤差を許容するのに対し、情報共有空間において、視覚効果によってユーザの意識を誘導するためには、対象となるオブジェクトを違和感なく強調/抑制する必要があるため、より高精度な屋内位置情報が必要となるが、ARtoolkit などをはじめとする既存の AR マーカを用いた位置推定手法では推定位置精度、検出速度、マーカパターン数など、性能が不足する問題が発生した。

そこで、新たに以下の課題を設定した。

- (7) 高速かつ高精度な屋内位置推定手法の実現

4. 研究成果

これまでに、部分成果について、1本の論文誌発表、2本の国際会議発表（1本のポスター発表を含む）、8本の国内研究会発表（1本のデモ発表を含む）を行い、国内研究発表について1本の優秀論文賞、1本の優秀デモストレーション賞を受賞した。

表現を強調／抑制するオブジェクトの取捨選択を自動的かつ効率的に行い、また、重要なオブジェクトとそうでないオブジェクトが密集していた場合でも、視覚効果による意識誘導を実現するための研究成果として、屋内環境におけるユーザの行動履歴に基づく日常生活支援システムの提案と実装をおこなった。このシステムでは、マーカをランドマークとして設置し仮想空間と実空間の位置合わせを行い、そのマーカとの位置関係を利用して、ユーザの行動履歴などの情報を家具や空間に紐付けして仮想空間上に登録し管理する。これを用いて、履歴から導いた推奨行動をAR技術を用いて空間を装飾するという直観的な視覚効果でユーザに提示する。すなわち、ユーザがタブレット端末に搭載されたカメラで対象となる空間を撮影すると、この入力映像からマーカを検出し、位置関係をもとに各オブジェクトの情報を導き出す。これらを用いて優先度の計算やグループ選別を行い、AR技術による仮想的な視覚効果でカメラから入力された映像を装飾し、ユーザに提供することで、自然にユーザの意識を誘導する。この手法により、従来のAR技術によく用いられる仮想タグによる情報表示と比べ、煩雑性を解消し、ユーザに違和感を与えずに意識誘導させることが可能となった（図1）。

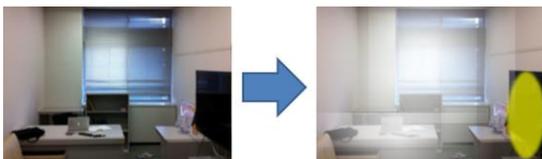


図1 フォグ（抑制効果）とスポットライト（強調効果）による意識誘導

また、グループ選別におけるユーザの嗜好に基づくクラスタリング手法の一部を応用し、快適度の低下を最小限に抑える省エネデバイス制御手法を提案した。この手法では、実測値に基づいて、その時々で変化する各デバイスの単位消費電力量当たりの快適度の低下度合いからデバイス毎の重みを計算する。そして、デバイス毎の重みを更新しながら、設定を変更するデバイスの選定を行いつつ、供給電力量を削減するためのシチュエーションプランをユーザに提示し、定めた省エネ目標を達成するまでの全期間における快適度の総和を最大化することを目指す。

これらの成果について、国際会議発表2本 [C-1]、[C-2]、国内研究会発表2本 [C-6]、

[C-8]の発表を行った。

情報の差別化およびユーザの意識誘導を実現するために、裸眼3D立体視対応ディスプレイを搭載したタブレット端末を使用するものとし、それらを効果的に扱うため、3D立体視にむけたライブラリおよび3D立体視用多重画像の生成機能などの研究に関して、開発機、デモ機として購入予定であった裸眼3D立体視対応のタブレット端末が発売中止となったため、研究が大幅に遅延した。後に、3D立体視対応のヘッドマウントディスプレイが発売されたため、研究を再開したが、まだ成果を発表するには至っておらず、引き続き研究をすすめていく。

システムの実装や高速かつ高精度な屋内位置推定手法の実現に関連する研究では、GPGPU画像処理を用いたマーカによる屋内位置推定の研究を行った（図2）。

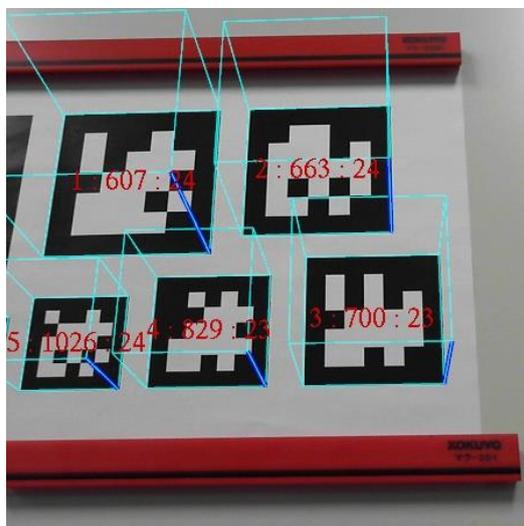


図2 マーカ検出による相対位置推定

これは、実装を進める上で、既存の二次元マーカとwebカメラを用いた位置推定手法では、本研究のように大きな会場を歩き回るユーザが多数のマーカによって位置を推定するために利用するには、利用できるマーカパタンの少なさ、解像度およびフレームレートの低さ、検出・認識の精度の低さなどの問題から、本研究の用途にはそぐわなかったためである。この提案手法では、従来研究のものと比べ、1つのマーカがより多くのデータ量を持ち、より位置推定精度が高く、高速な処理を行うことができる。

