

機関番号： 35504

研究種目： 若手研究（スタートアップ）

研究期間： 2009 ～ 2010

課題番号： 21800082

研究課題名（和文） 普及環境における多人数参加型の実・仮想空間混合インタラクションの実現に関する研究

研究課題名（英文） The study on realization of multi-user interaction between real and virtual world with pervasive equipments

研究代表者

山本 真也（YAMAMOTO SHINYA）

山口東京理科大学・工学部・助教

研究者番号： 10552375

研究成果の概要（和文）：

近年、共有仮想空間（Virtual Environment, VE）と拡張現実感（Augmented Reality, AR）や複合現実感（Mixed Reality, MR）などの、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。これらの技術を用いることで、現実の空間で行われている様々な社会活動に、遠隔のユーザがネットワークを介して仮想的に参加することも可能になる。しかし、これらの従来研究では、一般に、VE では多人数のユーザを対象とするため、高性能なサーバとそれに見合う大きな通信帯域幅を必要とし、AR や MR では、現実のユーザの動きを取り込んで仮想空間に合成するために、モーションキャプチャスーツや全方位ディスプレイ、カメラアレイなど、特殊な装置を使うことが多い。

本研究では、CSCW、遠隔教育、仮想商店、ゲームなどの実空間と仮想空間を跨った情報共有によるインタラクションを、高価な機器や特殊なネットワークを用いずに、安価で一般的な機材からなる普及環境で実現し、さらに従来研究でなされていない多人数参加をサポートすることを目標に、リアルタイムに情報を共有するためのシステムおよびミドルウェアの実現を目指して研究を行った。

2 年間の研究成果として、システムの実装に用いた、ネットワーク帯域を効率的に利用するためのユーザのコンテキスト推定に基づく QoS 適応制御、処理能力の低い携帯端末でも軽快な動作を実現するための擬似 3D 空間技術、仮想空間と現実空間を重ね合わせるために用いるセンサの位置を効率的に決定するアルゴリズム等の各要素技術について、1 本の和論文誌、3 本の国際会議発表、6 本の国内研究会発表を行った。また、一般公開に向け、ミドルウェアを実装中である。

研究成果の概要（英文）：

Recently, there are many studies regarding to Augmented Reality / Mixed Reality (AR/MR). These technologies allow remote users to participate in social activities such as shopping, exhibition, sports, and game which are held in real space. However, AR and MR often require special devices (e.g. a motion capturing suit, an immersive display, a camera array, and so on) for capturing movements of users in a real world and reflecting them into a virtual space. In order to utilize VE and AR/MR for various purposes, a technology for realizing these techniques with low cost is essential.

In this study, I aimed at the realization of the middleware for multi-user real-time information sharing that is interaction (such as CSCW, remote education, virtual shopping, game, and so on) between real and virtual worlds with pervasive equipments.

As research results for 2 years, 1 domestic article, 3 international conference proceedings and 6 domestic workshop proceedings were published. These proceedings detailed each elemental techniques for the implementation of the system; (1) QoS adaptation control based on the context estimation to use wireless network bandwidth, effectively, (2) Light-weight virtual 3D space technique for mobile terminals that is low processing capacity, and (3) Algorithm to decide the position of the sensor for superimposing real worlds and virtual spaces. In addition, toward a general release, I am implementing middleware.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010 年度	980,000	294,000	1,274,000
総計	2,060,000	618,000	2,678,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：分散仮想環境・QoS 適応制御・ネットワーク・計算機システム・バーチャルリアリティ

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。これらの研究は、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と、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の、2 つに分けられる。一般に、VE では多人数のユーザを対象とするため、高性能なサーバとそれに見合う大きな通信帯域幅を必要とし、AR や MR では、現実のユーザの動きを取り込んで仮想空間に合成するために、モーションキャプチャスーツや全方位ディスプレイ、カメラアレイなど、特殊な装置を使うことが多い。これらの技術を一般ユーザの様々な用途に応用するためには、低コストで実現できることが重要である。また、VE 技術と AR/MR 技術を融合させ、多人数で共有する空間に現実世界のオブジェクトの情報を取り込めるシステムが望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、実空間と仮想空間を跨った情報共有によるインタラクションを、従来研究でなされていない多人数参加をサポートし、かつ、高価なもしくは特殊な機材を用いずに、安価で一般的な機材からなる普及環境で行えるようなシステムの実現を目標に研究を行う。このようなシステムを実現するためには、以下の3点を普及環境で実現することが必要になる。

