

令和元年6月19日現在

機関番号：33919

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K15987

研究課題名(和文)無線ネットワークシステムの可視化による直感的機器管理制御フレームワークの構築

研究課題名(英文) Construction of Intuitive Device Management Control Framework by Visualization of Wireless Network System

研究代表者

鈴木 秀和 (Suzuki, Hidekazu)

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号：50583803

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、無線ネットワークで接続された情報家電機器やIoTデバイスの違いをユーザーが意識することなく、AR (Augmented Reality) 技術を利用して直感的に機器の識別や操作、管理を実現するための機器管理制御フレームワーク iHAC (intuitive Home Appliance Control) を開発した。iHACシステムと機器の型番しか情報提供されない従来システムを利用して情報家電機器の制御に係る評価実験を行った。その結果、AR技術によりユーザーへ操作対象機器の設置場所を可視化することにより、制御アプリケーションの操作時間や操作回数を約45.5%削減できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後、屋内外に無線通信で接続された情報家電機器やセンサデバイスをはじめとするIoTデバイスが多数設置される環境において、迅速かつ確実に操作対象となるIoTデバイスを発見したり、企業によるIoTデバイスの維持管理の負担軽減に寄与したりすることができるようになる。また、無線リンクの可視化が実現されることにより、IoTサービスが正常に提供されない原因がデバイス側にあるのかネットワーク側にあるのかなど、原因究明に要する時間を削減する効果や、保守管理業務の効率化などが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this research, a device management control framework called "iHAC" (intuitive Home Appliance Control) was developed. iHAC realizes device identification, operation and management intuitively by Augmented Reality (AR) technology without being aware of the difference between home information appliances and IoT devices connected by wireless network. The evaluation experiment concerning the control of the information home appliance was conducted using the conventional system where only the iHAC system and the model number of the device are provided. As a result, it was confirmed that the operation time and the number of operations of the control application can be reduced by about 45.5% by visualizing the installation location of the operation target device to the user by AR technology.

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：IoT 機器管理 直感的 AR 通信プロトコル 抽象化 無線ネットワーク 可視化

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

昨今の情報家電機器や屋内外の環境モニタリングを行う各種センサ類の多くは、種々の無線通信技術により相互接続し、無線ネットワークを構築している。配線作業が不要になり、利便性は向上したが、例えば屋内の情報家電機器を発見しても型番しか表示されず、専門知識を持たない一般の利用者はどれが操作したい機器なのかを把握することは難しい。また、今後のスマートハウスの発展により、無線通信機器の小型化が一層進み、屋内外のあらゆる箇所に設置されることが想定されている。このような無線センサネットワークでは動的にネットワークの構造が変化するため、瞬時に異常箇所を把握することは困難で、原因究明に時間を要することが課題と考えられる。従って、無線ネットワークシステムの保守運用性や操作性を向上させるためには、無線接続の状況や無線通信機器が保持する情報の確認、無線通信機器の管理や制御を直感的に行うことができる仕組みが必要である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、無線ネットワークシステムの利便性や運用保守に関わる効率性を向上させるために、無線通信機器間の接続状態や、無線通信機器の情報を可視化し、さらにそれらの機器を直感的に管理・制御するための統合型フレームワークを構築することである。具体的な研究項目は次の3点である。

- (1) 可視化システムと通信プロトコルを連携する直感的機器管理制御フレームワークの開発
- (2) AR（拡張現実）技術による無線通信機器の接続状態等の可視化システムの開発
- (3) 可視化システムの精度検証および直感的機器管理制御フレームワークの実用性評価

### 3. 研究の方法

- (1) 可視化システムで表示する通信機器の情報を取得したり、機器を管理・制御したりするために、ユーザの操作に基づいて、各種通信プロトコルで通信機器を制御し、取得したデータを表示する統合型フレームワークを開発する。可視化システムと通信プロトコルの間に、データの受け渡しや各種命令を交換する汎用インタフェースを定義して、通信プロトコルを抽象化する。
- (2) 無線通信機器の接続状況および通信機器に関する情報を直感的に認識するために、タブレット端末および通信機器の位置、タブレット端末の姿勢、カメラ特性などの関係に基づいて、AR技術を利用してタブレット端末のカメラで撮影している映像上にリンク関係やデータをオーバーレイ表示する。
- (3) 屋内に設置された情報家電機器に対して、無線LANのリンク関係、および情報家電が保持するコンテンツ一覧を可視化する検証実験を行う。また、無線センサネットワークを対象に、リンク関係およびセンシングデータを可視化する検証実験を行う。

