

コンシューマ・システム論文

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

梅山 莉奈^{1,a)} 増田 剛志² 鈴木 秀和^{1,b)}

受付日 2015年10月1日, 採録日 2016年2月23日

概要: 近年, ネットワークを通じて操作可能な情報家電が普及しつつある. 情報家電には DLNA (Digital Living Network Alliance) や ECHONET Lite などの複数の通信規格が存在しているため, ユーザは操作したい機器に応じて操作アプリケーションを使い分ける必要がある. また, ユーザはこれらの通信プロトコルによって発見された機器の型番情報しか入手することができない. そのため, 制御したい機器を直感的に特定したり, 宅内に同一モデルの機器が複数存在する場合の区別が困難である. 本論文では, ユーザが規格の違いを意識することなく, 直感的に機器を制御することができる iHAC (intuitive Home Appliance Control) システムを提案する. 規格の違いを吸収する iHAC フレームワークを操作アプリケーションに組み込むことにより, ユーザは単一の操作アプリケーションで通信規格の異なる複数の情報家電を操作することができる. また, AR (Augmented Reality) 技術を用いて機器情報や操作メニューを表示することにより, 文字情報によらない直感的な操作を可能とする.

キーワード: 情報家電, 制御, DLNA, ECHONET Lite

A Proposal of Intuitive Home Appliance Control System without Considering Differences in Protocols

RINA UMEYAMA^{1,a)} TAKESHI MASUDA² HIDEKAZU SUZUKI^{1,b)}

Received: October 1, 2015, Accepted: February 23, 2016

Abstract: Recently a variety of information home appliances that can be controlled via a network are spreading widely. There are multiple communication standards for information home appliances, such as Digital Living Network Alliance (DLNA) and ECHONET Lite. Therefore, a user has to properly use control applications according to a device which is desired to be operated. Moreover, a user is capable of acquiring only model number information of devices found by their communication protocols. Consequently, it is difficult to intuitively select a device which a user wants to operate and distinguish the device from multiple devices of the same model number installed in a home network. This paper proposes the intuitive Home Appliance Control (iHAC) system that can intuitively control these devices without being aware of the differences in protocols. By integrating the iHAC framework that absorbs differences between communication standards into the control application, the user can control all home appliances which have different standards with only one control application. In addition, the proposed system provides intuitive control not depend on the character information with an augmented reality technology.

Keywords: information home appliance, control, DLNA, ECHONET Lite

¹ 名城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Meijo University, Nagoya, Aichi 468-8502, Japan

² 名城大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Meijo University, Nagoya, Aichi 468-8502, Japan

a) rina.umeyama@ucl.meijo-u.ac.jp

b) hsuzuki@meijo-u.ac.jp

1. はじめに

近年, ネットワークを通じて操作可能な情報家電の普及が進んでいる. 情報家電では, 家電機器どうしを相互接続することにより, 動画や写真などのコンテンツを共有することが可能となる. また, スマートフォンやタブレットな

どのモバイル端末と接続することにより、それらから家電機器を操作することも可能となる。

現在、情報家電には複数の通信規格が存在し、代表的なものに DLNA (Digital Living Network Alliance) [1] や ECHONET Lite [2] がある。DLNA は主にテレビや Blu-ray レコーダなどの AV (Audio Visual) 機器に搭載されている規格である。それに対して、ECHONET Lite は主にエアコンや冷蔵庫などの白物家電を中心に搭載されている規格である。家電機器の種類によって異なる通信規格が搭載されており、宅内にはこれらの規格の機器が混在している。そのため、ユーザは機器の規格に合わせてアプリケーションや操作方法を変更する必要がある。また、ネットワークを通じて操作する際、ユーザは発見した機器の型番からしか機器を特定することができない。そのため、ユーザが操作したい機器を直感的に判断したり、宅内に同一モデルの機器が複数存在する場合の区別も困難となる。

これらの課題を解決する既存研究として、PUCC (Peer-to-peer Universal Computing Consortium) プロトコルを用いた異種ネットワークデバイス連携システム [3], [4] や AR (Augmented Reality) 技術を用いた EVANS3 [5], [6] が提案されている。

PUCC を用いたシステムは、PUCC プロトコルを用いて複数の通信規格の機器を統一的に扱うことが可能となるシステムである。PUCC プロトコルは、DLNA や ECHONET Lite などの既存のネットワーク上にオーバーレイネットワークを形成することで、様々なネットワークに存在する機器の相互接続を可能とする技術である。しかし、PUCC プロトコルが実装されたホームゲートウェイ (HGW) が必要であり、一般ユーザが気軽に利用することが困難であるなどの課題がある。

EVANS3 は、家電機器に取り付けられた LED マーカを操作端末のカメラで写すことにより、カメラ映像上に機器の情報を AR オブジェクトとして表示するシステムである。表示された AR オブジェクトをタッチすることで機器の制御が可能となる。しかし、EVANS3 ではカメラ映像上に LED マーカを写す必要があるため、カメラに写る範囲の機器しか操作できないことや、操作対象となる機器が 1 台に限られるという課題がある。

これらの課題を解決するために、本論文では規格の違いを意識することなく、直感的に機器を制御することができる iHAC (intuitive Home Appliance Control) システムを提案する。iHAC システムは、様々な通信規格を同時に制御する API を定義し、これを組み込んだアプリケーションを操作端末で使用するにより、HGW を設置することなく規格の違いを吸収する。また、ユーザインタフェース (UI) にマーカレス AR と HTML5 を用いることにより、ユーザが機器を直感的に操作することを可能とする。ユーザによって直感的に操作しやすい UI は異なる可能性があ