- ① 現実世界にいる実ユーザ・実オブジェクトに対して、それらの位置情報、音声、動作、形状などの変化に関する情報（以後、RO 情報と呼ぶ）を実時間でキャプチャする技術
- ② 仮想空間のユーザ・物体の位置、音声、

- 動作、形状に関する情報（以後、VO 情報と呼ぶ）および RO 情報をユーザノード間でリアルタイムに交換する技術
 - ③ 交換した RO・VO 情報をもとにユーザノードで空間の見え方を再現する技術
- これまでに、①～③に関して、大きな枠組みとしてのレベルで研究を行っており、いくつかの手法について提案・発表している。本研究では、具体的な実装レベルでの研究を行い、システムの実現を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、上記①～③の要件について、以下の課題を設定し、研究を行った。

- (ア) 過去に提案した QoS 適応制御を改良するためのオクルージョン・コントロール・アルゴリズムの考案・実装
- (イ) 無線環境において、ユーザ毎に設定されるオブジェクトの重要度が、アクセスポイントの通信帯域を共有するために集約されてしまい、ユーザの持つ各オブジェクトの重要度が描画クオリティに十分に反映されない問題を解決するための効率的な QoS 適応制御手法の考案・実装
- (ウ) 一般的な 3D モデリングによるオブジェクトだけでなくムービーテクスチャをサポートし、それを効率的に配送するための手法について検討・実現法の考案
- (エ) 仮想空間へのオブジェクトの登録・削除およびの Nintendo Wii コントローラなどの 3次元センサから入力された情報を基にオブジェクトを動かすための API の実装
- (オ) 現実空間と仮想空間を重ね合わせて表示できるようにマッピングする手法の考案・実装
- (カ) 携帯無線端末間のアドホック通信プロトコルの考案・実装
- (キ) 提案システムを用いたアプリケーションの実装

4. 研究成果

これまでに、部分成果をユビキタス分野へと応用・発展させ、1本の論文誌、3本の国際会議発表（1本のデモ発表を含む）、6本の国内発表（1本のデモ発表を含む）をおこなった。

(ア) のオクルージョン・コントロールに関するアルゴリズムの考案の部分成果として、仮想空間におけるユーザとオブジェクトの位置関係に基づく3Dオブジェクトデータ処理技術として発展させ、処理能力の低い携帯端末でも動作するような3D仮想空間のレンダリング技術を用いたユビキタスリモコンフレームワーク UbiREMOTE の提案・実装を行った。具体的には、処理能力の低い携帯端末では、多数の3Dオブジェクトをレンダリングするような処理が実時間で処理できなくなるため、リアルタイムな情報共有において大きな障害となる。そこで、ユーザの視点から任意の距離以上遠くに存在するオブジェクトをサーバでレンダリングし、そのスクリーンショットを撮り、それをユーザの端末に届ける。ユーザの端末では、届けられたスクリーンショットをユーザの視点を囲う立方体の内側に貼り付け、背景として用いることで必要以上のレンダリング処理を行わない手法を提案した。（図1）

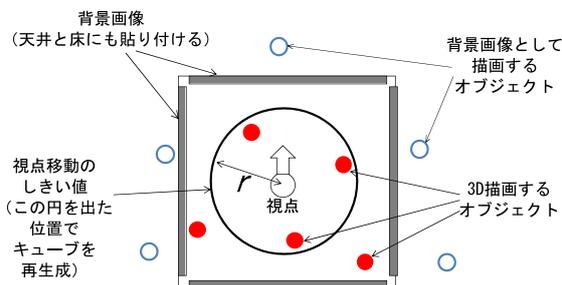


図1 キューブ型擬似3D仮想空間

これにより描画ポリゴン数を大幅に削減させる。実験により、描画速度を90~120倍程度向上させることを確認した。これについて、論文誌1本[A-1]、国際会議発表1本[P-3]、国内研究会発表2本[P-8][P-9]（デモ発表を1本含む）の発表を行っている。

