

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：34310

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26540038

研究課題名(和文) 三次元仮想空間を利用したデバイスインタラクションに関する概念の確立

研究課題名(英文) A New Concept of Device Interaction Using 3D Virtual Space

研究代表者

佐藤 健哉 (SATO, Kenya)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：20388044

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：コンピュータ操作において、将来普及すると予想されるメガネ型デバイス(例：Google Glass)を利用して、生活空間の多種多様な機器の状況を理解し操作する状況においても、利用者共通の概念が必要となる。本研究では、三次元仮想空間を通して物理世界とのインタラクションを実現することで汎用性の高いサイバー・フィジカル・ユーザ・インタフェース(CyPhyUI)という新しい概念の確立を行った。具体的には、仮想空間の情報を基にした現実空間のデバイスの特定や、現実空間のデバイスと一致する仮想空間上のデバイスの特定のため、拡張現実感技術によるネットワークの可視化・制御が可能なプラットフォームを開発した。

研究成果の概要(英文)：In computer operation, even in the situation of understanding and manipulating the situation of various kinds of devices in living space by using eyeglass type device (for example, Google Glass) which is expected to be popular in the future, a concept common to users is required. In this research, we have established a new concept of Cyber Physical User Interface (CyPhyUI) with high versatility by realizing interaction with the physical world through three-dimensional virtual space.

Specifically, we can visualize and control home network by augmented reality technology for identifying devices in real space based on virtual space information and specifying devices in virtual space coinciding with devices in real space. We developed and evaluate our platform.

研究分野：コンピュータネットワーク

キーワード：ネットワークシステム ユーザインタフェース AR IoT

1. 研究開始当初の背景

(1) ウィンドウ、アイコン、メニュー、ポインタなどの共通概念のもと、マウスとディスプレイを利用したグラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) の登場によりコンピュータの操作性が飛躍的に向上した。一方で身の回りの家電機器などは、赤外線リモコンを機器に向けることで対象機器を特定し、リモコンのボタンを押すことで遠隔操作が可能となった。現在、生活空間には多種多様な機器が登場し、多機能で複雑な操作が必要となっており、音声やジェスチャなども含め機器操作のための様々なユーザ・インタフェースの研究が行われている。

(2) 情報世界と物理世界を融合する新しいユーザ・インタフェースのパラダイムとして、図1に示すようなMITの石井らによりタンジブル・ユーザ・インターフェース (TUI) の提案が行われた。GUIのように操作対象となる物理世界をグラフィカルにシミュレートするのではなく、TUIでは物理世界そのものをインタフェースに変えることで、情報に物理的実態を与え、ユーザが直接触れて感知・操作を行うことが可能となる。

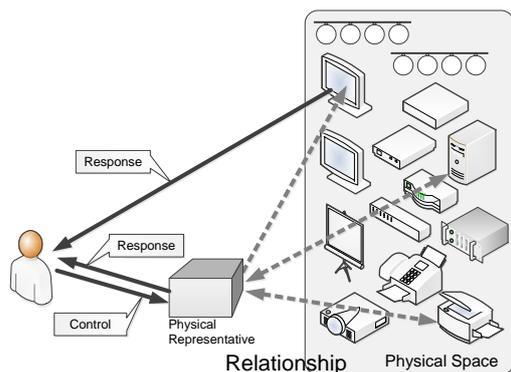


図1 Tangible User Interface (TUI)

2. 研究の目的

(1) コンピュータ操作において現在広く普及している WIMP (Window, Icon, Menu, Pointer) に基づくユーザ・インタフェースは、利用者がその概念を共通理解しているため、新たな学習をすることなく利用可能となる。将来普及すると予想されるメガネ型デバイス (例: Google Glass) を利用して、生活空間の多種多様な機器の状況を理解し操作する状況においても、利用者共通の概念が必要となる。本研究では、三次元仮想空間を通して物理世界とのインタラクションを実現することで汎用性の高いサイバー・フィジカル・ユーザ・インタフェース (CyPhyUI) という新しい概念の確立を行う。概要を図2に示す。概念の共通理解により、年齢に関わらず様々な利用者が、詳細な情報提供や高度な入力を行うユーザ・インタフェースを保持しない身の回りの機器であっても、その状況を容易に理解し操作することが目的である。