るが、HTML5 を用いることで UI のカスタマイズが容易となるため、様々なユーザに対応することが可能である。

以下、2 章で既存研究について、3 章で提案システムについて述べる。4 章で実装と動作検証の結果を示し、5 章で評価をし、6 章でまとめる。

2. 既存研究

2.1 PUCC を用いたシステム

PUCC を用いたシステムは、DLNA や ECHONET Lite などの通信規格の異なる情報家電や ZigBee などのセンサデバイスを相互接続し、それらすべての機器を統一的に扱うことが可能なシステムである。DLNA や ECHONET Lite などの既存ネットワークの上にオーバーレイネットワークを形成することにより、様々なネットワークに存在する機器の相互接続を可能とするプロトコルである PUCC プロトコルを用いることで、異なる規格の機器どうしの相互接続を実現している。

図 1*1 に PUCC を用いたシステムの概要を示す。このシステムは、クライアントデバイス、Web サーバ、センサゲートウェイや家電ゲートウェイなどの各 HGW、操作対象であるセンサデバイスや家電機器で構成されている。センサデバイスや家電機器の制御は各 HGW が行い、HGW と家電機器間はそれぞれの機器に搭載されている通信規格で通信を行う。Web サーバと各 HGW に PUCC プロトコルを実装し、Web サーバと各 HGW 間で PUCC プロトコルの通信を行うことにより、Web サーバが規格の違いを吸収している。さらに、Web サーバを用いることにより、クライアントに対してセンサデバイスや家電機器への統一的なアクセスを提供している。

このシステムの課題として、PUCC プロトコルを実装した HGW や Web サーバが必要であるため、一般ユーザが気軽に利用することが困難であることがあげられる。

2.2 EVANS3

EVANS3 は、AR 技術を利用してカメラ映像上に操作メニューを AR オブジェクトで表示することにより、直感的

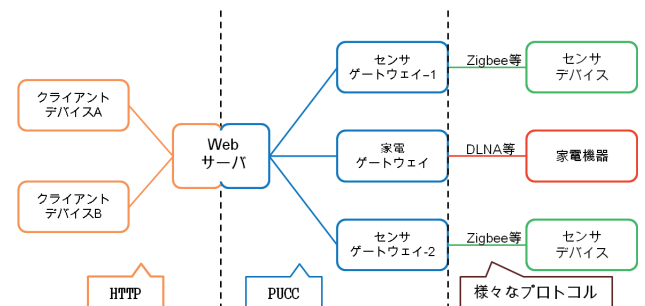


図 1 PUCC を用いたシステムの概要

Fig. 1 Overview of system using PUCC.

*1 文献 [4] より引用

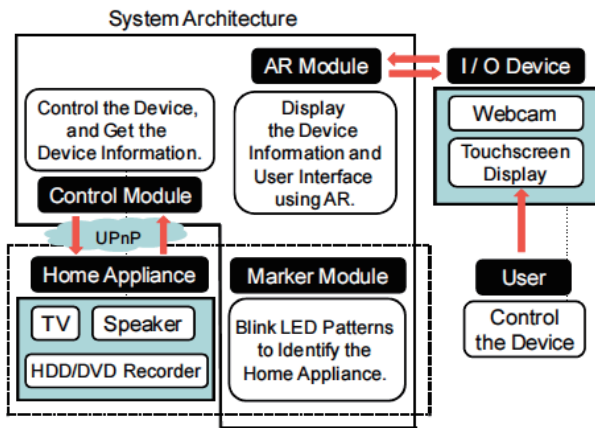


図 2 EVANS3 の構成

Fig. 2 Architecture of EVANS3.

に家電機器を操作することができるシステムである。家電機器にLEDを取り付け、そのLEDをARを表示するためのマーカとする。ユーザがLEDを操作端末のカメラで写すことにより、LEDマーカの点滅パターンを認識し、機器を識別する。

図 2*2 に EVANS3 のシステム構成を示す。ユーザが操作端末のカメラでLEDを写すことにより、マーカモジュールが点滅パターンを認識して機器を識別し、その機器の情報をコントロールモジュールから取得する。その情報に基づいてARモジュールが操作端末のカメラ映像上に操作メニューなどのARオブジェクトを表示する。ユーザがカメラ映像上に表示された操作メニューを操作することで、機器の制御を可能としている。

このシステムの課題として、カメラ映像上にLEDマーカを写す必要があるため、障害物がある場合や異なる部屋に設置された機器を操作することができない点があげられる。また、操作対象となる機器が1つのみであり、他の機器どうしの連携操作をすることができない。

3. 提案システム

3.1 概要

本論文では、ユーザが家電機器の規格の違いを意識することなく、直感的に機器を制御することができるiHACシステムを提案する。最初に、本論文における“直感的”という用語が意味する内容を次の4段階に分け、これらを実現するための仕組みについては次節以降にて詳述する。

(1) 規格の違いを意識しない操作

宅内に様々な規格の機器が存在していると、ユーザは規格に合わせて操作方法やアプリケーションを変更する必要がある。提案システムでは、第3の機器を設置するのではなく、タブレットなどの操作端末にインストールするアプリケーションに組み込まれるiHACフレームワークが通信規格の違いを吸収することによ

り、ユーザは規格の違いを意識することなく機器の操作が可能となる。規格ごとにアプリケーションや操作方法を変更する必要がなく、ネットワークから操作可能なすべての機器を統一的に扱うことができる。

