

# 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

林 由クン 山本 真也 玉井 森彦 木谷 友哉 柴田 直樹<sup>†</sup> 安本 慶一 伊藤 実

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科<sup>†</sup> 滋賀大学情報管理学科

{ yukun-l,shinya-ya,morihi-t,t-kitani,n-sibata,yasumoto,ito } @is.naist.jp

本稿では、ホームネットワークに接続された多数の情報家電を、一元的かつ直観的な操作により遠隔制御するためのフレームワーク UbiREMOTE を提案する。UbiREMOTE では、ホームネットワークが敷設された空間（対象空間と呼ぶ）の間取りと設置されている多数の情報家電を模した 3D 仮想空間を構築し、対象空間と情報家電の動作状況を 3D グラフィックでリモコン端末に表示する機能と直観的に家電を操作する GUI を提供する。UbiREMOTE での情報家電の遠隔操作は、(1) 視点を仮想空間の制御したい情報家電の近くまで移動させ、(2) 家電を表すグラフィックオブジェクトを選択し、(3) 表示される個々の操作ウィンドウを操作する、といった手順で行う。また、ユーザが対象空間にいる時のリモコン操作を容易にするため、リモコン端末に表示される仮想空間が、実空間でのユーザの視野に一致するよう制御する機能を提供する。UbiREMOTE フレームワークに基づいたリモコンのプロトタイプをタブレット PC 上に実装し、ホームサーバを含む幾つかの情報家電が接続されたホームネットワーク上で動作実験を行った結果、UbiREMOTE による各家電の操作時間について実用的な性能が得られることを確認した。

## Remote Control Framework for Operating Networked Home Appliances via 3D Virtual Space

Yukun Lin Shinya Yamamoto Morihiko Tamai Tomoya Kitani  
Naoki Shibata<sup>†</sup> Keiichi Yasumoto Minoru Ito  
Nara Institute of Science and Technology<sup>†</sup> Shiga University

In this paper, we propose a framework called *UbiREMOTE* for remote control of multiple information appliances connected to a home network in a unified and intuitive fashion. *UbiREMOTE* framework adopts a concept that a user controls and observes target appliances through a 3D virtual space which is constructed according to a real space where the target appliances are deployed. *UbiREMOTE* provides facilities (1) to display the dynamically changing status of the target space and appliances on the screen of the remote controller terminal, and (2) to control each appliance through intuitive operations on the terminal's screen. More precisely, in order to control each appliance, a user moves its view closer to the appliance in the 3D virtual space, selects it, and manipulates an interface window appearing on the screen. *UbiREMOTE* framework also facilitates control operations within the target real space; that is, the remote controller terminal measures the user's direction in the target space and displays the virtual space from the measured direction. We have implemented a prototype of the remote controller based on *UbiREMOTE* using a Tablet PC, and conducted some experiment on UPnP-based home network including a home server and several appliances. Through experiments, we have confirmed that *UbiREMOTE* controller achieves practical performance in operation response time.

### 1 はじめに

近年、ネットワーク接続が可能な家電や情報機器（以下、情報家電）が増加しており、様々な情報家電をネットワーク経由で制御する枠組みとして UPnP [1]

や DLNA [2], OSGi [3], ECHONET[4] などが整備されつつある。また、ネットワーク接続した赤外線リモコンを介してネットワーク接続未対応の家電を制御する試みも幾つかなされている [5]。

情報家電をネットワーク接続する主要な目的の一つは遠隔操作であり、帰宅前に空調を整えたり、外出先でTV番組の録画操作を行うといった利便性の向上、留守宅の遠隔監視・照明機器の自動操作などによる防犯対策、家電利用状況による離れて住む高齢者の見守りなどのサービスが既に提供されている。例えば、NTTネオメイトは、家庭内に専用の送信機およびコンセントを設置することで、遠隔から携帯電話経由で、情報家電の電源のオン・オフを行い、また、動作状態を取得できる「ユーコンセントサービス」を提供している[6]。また、ホームネットワークの規格 Echonet [4]では、ホームゲートウェイを介して Echonet 対応情報家電を外部から制御することが可能である。