### 4. 研究成果

(1) ユーザが機器の通信規格の違いを意識することなく、直感的に家電を制御することができる iHAC (intuitive Home Appliance Control) システムを提案した。図1のようにUI部、iHACフレームワーク部、通信処理部の三層構造とした。UI部はHTML5、JavaScriptおよびCSS3などのWeb標準技術を活用し、操作端末アプリケーションのレイアウトやデザイン、フォントサイズなどをカスタマイズ可能なモードと、ARを利用して通信機器の存在を可視化し、制御メニューを表示するモードを選択できる仕様とした。iHACフレームワーク部は情報家電やセンサノードの通信規格の違いを吸収する役割を担っており、上位UI部やアプリケーションに対して、各通信ライブラリに含まれる関数を抽象化した操作APIを提供する。

図2のiHACシステムの動作結果を示す。DLNA (Digital Living Network Alliance) とECHONET

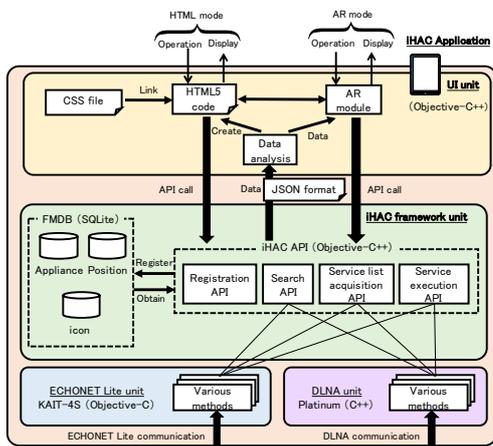


図1 iHACシステムにおける操作アプリの構成

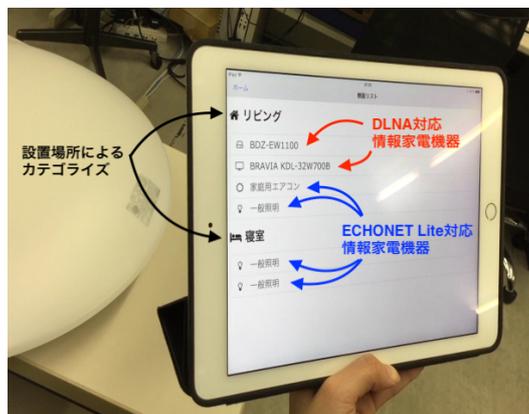


図2 通信プロトコルの抽象化による異なる規格の情報家電機器を検索した結果



図3 ARによる情報家電機器の設置位置の可視化と機器情報へのアクセスおよび機器制御の様子

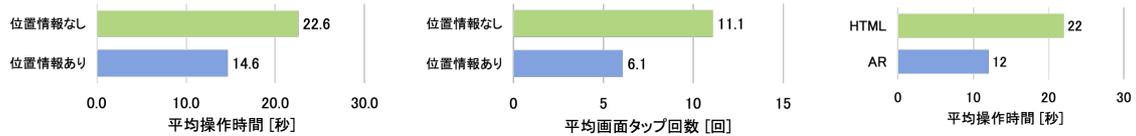


図4 iHACシステム利用時の評価結果 (左・中: HTMLモード、右: ARモードとの比較)

Lite に準拠した情報家電機器を同時に探索・発見できていることが確認できる。発見した機器を選択することにより、当該情報家電機器を制御できることを確認した。

また、ARモードで動作確認した例を図3に示す。情報家電機器にタブレット端末をかざすことにより、機器名が記載されたARオブジェクトが表示され、ユーザがこれをタップすると情報家電機器から取得した情報(データや設定など)を確認できるほか、当該機器がサポートする通信プロトコルを利用して機器を制御できることを確認した。

被験者10名にiHACシステムを利用してもらい、位置情報の提供有無により操作時間や操作回数がどのように変化するかを評価した。また、HTMLモードとARモードの操作を比較して、平均操作時間を評価することにより、ユーザの直感的認識状況の変化が生じるかを検証した。図4に結果を示す。位置情報(情報家電機器が設置されている場所)を提供することにより、平均操作時間が35.45%、平均画面タップ回数が45.5%削減できることがわかった。この結果より、ユーザは操作対象の機器をわかりやすい名称だけでなく、設置されている場所を強く意識していることが確認でき、位置情報を提供することの有効性が明らかとなった。また、ARモードにおける平均操作時間はHTMLモードと比較して約45.5%短縮できた。この結果より、ユーザはARを利用することにより、操作対象となる通信機器を直感的に認識および選択、操作できることが明らかとなった。

(2) 上記のiHACシステムを拡張して、環境センサなどのIoTデバイスとの連携機能を実現した。まず、iHACシステムをタブレットだけでなく、常時起動型の据え置きデバイスとしてiHAC Hubを開発した。iHAC HubはセンサデバイスをはじめとするIoTデバイスからセンシングデータを受信し、環境情報に基づいて情報家電機器を制御する連携機能を提供する。図5にiHAC Hubのシステム構成を示す。iHAC HubはUI部を削除し、iHACフレームワークに機器連携のルールを処理するレシピエンジンとIoTデバイスがセンシングした情報を取得する機能を追加し、Raspberry Piを利用して実現した。図5に照度センサに照明をあて、センシングした照度データをクラウド経由でiHAC Hubが受信している様子を示す。この後、照明を外して照度の値が設定した閾値を下回ると、レシピに記載されたルールに従って、iHAC Hubが照明器具の点灯および光色を変更できることを確認した。

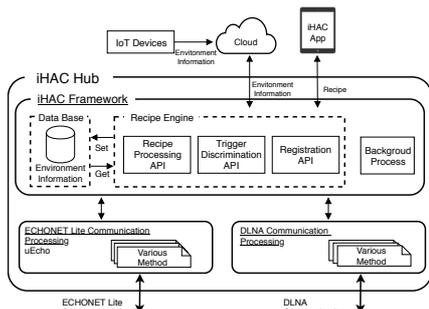


図5 iHAC Hubのシステム構成

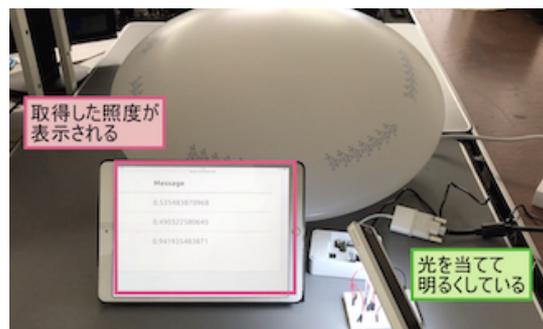


図6 IoTデバイスがセンシングした情報の可視化と機器連携

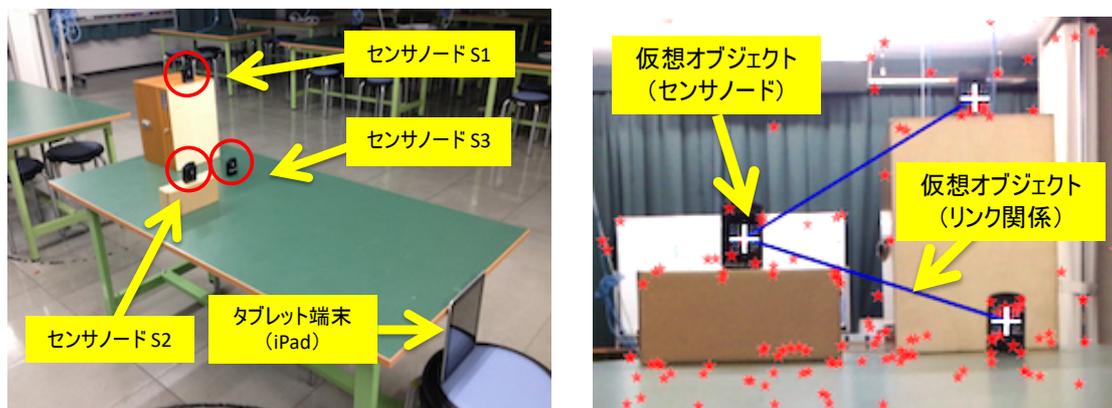


図7 センサノードの配置関係とセンサノード及びリンク関係を示す仮想オブジェクトの表示結果

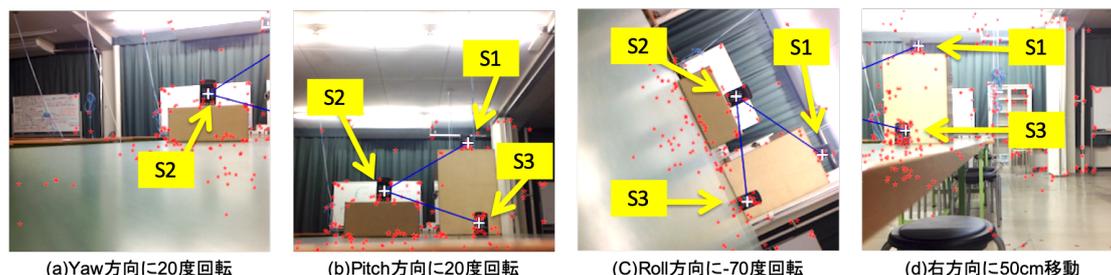


図8 タブレット端末の姿勢を変化させた場合の仮想オブジェクト描画結果

(3) 無線ネットワークの可視化を実現するために、研究の初期段階ではスウェーデンの 13th Lab 社が提供していた PointCloud SDK を用いて、タブレット端末 (iPad) で撮影している画像の中から特徴点を抽出し、センサノード上の特徴点を AR オブジェクトの表示位置として登録した。実際の利用時も同様にカメラ画像上から特徴点を抽出し、登録済みの特徴点を認識した後、センサノードのリンク情報に基づいて特徴点同士を線分で繋ぐことにより、無線リンクの可視化を行った。

図7左に示すように3台のセンサノードを配置し、センサノード2はセンサノード1とセンサノード3と接続させた。なお、センサノード1とセンサノード3は直接接続していない。このような環境でセンサノードと無線リンク関係を可視化した結果を図7右に示す。認識したセンサノードの特徴点に白十字マークが表示されること、無線リンクが青色線分で描画されることを確認した。

次に iPad の姿勢を変化した際、仮想オブジェクトが正しく追従表示されるかを確認した。図8にタブレット端末の姿勢を変化させた際の仮想オブジェクト描画結果を示す。タブレット端末の姿勢を各軸まわりに回転 (Yaw, Pitch, Roll) したり移動させたりしても、正しく特徴点の抽出ができており、登録時に選択した特徴点上にセンサノードの存在を示す白十字マークがタブレット端末の動きに追従して描画されていることが確認できた。また、図8(a)、5(d)のようにカメラ映像上に一部のセンサノードしか映っていない状況でも、抽出された特徴点の位置はタブレット端末に記録されているため、画面外に存在するセンサノード上の特徴点に向かってリンク関係を示す線分が描画されていることも確認できた。