(2) 設置場所を意識できる表示

家電機器から得られる情報は型番やメーカー、IPアドレスなどの情報であり、通常は型番のみがユーザに提示される。しかし、一般ユーザは型番が提示されても、即座に操作したい機器を判別することは難しい。提案システムでは、機器ごとに部屋名などの位置情報を関連付けてユーザへ提示することにより、ユーザが直感的に操作したい機器を判断することを可能とする。また、宅内に同一モデルの機器が複数存在する場合の区別が容易となる。

(3) ユーザごとに認識しやすい表示

ユーザによって直感的に操作しやすいUIが異なる場合がある。提案システムでは、UIの表示にHTML5とCSS(Cascading Style Sheets)を用いることによって、ユーザが自由にUIをカスタマイズできる仕様とする[7]。CSSを変更することにより、文字のサイズや色、行間やアイコン画像などを自由にカスタマイズできるようになるため、ユーザが見やすい、分かりやすいデザインを選択することができる。

(4) 文字情報だけに頼らない表示

家電機器から得られる情報は、型番などの文字情報のみである。(2)で述べた位置情報の付加を行ったとしても、画面に表示された型番の機器と、ユーザが操作したい機器が同一であると直感的に認識することが困難である場合も考えられる。提案システムでは、(3)で述べたHTMLベースの表示方法に加えて、AR技術を利用したUIをあわせ持ち、ユーザが表示モードを切り替えることができる仕様とする。操作端末に搭載されたカメラで操作対象機器を撮影し、カメラ映像上の操作対象機器上にARオブジェクトを表示する。これにより、家電機器から得られる型番や、提案システムから得られる位置情報などの文字情報だけでなく、操作したい機器をカメラ映像上から直感的に判断することが可能となる。なお、ARオブジェクトの表示には、エッジなどの特徴点を用いることを想定しており、家電機器にARマーカを設置する必要はない。

3.2 システム構成

図 3 に iHAC システムの構成を示す。家電機器を制御する操作端末にインストールする iHAC アプリケーションは、UI 部、iHAC フレームワーク、各規格の通信処理部で構成される。

3.2.1 UI 部

UI 部はユーザに対して機器の情報や操作メニューの表

*2 文献 [6] より引用

示を行う。表示方法として、HTML5 と CSS で表示を行う HTML モードと、AR で表示を行う AR モードがある。HTML モードでは、操作可能な機器を設置されている部屋ごとに分類して表示する。AR モードでは、カメラ映像上に写った機器付近に、機器名などを表記した AR オブジェクトを表示する。

設置されている部屋の情報や AR オブジェクトの表示位置は、あらかじめユーザが登録を行う。UI 部は未登録である機器の一覧を表示し、ユーザが登録したい機器と設置されている部屋などの選択を行うことにより、登録する情報を iHAC フレームワークへ渡す。

表示する機器リストや AR オブジェクトとして表示する機器名などは、iHAC フレームワークから取得する。ユーザが操作したい機器をリストの中からタップまたは AR オブジェクトをタップすることにより、選択された機器の操作メニューを表示し、ユーザの操作に従って iHAC フレームワークへ命令を行う。

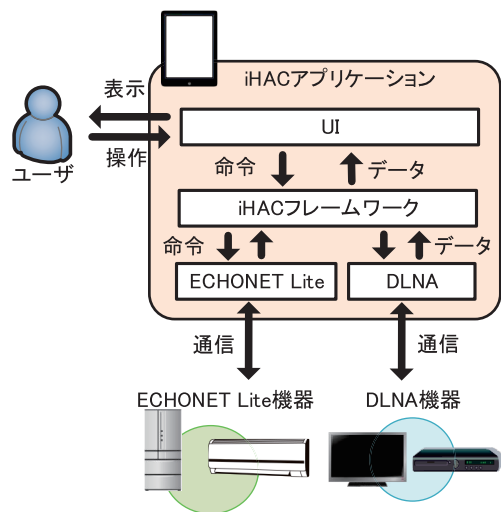


図 3 提案システムの構成
Fig. 3 Configuration of proposed system.

3.2.2 iHAC フレームワーク

iHAC フレームワークは、家電機器の通信規格の違いを吸収する部分であり、各種通信プロトコルの上位にあたるアプリケーション層に定義する。機器の探索や操作に関わる API を定義し、UI 部がその API をコールすることで、各規格の通信処理部で定義されている探索や操作の API をコールする。各通信処理部からの応答で得られた情報は、フォーマットの統一をし、ユーザが事前に登録した機器の位置情報を付加して UI 部に渡される。UI 部からは独立しており、本提案で定義した UI 以外からも利用することが可能で、アプリケーション開発者に対しても規格の違いを吸収する仕組みを提供することができる。

また iHAC フレームワークは、規格ごとにデータベースを持ち、機器名、機器を一意に特定する識別子、部屋名などの位置情報、TV やエアコンなどのようなデバイスタイプ、AR を利用する場合は対象機器の特徴点情報などを保持する。UI 部からの要求に従って、データベースへの登録やデータベースの情報を UI 部へ渡す。なお、どの規格の通信処理部の API をコールするかは、ユーザが操作要求を行った機器の規格に応じて判断する。

3.2.3 各規格の通信処理部

通信処理部は iHAC フレームワークからの命令に従って、実際に機器との通信を行う。図 3 における ECHONET Lite 通信モジュールおよび DLNA 通信モジュールが通信処理部に該当し、当該規格の家電機器と通信を行う。各通信処理部は独立して実装することが可能で、ECHONET Lite や DLNA 以外の規格に対応したプロトコルなどを追加実装することにより、iHAC システムのサポート対象機器を拡張することができる。

3.3 システムの動作

3.3.1 機器の探索

DLNA 機器と ECHONET Lite 機器の探索を例として、図 4 に iHAC システムの機器探索シーケンスを示す。ユー

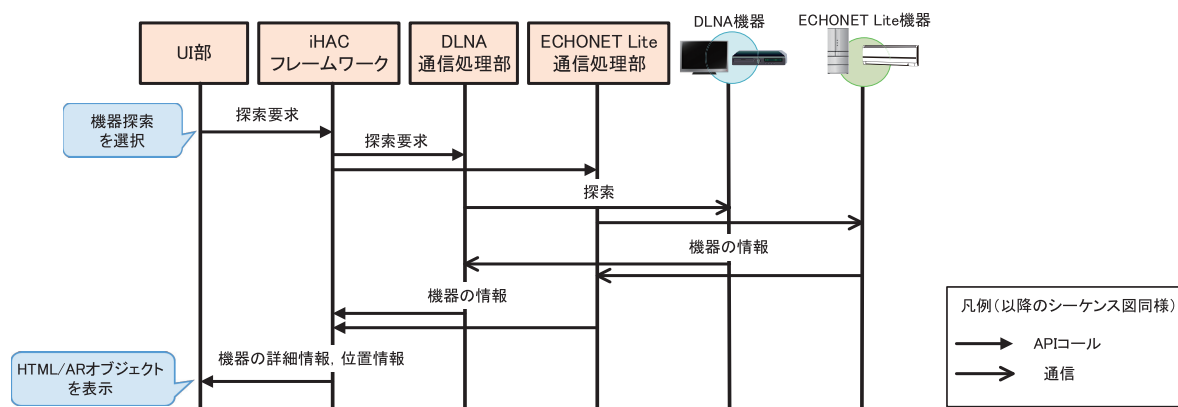


図 4 機器探索シーケンス
Fig. 4 Device search sequence.

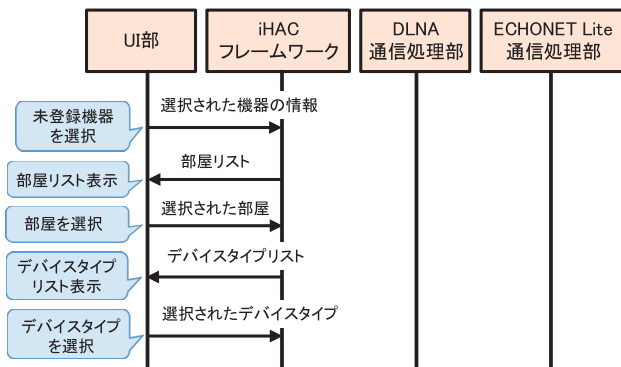


図 5 未登録機器登録シーケンス

Fig. 5 Unregistered device registration sequence.

ザが iHAC アプリケーションを起動し、ネットワークに接続された機器を操作するために、メニューより機器探索を選択する。これにより、UI 部は iHAC フレームワークに探索要求を指示する。iHAC フレームワークはこの指示に基づいて、各規格の通信処理部で定義されている機器探索通信を実行する。これにより、iHAC フレームワークは各通信処理部から DLNA 機器および ECHONET Lite 機器の探索結果に関する情報を取得する。

iHAC フレームワークは取得した機器の識別子を用いて、アプリケーション内で保持する登録機器データベースを検索し、登録済み機器情報と未登録機器情報に分類してから UI 部へ渡す。ここで、登録済み機器の場合は、探索時に各機器から取得した機器名や識別子だけでなく、登録済みの位置情報やデバイスタイプ、AR オブジェクトを表示するための特徴点情報なども渡す。これにより、HTML モードでは取得した機器の情報を部屋ごとに分類し、デバイスタイプに合わせてアイコンとともに表示する。AR モードでは、カメラ映像上に写った特徴点を抽出して、その特徴点と iHAC フレームワークから取得した特徴点が一致する際に、機器名やアイコンなどの AR オブジェクトを表示する。

ユーザはこれらの登録済み機器情報や制御メニューを選択すると、3.3.3 項で述べる機器操作処理が開始される。一方、未登録機器情報は別途 UI にまとめて表示し、3.3.2 項で述べる手順により、ユーザが設置されている部屋などの情報を登録する。

3.3.2 未登録機器の登録

図 5 に iHAC システムの未登録機器登録シーケンスを示す。機器の登録では、機器探索によって発見された未登録機器が設置された部屋の情報とデバイスタイプ、AR モードの場合は機器周辺の特徴点を登録する。

HTML モードでは、ユーザが UI 部に表示された未登録機器を選択すると、機器登録画面が表示される。ここでは、データベースに登録済みの部屋名などの位置情報、機器のデバイスタイプ (DLNA 機器の場合、TV やレコーダなど) などを iHAC フレームワークから取得してリスト形式など

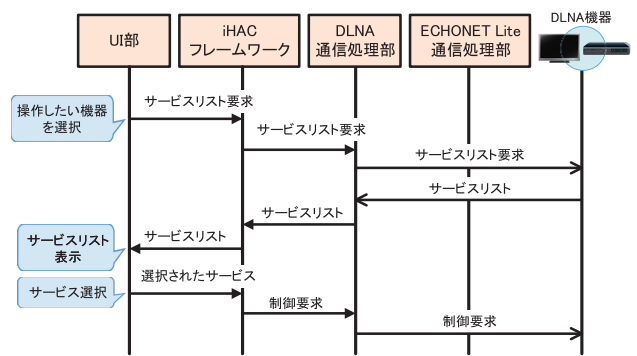


図 6 機器操作シーケンス

Fig. 6 Device control sequence.

で表示することにより、ユーザが機器に関する各種情報を選択する。これにより、iHAC フレームワークは機器名や識別子、位置情報、デバイスタイプを登録機器データベースへ登録する。

AR モードでは、HTML モードと同様に UI 部に表示された未登録機器を選択し、機器登録画面から部屋情報やデバイスタイプなどを選択する。さらに未登録機器の特徴点を取得するために、当該機器を操作端末のカメラで写し、カメラ映像上に写っている機器をタップする。UI 部は画面に写っている映像の特徴点の抽出を行い、ユーザが選択した情報とともに iHAC フレームワークへ渡す。これにより iHAC フレームワークは、機器名や識別子、位置情報、デバイスタイプ、特徴点を登録機器データベースへ登録する。

3.3.3 機器の操作

発見した機器のうち DLNA 機器を操作する場合を例として、図 6 に iHAC システムの機器操作シーケンスを示す。ユーザが HTML モードで表示された機器リストから機器名または操作したい機器を示す AR オブジェクトをタップすることにより、iHAC フレームワークはどのような操作が可能かを示す情報であるサービスリストを、通信処理部を通じて家電機器に要求する。UI 部は iHAC フレームワークを通じて取得したサービスリストを表示する。ユーザが操作したい項目を選択すると、iHAC フレームワークが通信処理部へ制御要求を行い、通信処理部が機器の制御を行う。たとえばコンテンツの保有機能を持つ DLNA 機器を制御する場合、サービスリストとしてコンテンツリストが表示され、コンテンツを選択することにより再生制御が行われる。

3.4 動作イメージ

図 7 に AR オブジェクト表示時の画面イメージを示す。AR モードの場合、カメラ画面上に写っている機器に対しては、機器の近くに AR オブジェクトを表示し、それ以外の機器に対しては、画面端に機器を部屋ごとに分類して表示をする。図 7 では、リビングの機器を表示しているが、部屋名のアイコンをタップすることにより部屋の切替

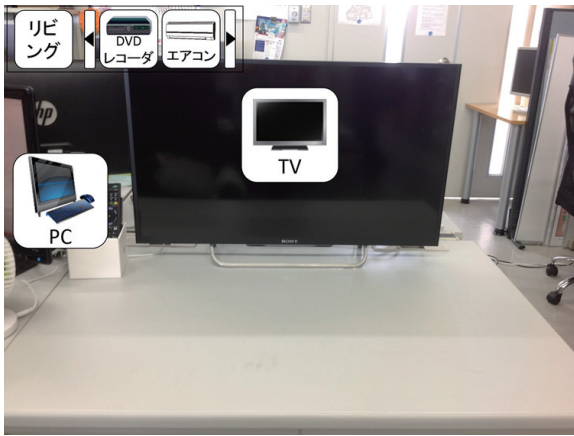


図 7 操作画面のイメージ
Fig. 7 Image of operation screen.

えも可能である。画面外の機器も表示可能であるので、複数の機器を操作して機器どうしを連携させることも可能となる。たとえば、DVDレコーダに保存されているコンテンツをユーザが指定したTVで再生するなどが可能である。

HTMLモードについては4.2節で動作結果を示すため、ここでは画面イメージは割愛するが、HTMLモードの場合においても機器の連携操作が可能である。たとえばユーザが選択した機器がDLNAにおけるDMS (Digital Media Server) の場合、その機器が保有するコンテンツの再生機器として連携可能なDMR (Digital Media Renderer) の一覧を表示し、ユーザが選択することによりDMSとDMRが連携してコンテンツの配信と再生を行う。

4. 実装

4.1 iHAC アプリケーション

iHAC フレームワークによって規格の違いを吸収できることを確認するために、iPadで動作するiHACアプリケーションのプロトタイプを実装した。なお、今回はUI部としてHTMLモードのみ実装し、制御対象はDLNA機器とECHONET Lite機器とした。

図8に実装したiHACアプリケーションの構成を示す。iHAC フレームワークには、探索API、登録API、サービスリスト取得API、サービス実行APIの実装を行った。探索APIは、ネットワークに接続されている機器の探索を行い、発見した機器に位置情報を付加する。登録APIは、指定された機器に関する各種情報をデータベースへ登録する。サービスリスト取得APIは、指定された機器で実行可能なサービスの種類(電源のON/OFFやコンテンツの再生など)を取得する。サービス実行APIは、指定されたサービスを実行する。これらのAPIはObjective-C++で実装し、通信処理部で定義されている各種APIをコールすることにより実現した。プロトタイプでは、下記のライブラリを用いて各規格の通信処理部を実装した。

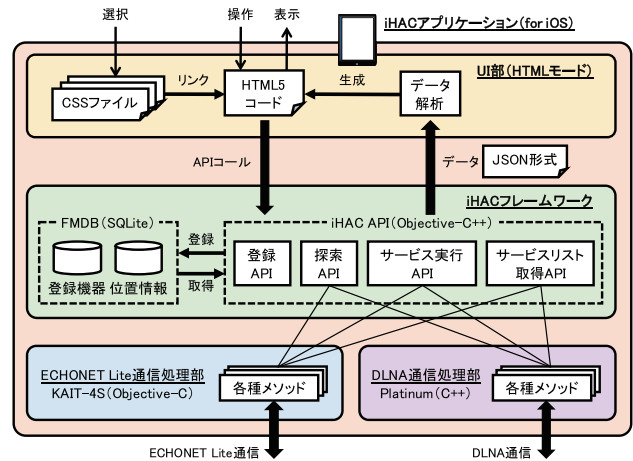


図 8 iHAC アプリケーションの構成
Fig. 8 Configuration of iHAC application.

- DLNA ライブラリ: Platinum*3
- ECHONET Lite ライブラリ: KAIT-4S-EZ*4

iHAC フレームワークにおけるデータベースには、SQLiteを利用するためにFMDB*5を採用した。登録機器データベースとしてDLNAデータベースとECHONET Liteデータベースを作成し、両データベースには機器名、識別子、位置ID、デバイスタイプの登録を行う。また、位置情報を管理するデータベースとして位置情報データベースを作成し、位置IDと部屋名の登録を行う。

プロトタイプアプリケーションでは、探索モードと登録モードの切替えが可能であり、アプリケーション起動時は探索モードとなる仕様とした。探索モードではiHACフレームワークが探索命令を行い、UI部へ探索結果と発見された機器の位置情報やデバイスタイプを渡し、それに基づいてUI部が機器リストを表示する。登録モードではiHACフレームワークから未登録機器リストのデータが渡され、UI部が未登録機器リストを表示する。ユーザが登録したい機器を選択することで、部屋リストやデバイスタイプリストを表示し、ユーザが選択したデータをUI部からiHACフレームワークへ渡し、データベースへ登録する。

iHAC フレームワークとUI部間で受け渡しする機器情報のデータはJSON形式で統一した。UI部は受け取ったJSON形式のデータを解析し、HTML5コードを生成する。CSSを用いて機器のタイプごとにアイコンの表示を行うため、JSON形式のデータで取得したデバイスタイプによってタグのクラスを決定してHTMLコードに記述する。CSSは、通常のWebページと同じように各タグのクラスやIDに対応するように定義した。

4.2 動作検証

実装したプロトタイプの動作検証を行うため、図9に

*3 <http://www.platinosoft.com/platinum>

*4 <https://smarthouse-center.org/sdk/download/form/18>

*5 <https://github.com/ccgus/fmdb>

示す環境を構築した。ローカルネットワークに操作端末である iPad と表 1 に示す操作対象である 5 台の機器を接続した。ECHONET Lite 機器である家庭用エアコンと一般照明は、ECHONET Lite 機器のエミュレータである MoekadenRoom [8] を利用して実現した。また、機器の位

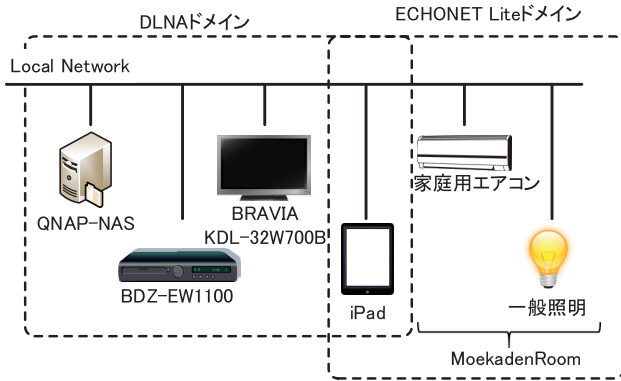


図 9 動作検証の環境

Fig. 9 Environment of operation verification.

表 1 ネットワークに接続された機器の詳細

Table 1 Details of devices connected to the network.

機器名	設置場所	デバイスタイプ
QNAP-NAS*6	リビング	サーバ
BDZ-EW1100*7	リビング	レコーダ
BRAVIA KDL-32W700B*7	寝室	TV
家庭用エアコン*8	寝室	エアコン
一般照明*8	リビング	照明



図 10 機器探索の動作検証

Fig. 10 Operation verification of device search.

動作状態	ON
運転モード設定	暖房
温度設定値	20°C

図 11 家庭用エアコンの操作検証

Fig. 11 Operation verification of air conditioner.

*6 QNAP 社製

*7 SONY 社製

*8 MoekadenRoom のエミュレータを利用。

置情報はあらかじめ表 1 に示すとおりに登録を行った。

図 10 に機器探索を行った際のアプリケーションの画面を示す。データベースへ登録済みの機器 5 台が UI に表示されており、DLNA 機器と ECHONET Lite 機器の双方が登録した部屋ごとに分類され、かつデバイスタイプに対応したアイコンが表示されることを確認した。

図 10 の“家庭用エアコン”を選択した際の機器制御画面を図 11 に示す。家庭用エアコンで操作可能な動作状態や運転モード設定などのサービスリストとその設定値を取得表示または変更できることを確認した。DLNA 機器を選択した場合は、サーバやレコーダに保存されているコンテンツを閲覧することができ、それを TV で再生する機器の連携操作も正常に動作することを確認した。

上記の動作検証により、3.1 節で示した (1) 規格の違いを意識せず、(2) 位置情報に基づいて、(3) HTML による分かりやすい表示により、直感的に機器を選択できることを確認した。

5. 評価

5.1 位置情報の付加の検証

機器操作時に位置情報を付加する効果を検証するために、評価アプリケーションを用いて指定したコンテンツを再生するまでに要したメニュー操作回数と操作時間を測定する。被験者には位置情報を付加したアプリケーションと付加していないアプリケーションの 2 つを操作してもらい、メニュー操作回数と操作時間の変化を調査する。なお、評価アプリケーションは DLNA 機器のみの操作が可能であり、UI はプロトタイプと同様にリスト形式での表示である。

5.1.1 実験方法

コンテンツを保有する DLNA 機器である DMS を 5 台、コンテンツの再生機能を持つ DLNA 機器である DMR1 台を表 2 に示すように DMS をリビングに 3 台、寝室に 2 台設置し、DMR をリビングに 1 台設置した。宅内に同一モデルの機器が複数台存在する環境とするために、Linux PC 上で MediaTomb [9] を利用して DMS を 2 つ構築し、機器名が“BDZ-EW1200”となるレコーダとして設定を行った。

被験者にはリビングに設置されている BDZ-EW1200 内

表 2 操作可能な機器の設置された部屋と機器の種類

Table 2 Installation room and device type of controllable devices.