(イ) の共有された無線通信帯域の向けのQoS適応制御機構の考案について、会場に複数のアクセスポイントを設置した場合のアクセスポイント選択を仮想空間上の情報をもとに行う手法を考案した。また、無線環境において、ユーザ毎に設定されるオブジェクトの重要度が、アクセスポイントの通信帯域を共有するために集約されてしまい、ユーザごとの各オブジェクトに対する重要度が描画クオリティに十分に反映されない問題を解決するため、ユーザの過去のコンテキスト

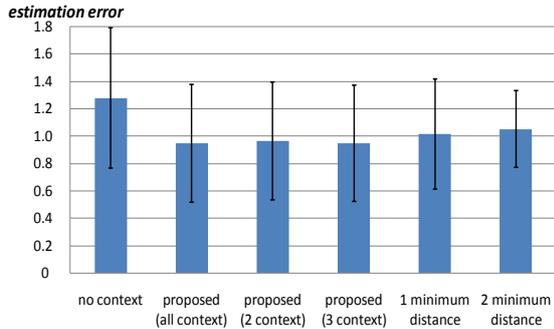


図2 各手法の推定誤差

情報を用いて、より効率的な重要度設定を行うための手法を考案した。これをユーザの嗜好の推測についての問題として一般化し、公共環境における情報家電の自動制御を行うためのユーザの嗜好の推測手法として発展させた。この手法では、温度や湿度などの情報家電によって変更できるコンテキスト、場所や時間などの操作できないコンテキスト、忙しさや落ち着き度合などのユーザのアクティビティなどをコンテキスト情報として扱い、これらのコンテキスト情報の履歴とそれに対するユーザの満足度から、現在のユーザが最も快適なコンテキストを推測し、それに沿うように情報家電を操作する。実験では、温度、湿度、落ち着き度合、忙しさ、場所、および、現在の温度・湿度の満足度を記述もしくは5段階評価にて、2ヶ月間にわたりアンケートを取り、それを用いて、各手法についてシミュレーションを行った。その結果、図2のような結果となった。この図では、推定誤差が1以上の場合に推測の失敗を意味する。コンテキストを考慮しない場合が平均推定誤差1.28、コンテキストの値を利用した最小距離法による平均推定誤差が1.00程度であるのに対し、提案した推測手法では0.95程度に収まっており、提案手法が推測精度の向上に貢献しているのがわかる。この成果について、国際会議1本[P-1]および国内研究会1本[P-5][P-6]の発表を行った。

(ウ) のムービーテキストチャの導入については、小さなデータが頻繁に配送され続けるネットワーク環境下においてムービーテキストチャなどの比較的大きなデータを配送するスケジューリングについて、ユーザのコンテキスト情報をリアルタイムに反映する可変なデッドラインとプログレッシブストリーミング手法を組合せることによるフレキシブルな配送手法について検討中であるが、具体的な成果には至っていない。

(エ) のオブジェクトの登録・削除および3次元センサによるオブジェクトの操作に関するAPIの作成について、当初の予定にあった、オブジェクトの登録・削除およびNintendo Wiiコントローラによるオブジェ

クトの操作については2009年度に実装を完了した。現在は2010年度に発売した新たなセンサであるMicrosoft Kinectの導入に向け、改良中である。最終的には、ミドルウェアとともに一般公開する予定である。

(オ)の実空間と仮想空間のマッピング方式について、会場にQRコードを複数張り付けそれを絶対値座標として用いることで各ユーザが補正を行う手法とMicrosoft Kinectなどの3Dセンサを会場に複数設置し、各オブジェクトの位置関係を中央サーバでマッピングする手法の混合手法について考案した。現在、実地実験に向け実装中である。この部分成果として、既存研究では達成されていなかった3次元的なセンサ配置を考慮したコストエフオードなセンサ配置アルゴリズムを考案し、それを実装したシミュレータを提案した。(図3)

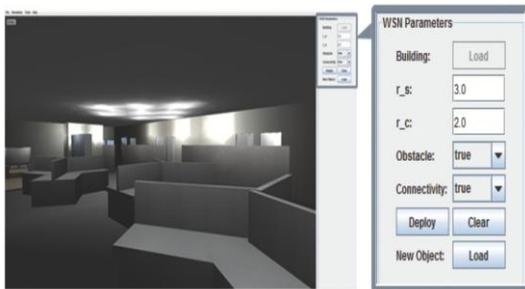


図3 センサ配置シミュレータ

この手法では、例えば、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科ソフトウェア基礎学講座を模した空間(図3)において、センサの配置コストについて、天井を1、壁側面を2、中空を5と設定したシミュレーションを行ったとき、センサの最適配置手法として知られるthe triangular lattice pattern methodではセンサの数は7個である一方で、センサは全て中空に配置されるため、配置コストは35である。一方で、本手法を用いた場合、14個のセンサを必要とするが、配置コストは19となっており、コストエフィシエントなセンサ配置を達成できていることがわかる。これについて、国際会議1本[P-2](デモ発表)、国内会議2本[P-4][P-7]の発表を行った。