(4) 前述の通り、iPad と PointCloud SDK を利用して無線ネットワークの可視化システムを開発していたが、13thLab が Oculus に買収されたことにより SDK の継続利用が不可能になってしまったため、AR 機能に関わる実装を見直さなければならなくなった。そこで、iPad で利用可能な AR SDK を調査した結果、ドイツの Metaio 社が販売している Metaio Creator を採用することにした。Metaio のライブラリを用いて可視化システムの再開発をスタートした矢先に、今度は Metaio 社が Apple 社に買収され、サービスの提供が突如として停止されてしまった。そこで前回の調査の時に別の候補として挙がっていた SONY 社が販売する SmartAR を採用することにした。図3に示した iHAC システムの AR モードは、この SmartAR を用いて実装したものである。SmartAR を用いて可視化システムの再開発を継続していたが、可視化に関わる実装の一部が SmartAR SDK では不十分であることが判明したため、タブレット端末の選定を含めて改めて検討せざるを得ない状況になってしまった。その後、Android 端末で動作するように仕様を変更し、Google 社が提供している ARCore を利用して可視化システムの開発を再スタートしたが、研究期間内にネットワークの可視化システムと iHAC システムを統合することはできなかったため、引き続き研究開発を実施する計画である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 2 件）

- [1] Wataru Nishio, Hidekazu Suzuki and Yukimasa Matsumoto: Evaluation of location estimation method for bus location system based on wireless sensor networks, *Transportation Research Procedia, Peer-Reviewed*, Vol. 25, pp. 3913–3925, Jun. 2017. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.315
- [2] 梅山莉奈、増田剛志、鈴木秀和：規格の違いを意識しない直感的家電制御システムの提案、*情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム (CDS)*、査読有、Vol. 6、No. 1、pp. 84–93、2016年5月。  
[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository\\_uri&item\\_id=162232&file\\_id=1&file\\_no=1](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=162232&file_id=1&file_no=1)