具体的には、マーカ対カメラの相対距離を計測する実験では、実距離を2.5m、解像度を720pに設定したとき、ARtoolkitは5%以上の誤差を含むにもかかわらず、提案手法では5%以内の誤差に収めることができる（図3）。また、カメラ対マーカの相対角度を計測する実験では、実距離を2mとしたとき、ARtoolkitはどんな角度でも5%以内の誤差に収めることは難しいが提案手法ではほぼ5%以内の誤差に収めることができる（図4）。また、提案手法は、ARtoolkitより2倍以上高速に動作し、ARtoolkitは解像度が720p程度までしか

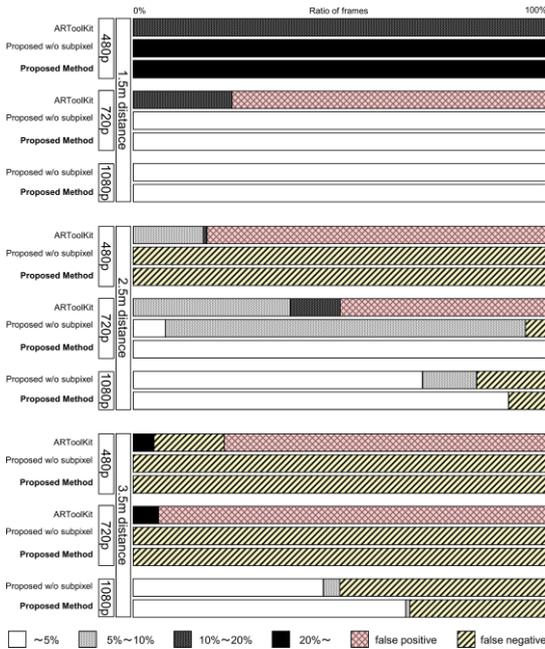


図 3 カメラ対マーカの相対距離に基づく推定精度

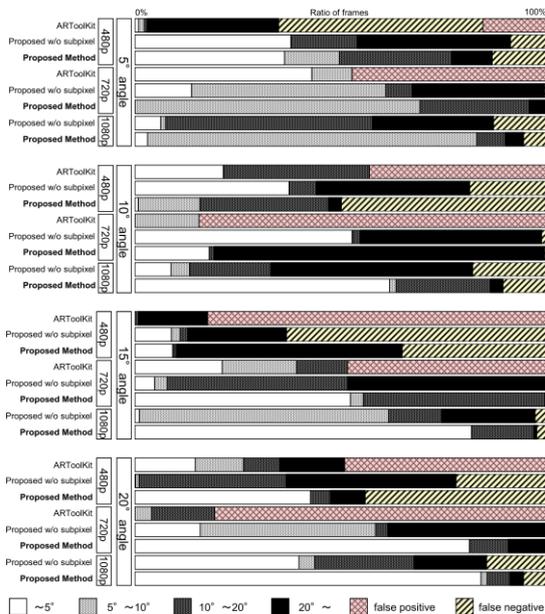


図 4 カメラ対マーカの相対角度に基づく推定精度

対応していないが、提案手法では 1080p でも問題なく動作し、1080p の解像度で用いた場合でも 30fps 以上の速度で動作する (図 5)。さらに、一般生活環境に配置しても目立たない画像マーカ形状およびその読み取り手法の研究についても研究を進めており、画像マーカとして一般に用いられる正方形ではなく、L 字のマーカを提案している。