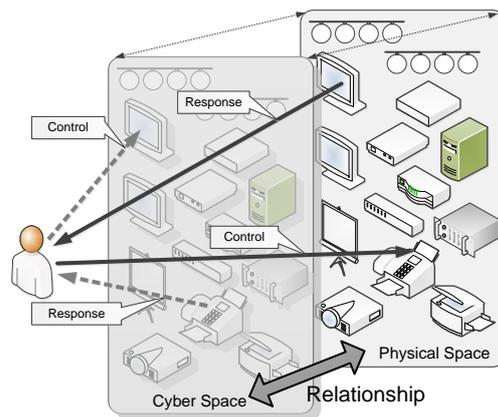


図2 Cyber-Physical User Interface (CyPhyUI)

(2) CyPhyUI の概念を適応する際の機器操作モデルを体系的に整理しその有効範囲を明確にするとともに、Google Glassのようなメガネ型デバイスにステレオカメラを設定し、利用者のジェスチャを通して、身の回りの家電機器操作などデバイスインタラクションに関するユーザビリティの評価を行う。また、過去に開発した EVANS における AR 技術では、特殊なパターンであるイメージマーカを印刷した紙を張り付けることで機器を特定する手法を採用した、見栄えや動的に変更できないといった問題があった。これを解決するために、ほぼすべての家電機器に搭載されている LED インジケータを目に見えないような高速で点滅させることで、メガネ型デバイスからの機器を特定し、また、利用者の操作意図の理解し、ネットワークを通して機器を操作した後の状態を理解するため、メガネ型デバイスに対して情報表示するためのアルゴリズムの設計と評価を行う。

3. 研究の方法

(1) 仮想空間を通して物理世界にある機器とインタラクションを行う場合、機器の状況によりいくつかの情報の流れが考えられる。これらの状況を分析し整理することでユースケースを検討し、多数ある実状況に当てはめ状況に対するの適応性とユーザにとっての利便性のシミュレーション評価を行う。また、サーバフィジカルシステム (Cyber-Physical System), モノのインターネット (IoT: Internet of Things) などに関する既存研究との位置付けを明確にする。

(2) CyPhyUI の適応例として、図3に示すように、既存の AR 技術をタブレット端末に適用することで、端末上に (二次元) 仮想空間と、物理世界に存在するテレビ、ハードディスクレコーダ、スピーカといった機器のインタラクションが行える AV 機器連携操作システムを試作する。現在、テレビやハードディスクレコーダなどの AV 家電機器は、DLNA

(Digital Living Network Alliance) 標準プロトコルによりネットワーク経由で共通して機器を操作することが可能となっている。AR モジュールとホームネットワーク制御モジュールをスマートフォンに実装し、無線 LAN 経由でホームネットワークに対して DLNA コマンドを送受信し、システムとしての動作を確認するとともに、動的特性、環境特性、および、性能限界の測定を実施しユーザビリティの検証を行う。機器認識および位置の特定には、一般的な AR 技術で用いられる紙に特殊な図形をプリントした AR イメージマーカを利用する。