〔学会発表〕（計 35 件）

- [1] 佐藤里菜子、林宏輔、鈴木秀和：iHAC Hub における IoT デバイス連携のレシピ解析を行う ECA ルールエンジンの実装、*情報処理学会第 81 回全国大会*、2019 年 3 月。
- [2] Kosuke Hayashi and Hidekazu Suzuki: Cooperation Between Heterogeneous IoT Devices Using iHAC Hub, *The 37th IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2019)*, pp. 295–296, Jan. 2019.
- [3] 堀孝格、林宏輔、鈴木秀和：ARCore を用いた家電機器に対する AR 表示方法の検討、*平成 30 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会*、2018 年 9 月。
- [4] 林宏輔、鈴木秀和：環境情報に基づいて異種規格の IoT デバイス連携をサポートする iHAC Hub の設計、*マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム*、2018 年 7 月。
- [5] 今尾秀樹、岡田真実、鈴木秀和：マーカレス AR を用いた通信機器の位置と接続関係の可視化、*情報処理学会第 80 回全国大会*、2018 年 3 月。
- [6] 横地リー紫音、岡田真実、林宏輔、鈴木秀和：マルチプラットフォーム対応 iHAC フレームワークの設計、*情報処理学会第 80 回全国大会*、2018 年 3 月。
- [7] 小久保由惟、梅山莉奈、鈴木秀和：Monaca を利用した iHAC アプリケーションのハイブリッド化に関する設計、*情報処理学会第 79 回全国大会*、2017 年 3 月。
- [8] 江崎敬俊、梅山莉奈、鈴木秀和：iHAC システムにおける異種プロトコル間の機器連携手法の提案、*情報処理学会第 79 回全国大会*、2017 年 3 月。
- [9] Rina Umeyama and Hidekazu Suzuki: iHAC: Smart Appliance Controller Using AR Technology, *The 35th IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE2017)*, Jan. 2017.
- [10] Wataru Nishio, Hidekazu Suzuki and Yukimasa Matsumoto: IoT-based Bus Location System, *The 9th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2016)*, Oct. 2016.
- [11] Rina Umeyama and Hidekazu Suzuki: A Proposal of Intuitive Home Appliance Control System Based on Its Position Information, *The 9th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2016)*, Oct. 2016.
- [12] 西尾航、花井達哉、鈴木秀和、松本幸正：IoT 技術を利用したバスロケーションシステムの基礎開発、*マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2016)シンポジウム*、2016 年 7 月。
- [13] Wataru Nishio, Hajime Adachi, Hidekazu Suzuki and Yukimasa Matsumoto: Evaluation of location estimation method for bus location system based on wireless sensor networks, *The 14th World Conference on Transport Research (WCTR 2016)*, Jul. 2016.
- [14] 伴拓実、星野裕貴、鈴木秀和：マーカレス AR を用いた無線センサネットワーク可視化システムの設計、*第 13 回情報学ワークショップ WiNF2015*、2015 年 12 月。
- [15] Wataru Nishio, Hajime Adachi, Hidekazu Suzuki and Yukimasa Matsumoto: Estimation of bus traveling section using wireless sensor networks for bus location system, *The 22nd ITS World Congress 2015*, Oct. 2015.
- [16] 増田剛志、梅山莉奈、鈴木秀和：直感的家電制御フレームワークにおけるユーザインタフェースの検討、*平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会*、2015 年 9 月。
- [17] 鬼頭克成、西尾航、鈴木秀和、松本幸正：IoT に基づくバスロケーションシステムのための管理用インタフェースの検討、*平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会*、2015 年 9 月。
- [18] 星野裕貴、梅山莉奈、伴拓実、鈴木秀和：無線センサネットワーク可視化システムにおけるセンシング情報の取得方法に関する検討、*平成 27 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会*、2015 年 9 月。

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

○アウトリーチ活動（計6件）

①オープンキャンパスにおけるポスター発表およびデモ展示  
（2015年8月1～2日、2016年7月30～31日、2017年7月29～30日、2018年8月4～5日）

②あいち ITS ワールド 2015 におけるポスター発表およびデモ展示  
（2015年11月20～23日）

③あいち ITS ワールド 2017 におけるポスター発表およびデモ展示  
（2017年11月23～26日）

○ホームページ

<http://www.ucl.meijo-u.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：梅山 莉奈、西尾 航、林 宏輔、伴 拓実

ローマ字氏名：(UMEYAMA, rina, NISHIO, wataru, HAYASHI, kosuke, BAN, takumi)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。