これらの成果は、論文誌 1 本 [J-1]、国内研究会 2 本 [C-4]、[C-7] にて発表を行った。

上記の二次元マーカ位置推定手法を改良し、マーカをアニメーションさせることでアドホックデータな通信を行う手法について研究を行った。これは、情報共有にとまなう

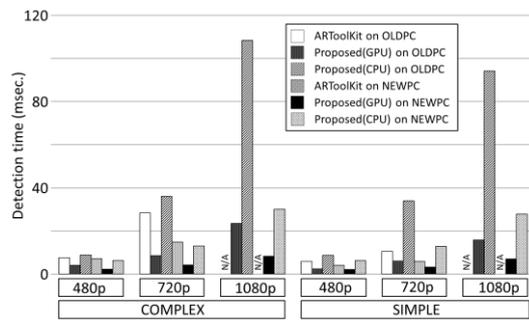


図 5 マーカ検出時の実行速度

通信帯域の圧迫の解決、ネットワークテクチャの実装、システムの実装に関連する。本研究ではユーザ間のデータ交換において膨大な通信が発生するため、Wi-Fi をはじめとする限りある無線通信帯域を使わずともデータ交換を行える手段を確立することが目的である。この手法によって、無線通信帯域や特殊な機材を用いずとも、ディスプレイと web カメラだけで、ユーザ間のオブジェクトのモデリングデータなどのデータの交換を容易に行うことができる。この手法の通信手順は、図 6 に示すように、まず、送信側がデータを分割し、その分割データをマーカのボタンを表す可変部分に変換しマーカ群を用意する。次に送信側はそのマーカ群をディスプレイにアニメーション表示する。受信側はカメラによってそのアニメーションするマーカ群を撮影し、マーカを連続して読み取り、それぞれのマーカのデータ部分を連結することによってデータを再生する。このようにして送受信を行うようなアドホック通信方式を提案している。

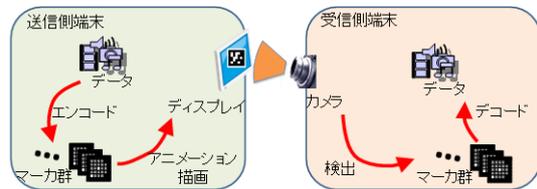


図 6 提案手法の通信手順

この研究成果は、国内研究会発表 2 本 [C-3] [C-5] を行い、それぞれについて、優秀デモンストレーション賞 [A-1]、優秀論文賞 [A-2] を受賞した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

[J-1] Shibata, N., Yamamoto, S.: GPGPU-Assisted Subpixel Tracking Method for Fiducial Markers, Journal of Information Processing, Vol.55, No.1, pp.19-28, (January 2014). (査読有)

〔学会発表〕(計 8 件)

【国際会議】

[C-1] Kashimoto, Y., Ogura, K., Yamamoto, S., Yasumoto, K., Ito, M.: Saving Energy in Smart Homes with Minimal Comfort Level Reduction, Proceedings of IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2013) Work In Progress session, pp.372-376, (March. 2013). (査読有)(ポスター発表)

[C-2] Nakamura, Y., Yamamoto, S., Tamai, M., Yasumoto, K.: Supporting Daily Living Activities using Behavior Logs and Augmented Reality, Proceedings of the 5th International Workshop on Smart Environments and Ambient Intelligence (SENAmI 2013), pp.658-663, (March. 2013). (査読有)

【国内研究会】

[C-3] 山本 眞也, 柴田 直樹: アニメーション・マーカを用いたアドホック通信, 第 21 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2013), マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.120-123, (December 2013). (デモ発表)

[C-4] 柴田 直樹, 山本 眞也: 連結成分抽出のための並列アルゴリズムの AVX2 命令セットを利用した CPU 向け実装, 第 21 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2013), マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, pp.300-307, (December 2013).

[C-5] 山本 眞也, 柴田 直樹: アニメーション AR マーカを用いたアドホック通信の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, DICOMO2013 シンポジウム論文集, pp.1090-1096, (July 2013).

[C-6] 中村 勇貴, 山本 眞也, 玉井 森彦, 安本 慶一: ユーザの行動履歴に基づく AR 効果を用いた日常生活支援手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム, DICOMO2012 シンポジウム論文集, pp.459-467, (July 2012).

[C-7] 柴田 直樹, 山本 眞也: SumiTag : あまり目立たない AR マーカーと GPGPU を利用した読み取り方法, 第 149 回 マルチメディア通信と分散処理(DPS)研究会, 情報処理学会研究報告 Vol.2011-DPS-149 No.9, pp. 1-8, (November 2011).

[C-8] 安本 慶一, 小倉 和也, 山本 眞也, 伊藤 実: 快適度の低下を最小限に抑える省エネデバイス制御手法, 第 149 回 マルチメディア通信と分散処理(DPS)研究会, 情報処理学会研究報告 Vol.2011-DPS-149 No.9, pp. 1-8, (November 2011).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

【公開ソフトウェア】

GPGPUMarkerTracker:

<http://ito-lab.naist.jp/~n-sibata/software/>

【業績リスト】

<http://www.shiny-ya.jp/publication.html>

研究者情報データベース RIDAI :

<http://www.tus.ac.jp/ridai/doc/ji/RIJIA01Detail.php?act=nam&kin=ken&diu=5d5d>

Google Scholar Citations :

<http://scholar.google.com/citations?hl=en&user=oS2KWO8AAAAJ>

【受賞】

[A-1] 優秀デモンストレーション賞: 山本 眞也, 柴田 直樹: アニメーション・マーカを用いたアドホック通信, 第 21 回 マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2013), pp. 120 - 123, (December 2013).

[A-2] 優秀論文賞: 山本 眞也, 柴田 直樹: アニメーション AR マーカを用いたアドホック通信の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2013)シンポジウム, pp. 1090 - 1096, (July 2013).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 眞也 (YAMAMOTO SHINYA)

山口東京理科大学・工学部・電気工学科・助教

研究者番号 : 10552375