機器名	設置場所	機器の種類
QNAP-NAS	リビング	DMS
BDZ-EW1100	リビング	DMS
BDZ-EW1200	リビング	DMS
BRAVIA KDL-32W700	リビング	DMR
TwonkyMedia [QNAP-NAS]	寝室	DMS
BDZ-EW1200	寝室	DMS

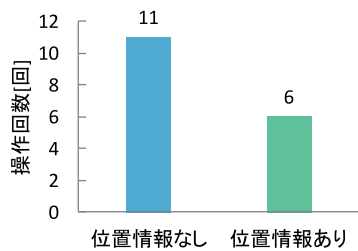


図 12 アプリケーションの平均操作回数

Fig. 12 Average number of times of the application operations.

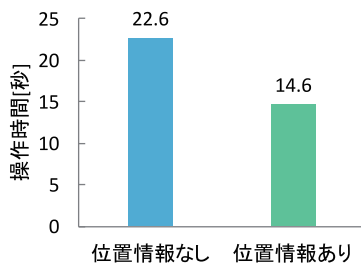


図 13 アプリケーションの平均操作時間

Fig. 13 Average operating time the application.

に保存されている画像を、同じリビングに設置されている BRAVIA KDL-32W700 での再生を指示した。各部屋にどの機器が設置されているかは事前に説明して実験を行った。

実験を行った被験者は 20 代の男女 10 名であり、各被験者に対して位置情報を付加しないアプリケーション、付加したアプリケーションの順で操作を指示した。なお、あらかじめ実験で操作してもらう機器とは別の機器の操作を指示し、評価アプリケーションに慣れた状態で実験を行った。

5.1.2 測定結果

図 12、図 13 に被験者のメニュー操作回数と操作時間の平均を示す。操作回数の平均は、位置情報を付加しない場合が 11 回、付加した場合が 6 回となった。また、操作時間の平均は位置情報を付加しない場合が 22.6 秒、付加した場合が 14.6 秒となり、平均操作回数は 45.5%、平均操作時間は 35.4%削減することができた。

5.1.3 考察

本実験における操作回数の最小値は 5 回であり、被験者の最大操作回数は位置情報を付加しない場合が 25 回、付加する場合が 11 回であった。このことから、誤操作がある場合であっても位置情報を付加することによって操作回数を削減できることが分かる。

しかし、位置情報を付加した場合であっても、最小操作回数で操作することができなかった被験者は半数近くいる。これは、評価アプリケーションが文字情報のみであることに起因すると考えられる。リビングには型番が 1 文字違いの機器が設置されており、文字情報のみでは区別することが困難となる。そのため、部屋ごとに表示だけでなく、AR を用いた表示をする必要があることが考えられる。

5.1.4 位置情報の付加に関する課題

本実験では、位置情報はあらかじめ設定されている状態で実験を行った。しかし、実際はユーザが機器ごとに位置情報を登録する必要がある。提案システムの登録方法では、ユーザが位置情報を登録したい機器の型番と、その機器が設置されている位置情報を把握していなければならない。そのため、ユーザが登録したい機器および当該機器が設置されている位置情報の簡単に特定する方法が必要だと考えられる。

まず、iHAC アプリケーションにおいて機器登録作業を行うケースとして、(1) 家電機器を新規に設置するとき、(2) 家電機器がすでに設置済みの状態で iHAC アプリケーションを導入するときがある。

(1) の場合、他の既設家電機器の位置情報は登録されていることが想定されるため、未登録機器の一覧には新たに設置した家電機器のみが表示される。そのため、ユーザは登録する家電機器の型番を事前に把握していなくても、登録したい家電機器を容易に特定することができる。

(2) の場合、宅内に存在するすべての家電機器が未登録機器であるため、ユーザは登録したい家電機器がどれであるかの判別が困難である。そのため、登録時には機器の型番のほかに、機器から得られる情報であるメーカーや機器の種類 (TV, エアコンなど) などを同時に表示することにより、ユーザが対象機器を把握しやすくする工夫が必要である。また、ユーザが登録したい機器と操作端末上で選択した機器が一致しているかを確認するために、簡単な電源 ON/OFF 動作をする機能を追加することを検討している。これにより、ユーザが登録したい機器の電源が操作できれば、ユーザは iHAC アプリケーションで表示されている機器と、自身の目の前に設置されている機器が一致していることが確認できる。

次に、位置情報の特定方法として、次の 2 種類の方法を検討している。1 つ目は、各部屋に iBeacon [10] などの BLE (Bluetooth Low Energy) 技術を利用したタグを設置することにより、ユーザが現在いる部屋情報を取得する方法である。登録対象機器が設置された部屋にユーザがいれば、操作端末が BLE タグから受信した信号から部屋を推定することが可能で、機器登録時に自動的に位置情報を設定することができる。

2 つ目は、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) [11] を応用する方法である。AR 表示モードではマーカレスで実現することを想定しており、機器の情報として機器周辺の特徴点を抽出して登録する。機器の操作時には、登録されている特徴点とユーザがカメラで写している映像の特徴点を比較して機器を判別する。位置情報の設定時にも SLAM を利用することにより、ユーザが現在いる部屋情報を推定することができると思われる。

表 3 既存研究との比較

Table 3 Comparison with existing researches.

	iHAC	PUCC	EVANS3
規格の違いを意識しない操作	○	○	×
HGW 不要	○	×	○
文字情報によらない操作	○	×	○
機器どうしの連携	○	○	×
障害物が存在しても操作可能	○	○	×
UI のカスタマイズ	○	×	×

5.2 既存研究との比較

表 3 に提案システムである iHAC システムと PUCC を用いたシステム, EVANS3 の比較を示す。iHAC システムは PUCC と同様に規格の違いを吸収する機能を有している。PUCC はトランスポート層の上位に定義された PUCC コアプロトコルにより, 各規格の通信プロトコルの違いを吸収している。そのため, 操作端末の通信相手端末にも PUCC を実装する必要がある。一般に市販の家電機器に独自プロトコルを実装することは困難であるため, HGW を設置しなければならない。これに対して, iHAC システムは各通信プロトコルのライブラリの上位に位置付けている。すなわち, 通信プロトコルの違いを通信レベルで吸収するのではなく, 各通信プロトコルにより得られたデータや命令を API レベルで集約している。そのため, 提案システムでは HGW のような専用装置は不要で, 操作端末に iHAC アプリケーションをインストールするだけでよい。

また, AR を用いた文字情報によらない機器の操作が可能であり, カメラ画面に写っていない機器の表示も行うため機器どうしの連携操作が可能である。AR の表示にはマーカレス AR を用いるため, 機器と操作端末間に障害物がある場合でも操作が可能である。さらに, HTML5 を用いて操作メニューの表示を行うため, ユーザが CSS ファイルを切り替えるだけで UI を変更したり, カスタマイズしたりすることができる。ユーザ個人によって直感的に操作しやすい UI が違う場合や, 小さい文字が見えにくくなった高齢者や特定の色が見えにくい色覚障がい者など, 様々なユーザに対応することが可能である。

6. まとめ

本論文では, 規格の違いを意識することなく, 直感的に機器を制御することができる iHAC システムを提案した。アプリケーション内に規格の違いを吸収する iHAC フレームワークを組み込むことにより, 専用の HGW を設置することなく規格の違いを意識しない家電機器の操作が可能となる。また, AR 技術を用いることにより文字情報によらない直感的な操作が可能となる。HTML5 を用いて操作メニューの表示を行うことにより, ユーザによる自由な UI のカスタマイズも可能となる。

提案システムのプロトタイプ実装を行い, DLNA と

ECHONET Lite 機器の探索と制御が行えることを確認した。また, 機器操作時に位置情報を付加する効果の検証を行った。位置情報の有無によりメニュー操作回数と操作時間の変化を調査した結果, 操作回数は 45.5%, 操作時間は 35.4%削減することが確認できた。今後は, AR を用いた表示の実装を行う予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15K15987 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] DLNA, Digital Living Network Alliance (online), available from <http://jp.dlna.org/> (accessed 2014-05-01).
- [2] ECHONET CONSORTIUM, ECHONET CONSORTIUM (online), available from <http://www.echonet.gr.jp/> (accessed 2014-05-01).
- [3] Ishikawa, N.: PUCC Activities on Overlay Networking Protocols and Metadata for Controlling and Managing Home Networks and Appliances, *Proc. IEEE*, Vol.101, No.11, pp.2355–2366 (2013).
- [4] 田中 剛, 伊藤崇洋, 加藤悠一郎, 峯野博史, 水野忠則: 携帯端末の Web ブラウザを用いた異種ネットワークデバイス連携システムの開発, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム (CDS), Vol.2, No.1, pp.10–19 (2012).
- [5] Mihara, S., Kawai, K., Shimada, H. and Sato, K.: EVANS 3: Home Appliance Control System with Appliance Authentication Framework Using Augmented Reality Technology, *Proc. 10th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, pp.849–850 (2013).
- [6] Mihara, S., Sakamoto, A., Shimada, H. and Sato, K.: Augmented Reality Marker for Operating Home Appliances, *Proc. 9th IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, pp.372–377 (2011).
- [7] 増田剛士, 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論文集, No.A1-2 (2015).
- [8] MoekadenRoom: エアコン・照明・ブラインド・電子錠・温度計のエミュレータ, Kadecot (オンライン), 入手先 <http://kadecot.net/blog/1479/> (参照 2015-05-19).
- [9] Free UPnP MediaServer, MediaTomb (online), available from <http://mediatomb.cc/> (accessed 2015-02-02).
- [10] iOS: Understanding iBeacon, Apple Inc. (online), available from <http://support.apple.com/kb/HT6048> (accessed 2015-05-19).
- [11] Davison, A.J.: Real-Time Simultaneous Localisation and Mapping with a Single Camera, *Proc. 9th IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Vol.2, pp.1403–1410 (2003).



梅山 莉奈 (学生会員)

2015年名城大学工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士課程に在学中。ホームネットワークに関する研究に従事。学士(工学)。



増田 剛志

2016年名城大学工学部情報工学科卒業。同年NTTビジネスソリューションズ入社。在学時代はホームネットワークに関する研究に従事。学士(工学)。



鈴木 秀和 (正会員)

2004年名城大学工学部情報科学科卒業。2009年同大学大学院理工学研究科電気電子・情報・材料工学専攻博士後期課程修了。2008年日本学術振興会特別研究員。2010年名城大学理工学部助教。2015年より同大学理工学部准教授。ネットワークセキュリティ、モバイルネットワーク、ホームネットワーク等の研究に従事。博士(工学)。IEEE, ACM, 電子情報通信学会各会員。