既存の情報家電遠隔制御は、携帯電話を介してテキストベースの画面により操作するものがほとんどであり、ネットワークに接続している情報家電の数が多くなると、制御・監視したい対象の選択や操作は、携帯電話の操作に慣れていない人には困難になることが予想される。また、ホームネットワークにおいても、各家電を直接制御したい場合には、個別のリモコン、または、PC/携帯電話による操作を行う必要があり、煩雑である。

本稿では、ネットワーク接続された多数の情報家電を、一元的かつ直観的な操作で制御するリモコンを実現するためのフレームワーク UbiREMOTE を提案する。UbiREMOTE では、ホームネットワークが敷設された空間（対象空間と呼ぶ）の間取り、および、情報家電の実際の配置を模した3D 仮想空間を構築し、対象空間と情報家電の動作状況を3D グラフィックでリモコン端末に表示する機能と、家電を直観的に操作するGUIを提供する。情報家電の遠隔操作は、(1) 視点を仮想空間の制御したい情報家電の近くまで移動させる、(2) 家電を表すグラフィックオブジェクトを選択する、(3) 表示される操作ウィンドウを操作する、といった直観的な手順で行う。さらに、実空間でのリモコン操作を容易にするため、リモコン端末に表示される仮想空間が、実空間でのユーザの視野に一致するように制御する機能を提供する。

UbiREMOTE フレームワークでは、UPnP 対応の情報家電およびホームネットワークを対象環境として想定している。しかし、UPnP では、デバイスの探索・発見に SSDP (Simple Service Discovery Protocol) が

使われており、IP マルチキャストが利用できるネットワーク環境が必要になる。遠隔地からインターネットを経由して UPnP に基づいた情報家電の操作を実現するため、UbiREMOTE では、ネットワーク制御部分をホームサーバで、GUI 部分を UbiREMOTE 端末側でそれぞれ実行し、それら2つの間の UPnP に基づいた通信を TCP でカプセル化する方法を採用する。

UbiREMOTE に基づいたリモコンのプロトタイプをタブレット PC に実装し、3個の情報家電を設置した部屋を想定した実験を行った。実験の結果、UbiREMOTE 端末による家電操作の反応時間は1.5秒程度と家電を直接制御するリモコンと比べて遜色ないことが分かった。

以降、2章で関連研究、3章で UbiREMOTE フレームワークの概要を述べる、4章で UbiREMOTE の実装方法、5章で評価実験を述べ、最後に6章でまとめを述べる。

## 2 関連研究

現在までに、情報家電をネットワークを通じて遠隔から操作する研究が幾つも行われている。

Smetters らは、Instant matchmaker と呼ばれる情報家電を遠隔操作するための環境を提供している[7]。Instant matchmaker は、携帯電話での情報家電の遠隔操作を仲介し、ユーザは携帯電話の画面を見ながら家電の電源のオン・オフができる。このとき、信頼性を高めるために、あらかじめ登録された携帯電話だけが操作できるよう制限している。また、(株)東芝は TOSHIBA FEMINITY というサービスを提案している[8]。このサービスでは、パソコンを用いて情報家電を操作したり、携帯電話を用いて遠隔から自宅の情報家電を操作することが可能である。情報家電の操作は、専用のホームサーバから Bluetooth を用いて信号が送られることで実現される。携帯電話から遠隔で情報家電を操作する際には、実際の家電のリモコンのインターフェイスとは異なる、あらかじめ用意された機能メニューを通じて操作を行うのが普通である。そのため、現在どの情報家電を操作しているのか直観的に把握することが難しかったり、操作対象家電を取り違えるなどの問題が生じる可能性がある。

最後に、Kohno らが提案する RACP (Remote Appliance Control Protocol) は、ネットワークを経由し

て遠隔から情報家電を操作するためのプロトコルであり、文献 [9] では、現在多くの家電の制御に用いられている赤外線リモコンを RACP により遠隔から操作した際のオーバヘッドとその操作性について評価している。しかし、赤外線以外のインターフェイスを用いた家電の操作については、まだ評価されておらず、家電の操作性の向上などについては対象としていない。

以上、従来の情報家電の遠隔操作では、各機器の専用リモコンのインターフェイスとは大きく異なる簡素なユーザインターフェイスを使うことを前提としており、その結果、直観的な家電の操作ができず、携帯電話の操作に慣れないユーザがこれらのサービスを使うことは、敷居の高いものとなっている。

### 3 UbiREMOTE フレームワークの概要

本章では、まず提案するフレームワークの対象環境・目的を述べた後、目的達成のための要件、基本方針を挙げる。その後、本フレームワークの構成について説明する。

#### 3.1 対象環境と目的

UbiREMOTE フレームワークは、ユーザが自宅内の情報家電を遠隔地から操作するサービス（以下、家電遠隔操作サービスと呼ぶ）を対象とする。自宅内の操作対象となる情報家電は全てネットワークに接続されており、インターネットからのアクセスポイントとなるホームサーバ（ホームゲートウェイ）がネットワークに接続されているものとする。

UbiREMOTE フレームワークの目的は、上記の対象環境において、多数の情報家電を、誰でも、いつでも、どこからでも、一元的かつ直観的な操作で制御するためのユーザインターフェイスおよびそれに基づいたリモコン端末のアーキテクチャを提供することである。そのため、UbiREMOTE では、情報家電によるホームネットワークが構築された空間（対象空間）を 3D 仮想空間として構築し、ユーザによる対象空間内の家電の操作および動作状況の監視を、リモコン端末に表示した 3D 仮想空間とのインタラクションを介して行わせることで、一元的かつ直観的な家電の制御を支援する。インタラクションの際には、ユーザがリモコン端末を操作することにより、仮想空間内での視点を自由に移動できるようにする。すなわち、あたかも自宅内で目的の家電を探し操作を行う、といった直観

的な方法を採用する。ユーザは、仮想空間内で制御したい家電の近くに視点を移動し、3D グラフィック内の家電オブジェクトをクリックすることで、その家電のリモコンを表示する。このとき、表示されるリモコンを現実のリモコンを模したものにすることで、ユーザはあたかも現実の家電を操作するように直観的な制御が可能となる。

#### 3.2 要件および基本アイデア

UbiREMOTE フレームワークでは、家電遠隔操作サービスの提供にあたり、以下の 3 つの要件を満たすことを目指す。

- (1) だれもが直観的に操作できること
- (2) 遠隔からネットワークを介して操作できること
- (3) 家電の動作状況がモニタリングできること

以下では、これらの要件およびそれを実現するための基本アイデアについて、それぞれ詳しく述べる。

##### 3.2.1 誰もが直観的に操作できること

従来の遠隔から自宅の情報家電を制御する手法では、携帯電話を用いてテキストベースの通信により対象となる家電を操作していた。しかし、ホームネットワークに接続される情報家電数が増えると、テキストベースでの家電の制御や監視は、情報が複雑になりユーザにとって煩雑なものになる。とりわけ携帯電話の操作に慣れていない高齢者などのユーザには不便である。また、家電毎に制御する遠隔操作手法が別々に用意されていたのでは、操作の複雑さが増し、サービスの可用性が著しく低下する。

UbiREMOTE では、従来のテキストベースによる家電操作のユーザビリティの低さを解決するために、家電専用のリモコンを模したユーザインターフェイスをリモコン端末画面に表示する。例えば、ユーザは端末の画面中に表示される仮想空間内の家電をクリックすることで、その家電を制御するリモコン画面を呼び出すことができ、エアコンをクリックした場合は空調機能のみが表示されたりリモコン画面を、テレビをクリックした場合は電源、音量とチャンネルのみを備えるリモコン画面を表示し、操作できる。以上の方法により、ユーザは直観的に自宅の家電を制御できる。

また、ホームネットワークに接続された全ての情報家電は、UbiREMOTE のインターフェイスで一元的に操作できるようにする。操作対象の家電の選択は、

仮想空間の視野（見えている部分）を移動させることで実現する。このとき、仮想空間の視野範囲内の家電のみを操作可能にすることで、自宅内の広い範囲に設置された多くの情報家電の中から、操作対象となる家電を容易に選択することが可能になる。

さらに、現時点の家電の動作状況を仮想空間内に表示することにより、視覚的に家電の稼働状況を判断することを可能とする。例えば、ユーザが居間のライトを点灯させたい場合、仮想空間内で居間に移動し、居間のライトをクリックすることで、そのライトを制御するリモコンが出現する。そして、そのリモコンを操作することで、現実空間のライトに制御信号を送り、その結果のライトの点灯状況を得、それを仮想空間のライトの外観に即時反映する。以上により、誰もが直観的に家電を操作でき、また、その操作の結果、実際の家電がどのように動作するかも直観的に把握できる。

### 3.2.2 遠隔地から操作できること

家電がネットワークに接続され、さまざまなサービスが提供されるようになると、遠隔地からそれらの情報家電を制御するニーズが高まることが予想される。例えば、快適な生活をサポートするため、夏の暑い日は会社や学校からの帰路の途中に自宅の家電を携帯電話で制御し、帰宅する頃に適切な室温になるようにエアコンを起動させることができれば便利である。また、テレビ番組の録画設定を忘れていたとしても、外出先から自宅のDVDレコーダなどを遠隔操作できると便利である。

以上の要件のため、UbiREMOTEでは、将来的に様々な家電が対応すると見込まれるUPnP (Universal Plug and Play) に基づいたホームネットワークおよび家電を対象として想定し、遠隔からUPnPに基づいたプロトコルで各家電を制御するメカニズムを提供する。

### 3.2.3 家電の動作状況がモニタリングできること

現在の家電の多くは、タイマ機能を持っており、事前に家電の動作を予約しておくことが可能である。例えば、テレビ番組の録画機能などが代表的である。このようなタイマ機能では、一度設定を行うと、再度設定を行うまで設定の変更ができない。そのため、帰宅予定時刻の午後6時にエアコンが適切な温度になるように予約設定した場合に、実際の帰宅時刻が午後9時

になったときは、すでに温度が適切でないか、または、無駄な空調費用がかかることになる。また、近年、タイマ制御可能な家電は増加しており、ユーザが全ての家電の動作状態を把握し、事前に予約設定することは労力が大きく困難である。

上記の問題に対し、UbiREMOTEはユーザの手間を減らし、任意の時間に、任意の場所から、ネットワークに接続された情報家電の制御を可能にする。そのために、それらの家電の動作状況（あるいはタイマの設定状況等）をモニタリングできる機能、遠隔から操作する場合は、それらの動作状況を即時的にユーザ端末内の仮想空間に反映する機能を提供する。

情報家電の現在の稼働状況をモニタリングできれば、3.2.1節で示した、遠隔から直観的に家電の制御ができること以外にも、高齢者や子供のみのお家庭において家電の使用状況を遠隔から監視する、機器の故障や、設定ミスなどによる危険な状態への移行をいち早く察知する、外出後の家電のスイッチの切り忘れなどの確認を行う、などの用途で役立つと思われる。

## 3.3 UbiREMOTEの構成

UbiREMOTEフレームワークを、(1) 仮想空間表示部、(2) 通信制御部、(3) ユーザインターフェイス部の3つのモジュールで構成する(図1)。

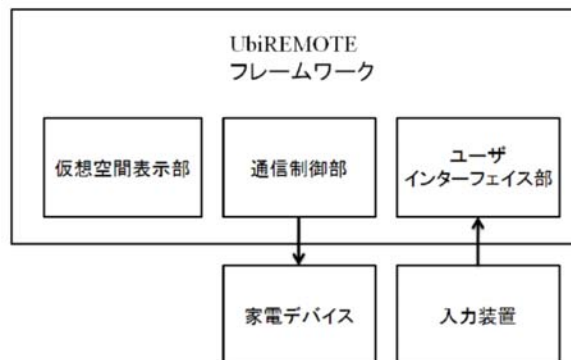


図1: UbiREMOTEの構成

### 3.3.1 仮想空間表示部

本モジュールは、対象空間とそこに置かれた家電（ライト、テレビ、エアコン等）の配置、稼働状況を、任意の視点で3Dグラフィックスによりリモコン端末に表示する。

本モジュールは、ユーザインターフェイス部と連携して、ユーザが、仮想空間内を、実在の家屋内を歩き

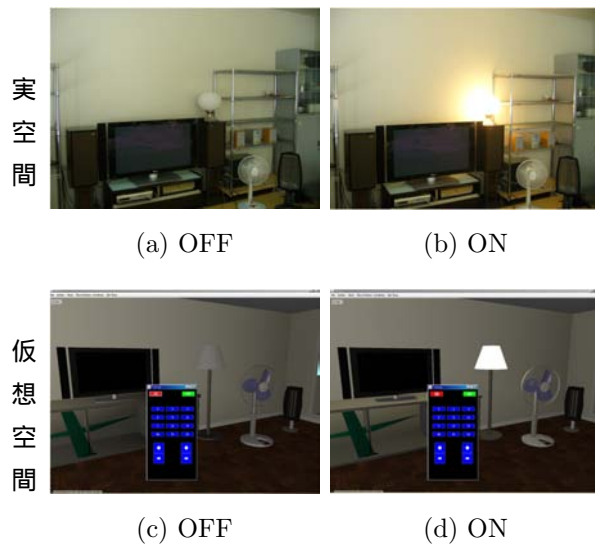


図 2: ライトの電源切り替え (ON/OFF)

回るように移動し、情報家電等を任意の角度から見る機能を提供する。また、通信制御部と連携して、各家電の稼働状況やセンサの値を取得することで、仮想空間内にそれらの情報を反映する機能を提供する。

例えば、リモコン端末の視点を居間の照明機器に移動させた場合、通信制御部が実際の照明機器と通信を行って点灯状況（オンかオフか、インバータの場合は照度も）を取得し、その値をもとに、仮想空間において照明機器が点灯している状況を描画する（図 2）。

### 3.3.2 通信制御部

本モジュールは、対象空間のホームネットワークおよびそこに接続された家電と通信を行い、ユーザが指定した通りに家電を制御したり、その稼働状況または家電が備えるセンサが示す値を取得する機能を実現する。

### 3.3.3 ユーザインターフェイス部

本モジュールは、(1) 仮想空間内でのユーザの視点の移動と家電の選択、(2) 選択した家電の操作または稼働状況の監視の 2 つの機能を実現する。

上記(1)に関しては、タッチパネルやポインティングデバイスなどを用いて、空間内の適当な場所をクリックすることにより、視点を進行方向に進めたり回転する機能や、仮想空間内の家電のグラフィックをクリックすることで、選択する機能を実現する（図 3）。

上記(2)に関しては、選択した家電に応じて、専用のリモコンを模したユーザインターフェイスをリモコン端末画面にポップアップし、それを用いて家電を操

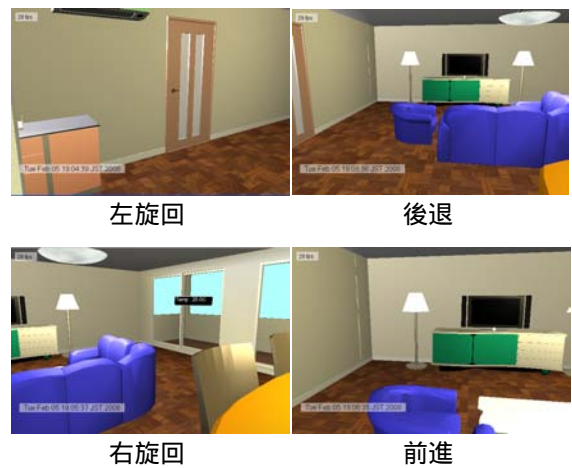


図 3: 視点の切り替え



図 4: テレビのチャンネルの変更

作できる機能を実現する。専用リモコンインターフェイスがポップアップされた状況を図 4 に示す。

## 4 UbiREMOTE の実装

本章では、UbiREMOTE フレームワークに基づいたりリモコン端末のソフトウェアを Windows XP Tablet PC Edition を搭載するタブレット PC に実装する例について述べる。

本ソフトウェアの実装には、Java 言語を用いた、Java 仮想マシンとして、Java Runtime Environment 1.6.5 を、3D グラフィックスの表示には OpenGL 2.1 (JOGL) を用いた。

### 4.1 仮想空間表示部およびユーザインターフェイス部の実装

UbiREMOTE の仮想空間表示部は、対象空間および設置された家電を模した 3D 仮想空間を表示する機



能を実現する．本機能は，著者らが開発しているスマートスペースシミュレータ UbiREAL [10, 11, 12] が持つ「スマートスペース可視化機能」をほぼそのまま用いて実現することとした．

UbiREAL は，仮想空間内に多数の仮想デバイスを設置し，仮想デバイス間の UPnP による通信，仮想デバイスの動作による物理量の変化，仮想デバイスの動作状況や物理量の変化を可視化する機能を持つシミュレータである（詳細は文献 [10, 11, 12] 参照）．

UbiREAL の可視化機能は，仮想デバイスの状態の変化（ライトの点灯，エアコンの作動等）や外部環境の変化（部屋が暗くなる等）の際，デバイスの形状や色，空間の見え方を変化させることでスマートスペースの動作状況を可視化する．可視化による空間の見え方は，仮想空間を真上から見た 2D ビュー，特定のエリア（仮想空間内におけるユーザ自身を表すキャラクター）の一人称の視点からの 3D ビューなどが設定できる．このうち，UbiREMOTE では，一人称の視点からの 3D ビュー表示のみを使用する．

今回の拡張機能として，UbiREMOTE のユーザーインターフェイス部には，仮想空間内の家電の選択および，仮想空間内の視点の移動に関して，以下のように，タッチパネルの特性を活かして直観的に行えるようにする機能を実装した．



図 5: 家電の選択による専用リモコン

- 画面上をタッチすることによる視点の切り替え（回転，前進）(図 3)．

- 画面上に表示されている家電をタッチすることによる操作対象家電の選択（図 4, 5）．
- 家電の選択による専用リモコンを模した操作パネルの表示（図 4, 5）．

図 2 を用いて，フロアランプの電源をオンにする場合を例に説明する．まず，端末の画面に表示されているランプの状態は最初オフである，ランプの電源をオンにするため，画面上のランプをタッチし専用操作パネルを表示させる（図 2 (c)）．次に，操作パネル中の電源オンのボタンをタッチすると，ランプが点灯する（図 2 (b)(d)）．ランプの電源オフも同様の操作で行うことができる．

その他の家電の操作も同様に行う．たとえば，テレビのチャンネルが 1（サッカー）の状態で，チャンネルを 2（ニュース）に切り替えたい場合は，画面のテレビをタッチし操作パネルを表示させた後，チャンネル 2 のボタンをタッチする（図 4）．以上のように UbiREMOTE では，自然なユーザインタフェースにより家電を操作できる．

#### 4.2 通信制御部の実装

本実装では，情報家電を遠隔制御できるようにするためホームサーバ経由で各種家電を制御することとした．本実装で用いる通信アーキテクチャを図 6 に示す．

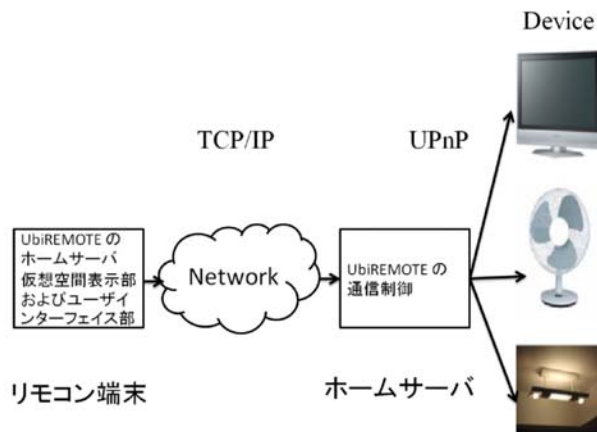


図 6: 実装で用いた通信アーキテクチャ

図 6 において，リモコン端末では UbiREMOTE の仮想空間表示部およびユーザーインターフェイス部が，ホームサーバ上では UbiREMOTE の通信制御部が，それぞれ実行される．UbiREMOTE の端末側ソフト（仮想空間表示部とユーザーインターフェイス部）と通信制御部は TCP/IP で通信を行い，通信制御部と他の

UPnP 対応家電は UPnP に基づいたプロトコルで通信を行う。このことにより、UPnP のプロトコル (SSDP など) が伝播されないインターネットを介した遠隔制御も使用可能となる。

通信制御部には、3.3.2 節で述べたように、各家電の稼働状況やセンサ値を取得し、端末上の仮想空間のグラフィックスに反映する機能を実現する必要がある。今回の UbiREMOTE 端末の実装では、簡単のため、著者らが開発しているルールベース UPnP デバイス制御ソフト CADEL [13] および UPnP 環境に対応したネットワークシミュレータ [14] を組み合わせて利用することで、通信制御部の機能を実現した。

CADEL は、条件とアクションの組からなるルールを複数与えることで、UPnP 対応デバイスを自動制御するアプリケーションソフトである。例えば、「テレビの電源がオンになったら、それに合わせて部屋中のランプを点灯させる」や「室温が 29 度以上または湿度が 70% 以上になったら、エアコンの電源を入れる」などのルールが設定できる (詳細は、文献 [13] 参照)。

本実装で用いるネットワークシミュレータは、ネットワーク接続された UPnP 対応デバイスとシミュレータ内部で実行される複数の仮想 UPnP 対応デバイスとの間で、UPnP による通信を可能にする。また、ネットワークシミュレータを実行するプロセスとの間に TCP コネクション (UPnP のトンネル) を確立できれば、仮想 UPnP デバイスを他のプロセス (他のマシン) で実行することもできる (詳細は文献 [14])。

本実装では、図 6 に示すように、CADEL およびネットワークシミュレータをホームサーバ上で、各家電に対応する仮想デバイスを端末上で動作させる。その上で、CADEL の機能を用いて、各仮想デバイスに対して、「電源オンなら、対応する実デバイスの電源をオンにする」、「電源オフなら対応する実デバイスの電源をオフにする」、「設定 (TV のチャンネルなど) が変更されたら、対応する実デバイスの設定を同じに設定する」といったルールを設定する。以上により、UbiREMOTE 端末で、仮想デバイスに対して適用した操作が、自動的に対応する実デバイスに適用され、UbiREAL のスマートスペース可視化機能によりデバイスの動作状況が可視化される。また、対象空間の物理量の変化をリモコン端末上で監視できるようにするため、各実センサに対して、「実センサのセンサ値が変

化すると、対応する仮想センサのセンサ値を変更後の値で更新する」というルールを CADEL のルール集合に加えることにより、実空間の物理量が変化すると、仮想空間上のセンサのセンサ値が変化し、その値がリアルタイムでリモコン端末に表示される。

## 5 評価実験

UbiREMOTE フレームワークに基づいて実装したリモコンの実用性を評価するため、リモコン端末から家電を制御するまでにかかる反応時間を計測した。実験環境は以下の通りである。

実験には、LAN 上に、ホームサーバおよびリモコン端末の計 2 台のマシンを用意した。ホームサーバには、Gateway707JP (CPU: Intel(R) Pentium4 3.40GHz, メモリ: 1GB, GPU: Radeon X1300pro), リモコン端末には、ThinkPad X61 (CPU: Intel(R) Core2Duo L7500 1.60GHz, メモリ: 2GB, GPU: Moblie Intel(R) 965 Express Chipset Family) を用いた。OS は、それぞれ、WindowsXP SP2, WindowsXP Tablet Edition SP2 である。

現状では、UPnP を利用できる情報家電がほとんどないため、今回の実験では、普及している赤外線で作成できる家電、それを操作するための学習リモコン、および、学習リモコンを UPnP で操作するためのデバイスソフトウェアを、情報家電の代替として用いた。このとき、ホームサーバでは、学習リモコンを実デバイス (家電) に見せるためのデバイスソフトウェア (およびネットワークシミュレータ) が動いており、リモコン端末では、仮想デバイス群を含む仮想空間表示部およびユーザインターフェイス部が動作している。

この環境において、UbiREMOTE フレームワークに基づいたリモコンのプロトタイプをタブレット PC 上に実装し、ホームサーバを含む幾つかの上記の代用情報家電が接続されたホームネットワーク上で動作実験を行った。実験では、UbiREMOTE から各情報家電の電源の ON/OFF を操作し、情報家電が反応するまでの時間を調べる。また比較対象として、情報家電に付属していた赤外線リモコンによる操作についても調査した。

実験結果を表 1 に示す。結果は、10 試行の平均である。

表 1 より、UbiREMOTE は情報家電を平均 1.884

表 1: UbiREMOTE による制御の遅延

情報家電		直接リモコン で操作したと きの遅延 (秒)	UbiREMOTE による遅延 (秒)
ライト	ON	0.133	1.587
	OFF	0.204	1.507
扇風機	ON	0.540	1.887
	OFF	0.550	2.017
ヒーター	ON	0.413	2.633
	OFF	0.440	1.670
平均		0.380	1.884

秒程度で操作できたことがわかる。しかし、今回の実験では、UbiREMOTE でも赤外線を経由しているため、赤外線による遅延も追加された結果となっている。よって、直接リモコンで操作した場合の遅延を差し引いた 1.5 秒程度の遅延が、UbiREMOTE が必要とする処理遅延であると結論できる。これにより、赤外線と UbiREMOTE の実質的な差は 1.5 秒程度であり、遠隔操作の用途では実用上問題ない値であることが分かる。

## 6 おわりに

本稿では、ネットワーク接続された多数の情報家電を、仮想空間を介した直感的なインターフェイスで操作するためのリモコンフレームワーク UbiREMOTE を提案した。UbiREMOTE により、コンピュータや携帯電話を使い慣れていないユーザでも、インターネットを介して、いつでも、どこからでも、自宅の家電製品を直観的に操作・監視することが可能になる。また、UbiREMOTE に基づいたリモコン端末のプロトタイプを作成し評価を行った結果、十分に短い応答時間の遠隔操作が可能であることが分かった。

今後、二つの方向性で本研究を進める予定である。一つは、携帯電話や iPod Touch などの軽量端末で UbiREMOTE の機能が使用できるようにすること、もう一つは、UbiREMOTE を用いて、複数の家電製品を協調動作させるコンテキストウェアサービスを設定できるようにすることである。

## 謝辞

本研究の一部は (独) 科学技術振興機構 (JST) 「シーズ発掘試験」の支援を受けて行った。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] The UPnP Forum, <http://www.upnp.org/>.
- [2] Digital Living Network Alliance, <http://www.dlna.org/>.
- [3] OSGi Alliance, <http://www.osgi.org/>.
- [4] ECHONET CONSORTIUM, <http://www.echonet.gr.jp/>.
- [5] 栗山 央, 峰野 博史, 妹尾 康宏, 古村 高, 水野 忠則: “既存家電製品の遠隔制御を実現する HAT の開発と評価”, モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告, Vol.2006, No.14, pp. 49-54, (2006).
- [6] NTT ネオサービス: ユーコンセントサービス, <http://www.ntt-neo.com/news/2007/070419.html/>.
- [7] D. K. Smetters, D. Balfanz, G. Durfee, T. F. Smith, and K.-H. Lee: “Instant Matchmaking: Simple and Secure Integrated Ubiquitous Computing Environment”, *The 8th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2006)*, LNCS4206, pp. 477-494, (2006).
- [8] Masao, S., Shunro, K., and Morio, H.: “Extension of FEMINITY™ Series Home Network System for Toshiba Network Home Appliances”, *TOSHIBA REVIEW*, Vol.57, No.10, (2002).
- [9] 河野 英太郎, 新谷 和司, 前田 香織: “インターネットを用いた赤外線リモコンによる一般家電遠隔制御”, 情報処理学会研究報告 (分散システム/インターネット運用技術), IPSJ SIG Notes Vol.2001, No.80, pp. 33-38, (2001).
- [10] Nishikawa, H., Yamamoto, S., Tamai, M., Nishigaki, K., Kitani, T., Shibata, N., Yasumoto, K., and Ito, M.: “UbiREAL: Realistic SmartSpace Simulator for Systematic Testing”, *the 8th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2006)*, LNCS4206, pp. 459-476, (2006).
- [11] 西川博志, 山本真也, 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, (2008).
- [12] スマートスペースシミュレータ UbiREAL <http://ubireal.org/>.
- [13] Nishigaki, K., Yasumoto, N., Shibata, N., Ito, M. and Higashino, T.: “Framework and Rule-based Language for Facilitating Context-aware Computing using Information Appliances”, *the first International Workshop on Services and Infrastructure for the Ubiquitous and Mobsle Internet (SIUMI'05)*, pp.345-351, (2005).
- [14] Tamai, M., Shibata, N., Yasumoto, K., and Ito, M.: “Network Simulation Architecture for SmartSpace”, *the 2006 System Support for Ubiquitous Computing Workshop (UbiSys2006)*, (Poster paper) (2006).