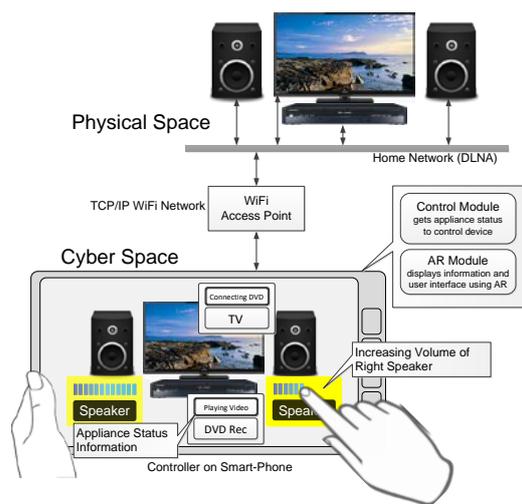


図 3 タブレット端末利用システム

(3) 機器の位置を特定するため、紙に印刷した特殊なパターンを機器に張り付けるイメージマーカが AR 技術利用時によく利用されるが、実際に機器に張り付ける場合、(1) 見栄えが悪い、(2) 暗闇で認識困難、(3) 動的変更が不可という問題がある。製品での利用を考えた場合、家電などの機器操作には向いておらず、ここでは新たに LED マーカという手法を検討する。現在、どの家電機器にも電源のオン・オフなどの状態を示す LED が付いている。図 4 に示すように、この LED を目を感じない高速で点滅させることで、たとえば、機器固有の MAC アドレスの点滅パターンを表現し、これをスマートフォンのカメラで撮影してパターンを認識することで、物理世界にある機器の位置を、人が感じることなく特定可能となる。一般にカメラのフレームレートは 30 フレーム/秒であり、LED の点滅により伝達できる速度は 10 ビット/秒以下になると予想される。そのため 48 ビットの MAC アドレスを送信するためには数秒必要となり、その間にユーザがスマートフォンを動かすと認識できなくなる。そのため、MAC アドレスを短いビット数で送信するための代理機構および LED の位置を追跡する画像認識のトラッキング機構の検討も実施する。

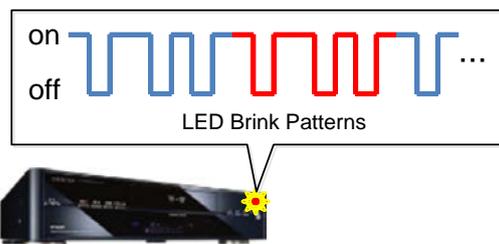


図 4 LED マーカ

4. 研究成果

(1) 仮想空間の情報に基づいた現実空間のデバイスの特定や、現実空間のデバイスと一致する仮想空間上のデバイスの特定が困難になる問題に対応するため、本研究では、拡張現実感技術によるネットワークの可視化・制御が可能なプラットフォームを開発した。提案プラットフォームでは、ネットワークの可視化・管理のための機能をプラットフォーム上で実現し、アプリケーション側にその機能を API として提供する。そのため、アプリケーションは容易に複数の無線通信規格へ対応可能になり、アプリケーションの使い分けの問題を解決した。また、拡張現実感技術を用いた可視化・管理が可能になり、仮想空間と現実空間の不一致問題を解決し、性能評価の結果から提案プラットフォームに問題がないことを検証した。関連研究との比較により、本論文の問題点を解決する手法として、提案プラットフォームを利用したアプリケーションを実現することが有効であることを確認した。

(2) 操作対象の認識には、これまで通常の家電機器に設置されている LED を特定のパターンで点滅させて、そのパターンをメガネ型デバイスのカメラで読み取ることで機器固有の ID を特定していたが、カメラのフレームレートが高くないため、LED の点滅周期を遅く設定する必要があるが、送信情報量が少ないという問題があった。そこで、ここでは 3 つの変色 LED を正三角形の頂点に配置する形を採用した。それぞれの LED の点灯によって送信ビットを表し、キャプチャした画像から検出される LED のカメラ座標からマーカまでの位置と方向を特定する。これにより機器固有の ID の取得時間が短くなり、精度も向上することが判明した。

(3) メガネ型デバイスをユーザ・インタフェースとする場合、情報の入力の方法が問題となる。指の動きをカメラで認識し、指をペンに見立てて空間へ描画し、描画した手書き情報をジェスチャとしてロケーションベース AR によってユーザ・インタフェースとする手法を開発した。外観を図 5 に示す。手書き情報の描画において、特定の機器を用いることがないため、ユーザは手軽に操作すること

が可能となる。スマートグラスを利用することで、スマートフォンのようなモバイル端末とは違い、手が塞がらないため、操作の自由度が増加する。しかし、現在のカメラとCPUの技術では指のジェスチャ認識の精度を向上できないという問題がある。そこで、指にLEDスイッチ付きの指輪を利用する方法を検討した。指輪型デバイスの赤外線LEDに点灯、消灯を制御する物理ボタンを搭載し、赤外線が点灯している場合は指動作をトラッキングし、消灯している場合はトラッキングをしないという制御を行う。デバイスを開発し、操作性について既存手法と比較し、動作速度やハンズフリーである点において優位性があることを示すことができた。



図4 実験用スマートグラス外観

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

(1) 阪田 大輔, 森田 健太郎, 佐藤 健哉, スマートグラスにおけるARを用いた音声コミュニケーション支援手法の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, 査読有, 2017, pp.1132-1137. (ヤングリサーチャー賞受賞)

(2) 森田 健太郎, 長田 剛典, 佐藤 健哉, 指動作認識を利用したスマートグラス上のユーザインタフェース操作, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, 査読有, 2016, pp.866-871. (優秀プレゼンテーション賞受賞)

(3) 秋田 浩也, 川上 智史, 佐藤 健哉, ホームネットワークにおけるデバイス間連携に基づく新サービス構築手法の検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, 査読有, 2016, pp.89-93.

(4) Kenya Sato, Naoya Sakamoto, and Hideki Shimada, Visualization and Management Platform with Augmented Reality for Wireless Sensor Networks, Wireless Sensor Network, 査読有, Vol.2015, No.7, 2015, pp.1-11.

(5) Remi Nguyen Van, Hideki Shimada, Kenya Sato, A Generic Platform for Sharing Functionalities among Devices, Communications and Network, 査読有, Vol.2014, No.6, 2014, pp.86-96.

〔学会発表〕(計 6 件)

(1) 西村 閣晋, 秋田 浩也, 佐藤 健哉, AR技術によるネットワーク接続機器監視手法の提案, 情報処理学会第80回全国大会講演論文集, Vol.3, 2018, pp.199-200. (学生奨励賞受賞)

(2) 井上 綺泉, 阪田 大輔, 佐藤 健哉, ARを利用した複数視点からの対象物特定手法, 第16回情報科学技術フォーラム(FIT2017), 2017, pp.237-238. (FIT奨励賞受賞)

(3) 秋田 浩也, 川上 智史, 陳 洵, 佐藤 健哉, ホームネットワークにおける機器間連携方式の一検討, 第78回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.3, 2016, pp.267-268.

(4) 岡田 春菜, 鬼木 明日香, 佐藤 健哉, フリック入力における個人特性を利用した認証強化方法の検討, 第15回情報科学技術フォーラム(FIT2016)論文集, Vol.4, 2016, pp.271-272. (FIT奨励賞受賞)

(5) 森田 健太郎, 長田 剛典, 三村 洗揮, 佐藤 健哉, 赤外線を利用したトラッキングによる指動作認識システム, 情報科学技術フォーラム(FIT2015)論文集, Vol.4, 2015, pp.337-338. (FIT奨励賞受賞)

(6) 秋田 浩也, 川上 智史, 陳 洵, 佐藤 健哉, ホームネットワークにおける家電協調支援プラットフォームの提案, 情報科学技術フォーラム(FIT2015)論文集, Vol.4, 2015, pp.377-378.

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐藤 健哉 (SATO, Kenya)
同志社大学・理工学部・教授
研究者番号: 20388044

(4)研究協力者

島田 秀輝 (SHIMADA, Hideki)
同志社大学・研究開発推進機構・准教授