

平成22年6月13日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19300018
 研究課題名（和文）大規模スマートスペースの効率良い開発を目的としたシミュレータの研究開発
 研究課題名（英文）Research and development of a simulator for efficient development of large-scale smart-spaces
 研究代表者
 安本 慶一（YASUMOTO KEIICHI）
 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授
 研究者番号：40273396

研究成果の概要（和文）：

本研究では、スマートスペースアプリケーションの開発環境として、(1) 任意の3D仮想空間を対象空間として設定し仮想的な家具・デバイスを設置するGUI、(2) 仮想デバイス間の通信のシミュレーション、(3) 対象空間の物理量変化シミュレーション、(4) 仮想住人の移動軌跡を指定し対象空間内を移動させる機能、(5) デバイスの動作や空間の状況を可視化する機能を備えたシミュレータを設計開発し、アプリケーションの実装実験を通して有用性を評価した。

研究成果の概要（英文）：

As a development environment for smart-space applications, we designed and implemented a smart-space simulator that has: (1) GUI for configuring an arbitrary 3D virtual space as the target space and deploying various furniture/devices in the space; (2) network simulation function among the devices; (3) physical quantity simulation function; (4) function for moving multiple virtual inhabitants during the simulation; and (5) function for visualizing the behavior of devices/inhabitants and the appearance of the target space. We evaluated the usefulness of the simulator through smart-space application development.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2009年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	11,200,000	3,360,000	14,560,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：スマートスペース、シミュレーション、情報家電、開発環境

1. 研究開始当初の背景

人々がこれまで以上に快適な生活を享受できるユビキタス社会を実現するためには、ネットワーク基盤の整備に加え、多数の機器

（デバイス）およびセンサを利用者の状況やまわりの環境に合わせて適切に制御するスマートスペースやスマートホームを効率よく設計・開発するための技術が必須である。

そのため、スマートスペースを制御する共通の機能をミドルウェアとして整備する研究や、システムの動作テストを目的としたスマートスペースのテストベッド（デバイスやセンサを埋め込んだ空間）の構築に関する研究が国内外で盛んに進められていた。スマートスペースは人々の生活に密接に関わってくるため、起こりうる様々な状況において、予期したとおりに、かつ、安全に動作するように設計・開発されなければならない。大規模なスマートスペースの実現の正しさを実空間においてテストするためには、テストベッドの構築および様々なシナリオでのアプリケーションの実行に莫大なコストがかかる。また、センサやデバイスの設置位置と利用者の行動パターンの起こりうる組み合わせは多数存在し、それら全てについてアプリケーションの動作を確認することは、時間や労力の点から困難であった。ユビキタスコンピューティング分野最大の国際会議 UbiComp 2006 のパネルディスカッションでは、テストベッドの弱点をある程度補うものとして、スマートスペースのシミュレーションの必要性についての議論が活発に行われた。ユビキタスコンピューティングにおけるシミュレーションでは、ネットワークシミュレーションと違って、シミュレートすべき項目が沢山あるので困難ではあるが、克服すべきであるとの認識が共有された。

2. 研究の目的

本研究は、多数のセンサから外部環境（利用者の移動、気温変化、時間、状況など）を認識し、利用者の好みに従い情報通信デバイス（ネット対応家電など）を自動制御するスマートスペースおよびそのアプリケーションを対象に、(1) システム全体を高信頼かつ低コストで開発できるようにするためのシミュレータを開発すること、(2) シミュレータを用いた大規模なスマートスペースの構築と本シミュレータの有用性評価を行うことを目的とする。これらの目的を実現するため、3D 空間上へのデバイスの設置支援・空間におけるデバイスの動作の可視化を行う機能（可視化・GUI）、デバイス間の通信をシミュレートする機能（ネットワークシミュレータ）、エアコンなどのデバイスの動作が外部環境に与える変化（室内温度などの物理量の変化など）を忠実に再現する機能（物理量シミュレータ）、与えた環境設定およびアプリケーションソフトウェアが意図通りに動作することを系統的に調べる機能（テスト機能）を実現することを目標とした。

3. 研究の方法

初年度の平成 19 年度には、目標とするシミュレータの基本機能の実現を行った。具体的には、シミュレータの、(1) 可視化機能・GUI、(2) ネットワークシミュレータ、(3) 物理量シミュレータの設計・実装を行った。開発したシミュレータのアーキテクチャを図 1 に示す。

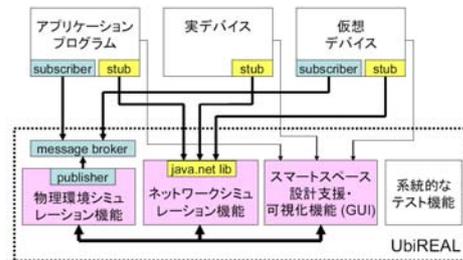


図 1：シミュレータのアーキテクチャ

開発したシミュレータの可視化機能の基本性能として、設置したデバイス数に応じた画面描画フレームレートを測定した。図 2 に示すように、デバイス数 50 以下で、実用上十分な描画速度が得られることが分かった。

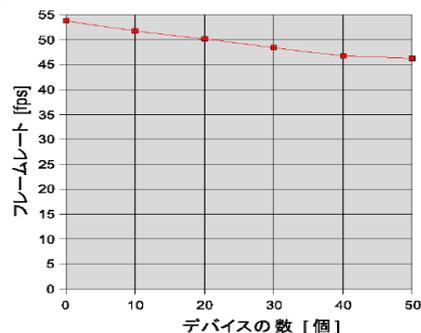


図 2：描画フレームレート

2 年目の平成 20 年度には、シミュレータのスケラビリティを高める方法の検討、系統的テスト機能の実現、シミュレータを用いたスマートスペースの構築実験を行った。系統的テスト機能実現のため、スマートスペースシステムの形式的なモデル化とテストカバレッジの定義を行い、システムを仮想環境でテストする方法と実環境でテストする方法を考案した。また、実環境におけるテストでは、異なるコンテキスト間を遷移させる際のコストを考慮し、指定したカバレッジを達成する最小コストのテスト系列を求める方法を考案した。

最終年度である平成 21 年度は、実空間に構築したテストベッドをシミュレータが管理する仮想空間の一部として連動させてシミュレーションできるようにする機能、すなわち、仮想空間上でのコンテキスト変化に基づき、実空間のデバイスを動作させたり、実

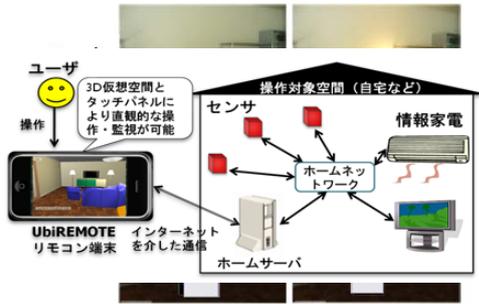


図 3 : 3D 空間 IF を持つ家電リモコン

空間のユーザの動きに従って、仮想空間中のデバイスが動作する機能を実現し、テストベッドを構築して動作を確認した。

4. 研究成果

平成 19 年度に得られた研究成果を情報処理学会論文誌に発表した。また、開発した UbiREAL シミュレータを情報処理学会 DPS ワークショップ 2008 で実演した (特別セッション賞を受賞)。

平成 20 年度に得られた成果のうち、系統的テスト機能、スマートスペース構築実験に関する論文を、情報処理学会第 16 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップにて発表した。また、本シミュレータにおける可視化技術に関する研究成果を情報処理学会論文誌に発表した。

平成 21 年度に得られた成果を、国際会議 Pervasive2009 のデモセッションにて実演した。また、本研究で得た成果を応用し、携帯端末画面に実空間に対応する 3D 仮想空間を表示し、直観的な操作により実デバイスを遠隔操作するリモコンフレームワーク UbiREMOTE を考案し、プロトタイプを作成した (図 3)。さらに情報処理学会 DPS ワークショップ 2009 のデモセッションで UbiREMOTE のプロトタイプシステム実演するとともに (ベストデモンストレーション賞を受賞)、論文を ACM の国際会議 Multimedia Systems Conference 2010 で発表した。

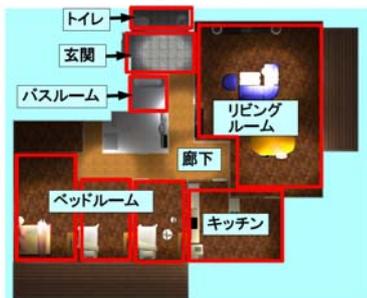


図 4 : 構築したスマートホーム

本研究で開発した UbiREAL シミュレータの有効性を評価するため、仮想空間上に 8 部屋からなるスマートホーム (図 4) とコンテキストに従って情報家電を制御するアプリケーションソフトウェアを構築し実験を行い、実用規模のスマートスペースアプリケーションを実行するのに十分な性能を有すること、アプリケーションソフトウェアおよびデバイス制御シナリオ開発時の不具合発見に有用なことなどを確認した。

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 3 件)

- [1] 花野博司, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実, 携帯電話端末への低コスト動画広告配信を目的とした WiFi 併用協調ダウンロード方式, 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 2, pp. 440-452, 2010, 査読有
- [2] 山本眞也, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実, 実・仮想空間を跨るインタラクションを実現するための QoS 適応機構とその評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 2, pp. 765-776, 2009, 査読有
- [3] 西川博志, 山本眞也, 玉井森彦, 西垣弘二, 木谷友哉, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実, 仮想空間を用いたスマートスペースアプリケーション向けシミュレータ, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 2, pp. 774-785, 2008, 査読有

[学会発表] (計 8 件)

- [1] Kiyokawa, K., Yamamoto, S., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M., UbiREMOTE: Framework for Remotely Controlling Networked Appliances through Interaction with 3D Virtual Space, Proc. of ACM Multimedia Systems 2010 (MMSys2010), pp. 271-280, Feb. 23, 2010, Scottsdale/USA, 査読有
- [2] 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”，情報処理学会第17回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集（デモ：ベストデモンストレーション賞受賞），pp.111-112，2009/10/7，層雲峡，査読有

[3] 神山直也，木谷友哉，柴田直樹，安本慶一，伊藤 実，嗜好の異なる複数ユーザを対象としたスマートスペースのデバイス制御法，情報処理学会 マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOM02009）シンポジウム論文集，pp. 823-835，2009/7/8，別府，査読有

[4] 清川皓太，山本真也，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，情報処理学会 DICOM02009 論文集，pp.26-35，2009/7/10，別府，査読有

[5] Naoya Kouyama, Kota Kiyokawa, Shinya Yamamoto, Tomoya Kitani, Naoki Shibata, Keiichi Yasumoto, Minoru Ito, A Support Tool for Developing Smart-Space Applications with 3D Virtual Space, Adjunct Proc. of Pervasive 2009 (Demo), pp. 233-236, May 12, 2009, Nara/Japan, 査読有

[6] 安本慶一，柴田直樹，ユビキタスシステムの実装の正しさをテストするためのフレームワークUbiTESTの提案，情報処理学会第16回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.181-186，2008/12/11，萩，査読有

[7] 清川皓太，神山直也，山本真也，木谷友哉，柴田直樹，安本慶一，伊藤 実，スマートホーム設計開発支援システムUbiREAL，情報処理学会第16回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集（デモ：特別セッション賞受賞），pp. 237-238，2008/12/11，萩，査読無

[8] 林由クン，山本真也，玉井森彦，木谷友哉，柴田直樹，安本慶一，伊藤 実：多数の情報家電を仮想空間を介して遠隔操作するフレームワークの提案，第17回ユビキタスコンピューティングシステム研究会（UBI-17），pp.9-16，2008/3/5，東京都港区，査読無

〔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://ubiral.org/>

<http://ito-lab.naist.jp/themes/UbiquitousComputing/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安本 慶一 (YASUMOTO KEIICHI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：40273396

(2) 研究分担者

伊藤 実 (ITO MINORU)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90127184

(3) 連携研究者

・柴田 直樹 (SHIBATA NAOKI)

滋賀大学・経済学部・准教授

研究者番号：40335477

・村田 佳洋 (MURATA YOSHIHIRO)

広島市立大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：40362834

・木谷 友哉 (KITANI TOMOYA)

静岡大学若手グローバル研究リーダー育成拠点・特任助教

研究者番号：40418786

・孫 為華 (SUN WEIHUA)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：40517520

・山内 由紀子 (YAMAUCHI YUKIKO)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：10546518