(カ)の携帯無線端末間のアドホック通信プロトコルの考案・実装について、アルゴリズムの考案・実験に時間がかかると判断し、既存研究の調査に留め、他の課題の解決に注力した。

(キ)の提案システムを用いたアプリケーションの実装については、現在、継続中であり、部分的には実装済みであるものの、簡易なデモンストレーションの域を出ておらず、完成には至っていない。

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)

- [A-1] 清川皓太, 山本 眞也, 柴田 直樹, 安本 慶一, 伊藤 実: 3D 仮想空間を用いた情報家電のためのリモコンフレームワーク, 情報処理学会論文誌, Vol. 52, No. 2, pp. 596-609, (February 2011). (査読有)

〔学会発表〕(計9件)

【国際会議】

- [P-1] Yamamoto, S., Kouyama, N., Yasumoto, K., Ito, M.: Maximizing Users Comfort Levels through User Preference Estimation in Public Smartspace, Proceedings of the 7th IEEE International Workshop on Pervasive Learning, Life, and Leisure (PerEL 2011), (March. 2011). (査読有)
- [P-2] Kouakou, T. M., Yamamoto, S., Yasumoto, K., Ito M.: Deployment planning tool for indoor 3D-WSNs, Adjunct Proceedings of 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2010), pp. 369-370, (September 2010). (デモ発表) (査読有)
- [P-3] Kiyokawa, K., Yamamoto, S., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M.: UbiREMOTE: Framework for Remotely Controlling Networked Appliances through Interaction with 3D Virtual Space, Proceedings of ACM Multimedia Systems 2010 (MMSys2010), pp. 271-180 (February. 2010). (査読有)

【国内研究会】

- [P-4] Marc T. Kouakou, 山本 眞也, 安本 慶一, 伊藤 実: Cost-Efficient Sensor Placement for Full Coverage of 3D Indoor Space with Moving Obstacles, 第57回 モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, (March 2011).
- [P-5] 山本 眞也, 神山 直也, 安本 慶一, 伊藤 実: 複数ユーザの嗜好を推測し快適性を実現するスマートスペースの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2010) シンポジウム, pp. 1309 - 1317 (July 2010). (査読有)
- [P-6] 小倉 和也, 山本 眞也, 安本 慶一, 伊藤 実: スマートスペースにおける省エネ行動支援システムの提案, マルチメ

ディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02010)シンポジウム, pp. 1808 - 1816 (July 2010). (査読有)

[P-7] Marc T. Kouakou, 山本 眞也, 安本 慶一, 伊藤 実: Cost-Efficient Deployment for Full-Coverage and Connectivity in Indoor 3D WSNs, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02010)シンポジウム, pp. 1975 - 1982 (July 2010). (査読有)

[P-8] 清川 皓太, 山本 眞也, 柴田 直樹, 安本 慶一, 伊藤 実: 3D 仮想空間インタフェースを持つ携帯情報家電リモコン “UbiREMOTE”, 第17回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS 2009), (October 2009). (デモ発表)

[P-9] 清川 皓太, 山本 眞也, 柴田 直樹, 安本 慶一, 伊藤 実: 3D 仮想空間インタフェースを持つ情報家電リモコンの携帯端末上への実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009)シンポジウム, pp. 26 - 35 (July 2009). (査読有)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

- <http://www.shiny-ya.jp/>
- <http://www.sut.ac.jp/ridai/doc/ji/RIJIA01Detail.php?act=nam&kin=ken&diu=A23901>
- <http://ito-lab.naist.jp/mediawiki/index.php/Publication>
- <http://ubi-lab.naist.jp/publication.html>

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

(2) 研究分担者 ()

研究者番号:

(3) 連携研究者 ()

研究者番号: