

環境の記録・再現機能を有する家電制御システムについて

近藤 隆史^{†1} 片山 喜章^{†1}
高橋 直久^{†1} 山本 大介^{†1}

本稿では、家電の状態や部屋の気温や湿度等の環境を記録でき、さらにその環境を任意の部屋で再現するために必要な家電とその状態を選択することが可能なシステムを提案する。従来の家電制御システムに関する研究の主なトピックとして、家電の連携による自動制御が挙げられる。家電の自動制御において、制御対象家電の選択とその状態決定は非常に重要であり、これらについて考慮しないと、利用者の家電利用環境(場所や家電)が異なる場合に自動制御できない可能性がある。提案システムでは、各家電の状態が影響を及ぼす「環境」を定義し、各家電の状態に「作用力」という環境への影響度を付与した。これにより、任意の家電利用環境でも目的環境を再現するために必要な家電とその状態の選択が可能となる。

The electric-home-appliances control system with memorizing living environment and recreating living environment

TAKASHI KONDO,^{†1} YOSHIAKI KATAYAMA,^{†1}
NAOHISA TAKAHASHI^{†1} and DAISUKE YAMAMOTO^{†1}

In this paper, we propose a system which can memorize the environment of the place where a user exists, and can select adequate home-appliances and their modes to recreate the objective environment. Recently, the topics on cooperating automatic home-appliances control systems attend many researchers. In such a system, it is a very important and essential point to select adequate home-appliances and their mode. If the system does not consider enough about them, it may not control home-appliances operatively when the environment is different from the original one. We concentrate on this topic and propose the system that realizes these two important functions by using the influenced environment which is influenced by the state of the function of a home-appliance, and "Action Power" which shows influence level that the state of the function of a home-appliance influenced the environment. With these, the proposed system can select necessary home-appliances and their state to recreate the objective environment in varied environments.

1. はじめに

1.1 背景

現在、様々な種類の家電製品が普及している。多くの家電製品は、我々の生活環境(温度、湿度、照度等)をより快適にさせるための働きをもっている。また、家電の多機能化によって、ユーザが家電の制御をより詳細に設定できるようになり、より快適な生活環境をつくりあげることができるようになった。

また、近年では家電やセンサーをネットワークにつなぐことによって、利用者にとってより便利で快適な生活を提供できる新しいサービスや、そのサービスを実現する家電制御システムについて研究されている。

家電制御システムについて、家電の連携による自動制御について多く研究されている¹⁾²⁾³⁾。家電の自動制御とは、家電を環境をつくるためのデバイスと考え、目的の環境を実現するためにその家電を連携して動作させる仕組みである。連携制御に必要な要素を以下に挙げる。

- (1) ユーザのコンテキストを認識する。
- (2) 制御対象家電を決定する。
- (3) 対象家電の状態を決定する。
- (4) 対象家電を制御する。

コンテキストとは、ある人間、場所、人間と関わる対象物に関する状況を示す情報と定義されている⁴⁾。ユーザのコンテキストをシステムがどのように認識し、そのコンテキストに応じた環境を実現するために、どのように家電とその状態を決定すればよいかを考える必要がある。

既存の家電の連携制御に関して、例を2つ挙げる。

^{†1} 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻
Department of Computer Science and Engineering,
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of
Technology

1つ目は、Synapse¹⁾という家電制御システムである。このシステムでのコンテキストは人々の行動とし、隠れマルコフモデルを用いて、ある空間で発生したイベントと、そのときのユーザが欲したサービス(家電制御等)との関係をモデル化して学習する。これにより、システムはあるコンテキストの変化における行動パターンを認識することができ、そのコンテキストに応じたサービスを、家電を連携制御させることでユーザに対して提供することができる。

2つ目は Home Service Harmony²⁾という家電制御システムである。このシステムは、ホームネットワーク上にある機器、その機器がもつ機能を組み合わせることで、利用者がおかれる状況に応じたサービスを提供することができる。このシステムでのコンテキストは、ユーザに関する情報、環境に関する情報、機器に関する情報としている。このシステムでは、ある状況におけるコンテキストの変化に対して、ユーザが行ったサービスに対する操作を蓄積することでユーザの行動パターンを学習する。ベイズ推定法を用いて、あるコンテキストにおいてユーザが要求する操作を推定し、家電の自動制御により適したサービスを提供することができる。

これら2つのシステムでは、ユーザの行動を学習することでコンテキストからユーザの欲求するサービスを推測することで家電制御を行っている。この方式では、ユーザが意識しなくてもシステムが適応制御を行ってくれる。その一方で、ユーザの行動パターンが変化すると、ユーザに対して適切な家電の自動制御が困難になる。また、システムは家電を自動制御する際に、制御する対象家電を選択し、その状態を決定する方法については言及されていない。そのため、場所や家電が異なる場合には、システムは学習結果を利用した自動制御ができない可能性がある。これらのことから、これらのシステムには、以下に挙げる問題点がある。

問題点 1 ユーザの行動パターンの変化に弱い。

問題点 2 明示的にコンテキストを与えられない。

問題点 3 対象家電を選択する方法について言及されていない。

我々は、上記の問題点から特にユーザのコンテキストと家電及びその状態の決定手法について着目し、ユーザがコンテキスト(目的の環境)をシステムに明示的に与えることで、(家電が存在する)任意の場所で目的の環境を実現するための家電とその状態を決定するシステムを提案する。我々が扱うコンテキストとはユーザが欲する環境と定義する。環境とは映像、音、温度、湿度、照度、風速の6つの環境要因で定義される。提案システムによってユーザが目的の環境を記録し、その環境を好きな場所で再現することが可能になる。

以下では、2章で提案システムの概要及び各種用語やDBの定義を行い、システムを構成する各機能につ

いて説明する。3章では作成したプロトタイプについて述べ、検証実験によって適切な家電が存在する場合には目的の環境を再現するために必要な制御対象家電とその状態を得られることを示す。4章ではまとめと今後の課題について述べる。

2. 提案システムの概要と実現法

2.1 提案システムの概要

提案システムは、ユーザが任意の場所で環境を記録することができる、その環境をユーザが指定した場所で再現することが可能なシステムである。環境とは、映像(映像の有無)、音(decibel)、温度(°C)、湿度(%), 照度(lux)、風速(m/s)の6つの環境要因で定義される。また、各環境要因に対する外部センサーから取得するセンサー値を環境値と呼ぶ。「環境を再現する」とは、現在の環境値を目的の環境値にすることを意味する。提案システムは環境を再現するための手段として、再現する場所に存在する家電を利用、つまり制御対象家電を選択し、その状態を決定する。提案システムは以下の特徴をもつ。

特徴 1 環境を記録する機能を有し、ユーザのコンテキストとして環境をシステムに与える機能を有する。

特徴 2 異なる家電利用環境(場所や家電)においても、ユーザのコンテキストに応じて、制御対象家電とその状態を決定する機能を有する。

このシステムの実現上の問題点を以下に挙げる。

問題点 再現しようとする目的環境を記録した場所の家電利用環境と異なる場所で目的環境を再現するために制御対象家電とその状態をどのように決定するか。

従来の家電制御システムにおいて、ある家電利用環境における家電の状態を記録し、それと全く同じ状態を同じ場所で実現することは比較的容易である。一方、家電そのものの状態ではなく、環境を記録しそれを再現するためには、現在の環境と目的の環境との差分を埋めるために家電を制御する必要がある。しかし、その際に家電の状態を決定することは容易でない。さらに、制御対象家電が異なる環境になると、制御対象家電の選択も必要になりますます困難となる。

そこで我々は、各家電の各機能が、各環境要因に与える影響力に着目し、それらを「作用力」として定義することで、上記問題を解決した。作用力の詳細については2.2節で述べるが、直感的には「異なる種類の家電間での、ある環境要因に対する影響を測る尺度」と捉えることができる。これにより、システムはどの家電を使えば環境値をどの程度変化させることが可能であるかを認識できる。提案システムは以下の機能をもつ。

機能 1 環境記録機能

機能 2 家電の状態変化における環境への影響度を認

メモリ番号	環境要因	種類	センサー名	値
1	温度	Sensor	TempSensor1	20

メモリ番号	環境要因	種類	家電名	機能名	状態
1	映像	TV	Sanyo1	電源	ON

場所	名前	種類
リビング	Sanyo1	TV

識する機能

機能 3 環境再現機能

機能 1 の環境記録機能は、ユーザの周囲の環境を記録する機能である。提案システムでは記録した環境をコンテキストとして扱う。

機能 2 は、システムが各家電の状態の環境に対する影響度を認識する機能である。我々は、各家電の状態に環境に対する影響度を示す作用力を定義し、それを付与することで認識可能としている。

機能 3 の環境再現機能では、機能 1 で記録した環境を実現するために機能 2 によって認識された作用力を用いて、再現に必要な家電とその状態を決定する。

提案システムでは、ユーザが記録したい環境(温度、湿度等)を明示的に指定することによって記録し、その環境を好きな時、好きな場所で再現することを目的とする。もし、適切な家電が利用できる場合には、環境を再現するための家電とその状態が得られる。各機能については、2.4 節、2.5 節で詳しく説明する。

2.2 提案システムの構成と必要なデータ

提案システムの構成図を図 1 に示す。

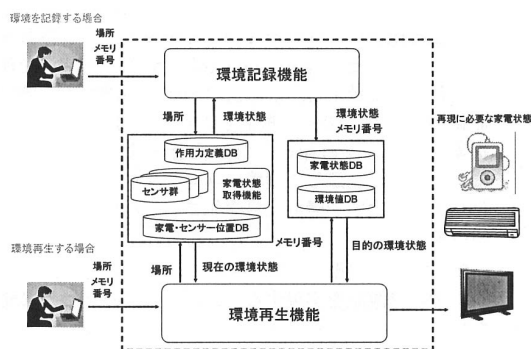


図 1 提案システムの構成図。

以下に、提案システムで用いる用語とデータ構造について説明する。

(A) **家電状態** 任意の場所の任意の家電の状態とその状態が影響を与える環境要因を家電状態と定義する。家電状態は(環境要因, 種類, 家電名, 機能, 状態)のデータをもつ。提案システムでは、家電の状態(種類, 家電名, 機能, 状態)を取得可能な機能があると仮定し、この機能を家電状態取得機能と呼ぶ。

(B) **家電状況** ある場所に存在するすべての家電状態の集合を家電状況と定義する。

(C) **環境状態** 任意の場所での環境値と家電状況を環境状態と定義する。

(D) **環境値 DB** 各環境要因の値を表すデータである。環境値 DB(表 1) は、(メモリ番号, 環境要因, 種類, センサー名, 値) で定義される。例えば、表 1 は、「温度」の環境要因の値を示す温度センサーである TempSensor1 の値が 20℃であることをメモリ番号 1 に保持していることを意味する。

(E) **家電状態 DB** 各家電状態を表すデータである。家電状態 DB(表 2) は、(メモリ番号, 環境要因, 種類, 家電名, 機能, 状態) と定義される。例えば、表 2 は、メモリ番号 1 には、TV の Sanyo1 の電源機能は ON になっており、「映像」に影響を与えていることを意味する。

(F) **家電・センサー位置 DB** 各家電及びセンサーが存在する位置を表すデータである。家電・センサー位置 DB(表 3) は、(場所, 名前, 種類) で構成される。例として表 3 は、リビングに TV の Sanyo1 が存在することを意味する。

2.3 家電状態と作用力

提案システムは、任意の場所で記録した環境を再現するために必要な家電とその状態を決定する。つまり、目的の環境値にするために必要な家電状態を決定する。そのために、システムは各家電状態が影響を及ぼす環境要因とその影響度を認識する必要がある。我々は問題点の解決方法として、各家電の状態変化における各環境要因への影響度を表した作用力定義 DB(表 2) を用意する。環境値の変化量、つまり現在の環境値からどの程度変化するかは、家電の状態によって決まる。変化量(作用力)を認識することで、現在と目的の環境値を埋めるための家電状態を選択可能となる。作用力定義 DB(表 2) は以下のデータを持つ。

環境要因 家電の状態が影響を与える環境要因。

種類 家電の種類。

機能 家電の機能。

状態 家電の当該機能の状態。

作用力 当該家電の機能の状態が環境に及ぼす影響度。

作用力を付与したことによる効果を以下に挙げる。

効果 1 各状態の環境への影響度が具体的に認識可能

現在の家電には環境に対しての影響度が曖昧に定義されている。例えば、扇風機の風量モードの「強」、「中」、「弱」モードである。作用力を付与することで、各家電状態の影響度を数値で具体的に

要因	種類	機能	状態	機能2	状態2	作用力	
映像	TV	電源	ON			1	
			OFF			0	
音量	TV	電源	OFF			0	
			0	電源	ON	0	
			
	Audio	音量	30	電源	ON	90	
			電源	OFF		0	
			Disc	STOP		0	
温度	エアコン	設定温度	0	Disc	Play	0	
			
			30	Disc	Play	90	
	湿度	加湿器	モード	電源	OFF		0
				Low	電源	ON	30
				Middle	電源	ON	40
除湿機		モード	High	電源	ON	50	
			電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	-30	
明るさ	TV	電源	Middle	電源	ON	40	
			High	電源	ON	50	
			電源	OFF		0	
	ライト	モード	Bright	電源	ON	20	
			Dark	電源	ON	8	
			電源	OFF		0	
風速	エアコン	モード	電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	10	
			Middle	電源	ON	20	
	扇風機	モード	High	電源	ON	30	
			電源	OFF		0	
			Low	電源	ON	10	
			Middle	電源	ON	20	
			High	電源	ON	30	

図 2 作用力定義 DB.

に認識可能である。(図 3)。

効果 2 異種の家電同士での環境への影響度の関係を認識可能

同じ環境に対して影響を及ぼすことができる異種同士の家電では、環境に対する影響度の大小関係を認識できなかった。各状態の作用力の比較を行うことで異種同士の家電でも環境の影響度の大小関係を認識可能である。

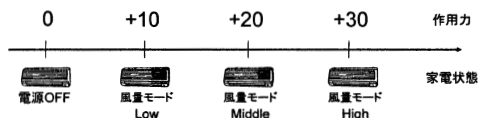


図 3 エアコンの各状態の風量に与える作用力。

作用力の定義

我々は、作用力を家電の状態が環境要因に対して影響を与えることが可能な環境値の変化量と定義した。言い換えると、一般に家電が稼働することで現在の環

境値に対して影響を与えるが、現在の環境値に対して環境値をどれだけ変化させるかを作用力と考える。例えばライトの電源を OFF の状態から ON の状態にすることで、現在の照度を一定量増加させる作用を持つ。この作用の度合は、ライトの持つ明るさ調節機能の状態により(定数が)決定される。つまり、作用力は家電の状態によって決まると考える。一方、現在の環境値からの変化量として扱いにくい家電の機能が存在する。例えばエアコンや扇風機の風速、あるいはエアコンの設定温度や加湿器の設定湿度のような機能は、目標の環境値を絶対値として与える機能であり、環境値の変化量は現在の環境値によって変化するため、定数として与えられない^{*1}。このように、作用力には環境値の「変化量」と「絶対値」のいずれかを表すものである。

(例 1) ライトの各状態の作用力

ライトには「電源 OFF」、「Dark モード」、「Bright モード」の状態が存在し、「照度」に影響を与える。ライトの各状態の作用力は現在の環境値からの「変化量」として与える。例えば、「Bright モード」は 20lux 環境値を変化させることを意味する。

(例 2) TV の各状態の作用力

TV には「電源 ON」、「電源 OFF」の 2 つの状態が存在し、それぞれ「映像」、「照度」に影響を与える。「映像」の環境値は、映像の有無の 2 値で決まる。そのため、映像がない(電源 OFF) 場合の作用力を 0 とし、映像がある(電源 ON) 場合の作用力を 1 とした。

(例 3) エアコンの各状態の作用力

エアコンには、「電源 OFF」、「設定温度 (18~30)」, 風速調整機能の「Low, Middle, High モード」の状態がある。これらの状態は、目標環境値を絶対値として与える機能である。例えば、エアコンの設定温度 18℃ は、温度値を 18℃ にする作用をもつことを意味する。

2.4 環境記録機能

本節では、環境記録機能の実現法について述べる。環境記録機能は、環境を記録する場所とメモリ番号を入力として、その場所における環境値と家電状況をそれぞれ、環境値 DB、家電状態 DB に格納する。環境記録機能は図 4 で示す機能と DB で構成されている。提案システムでは記録した環境を一意に定めるために、ユーザが記録した環境にユニークなメモリ番号を付与する。次項で環境記録機能に必要な機能について述べる。

2.4.1 環境記録機能の実現

環境記録機能を実現するために、以下の 3 つの機能を用いる。

家電・センサー取得機能

場所を入力として、その場所における家電名および

*1 図 2 の加湿器、除湿機は湿度を絶対値で与えるものではなく、弱・中・強のような運転モードで選択する機器を想定している。

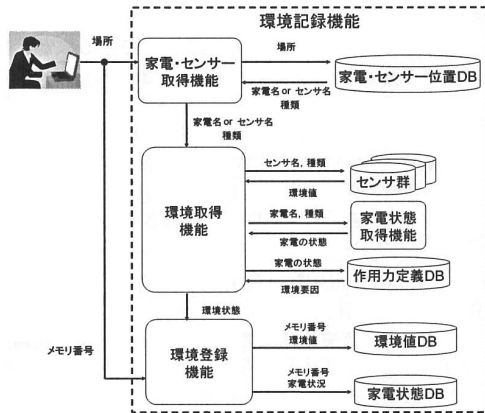


図 4 環境記録機能の構成図。

センサー名と対応する種類を家電・センサー位置 DB から取得する。取得した家電名およびセンサー名とそれらの家電名およびセンサー名に対応する種類を環境取得処理へ渡す。

環境取得機能

家電名およびセンサー名とその種類を入力とし、それらの環境値、家電の状態を取得する機能である。手順は以下の通りである。

- 手順 1 入力された家電名およびセンサ名に対応する家電の状態と環境値をそれぞれ家電状態取得機能、センサー群から取得する。
- 手順 2 手順 1 で得られた各家電の状態の“種類”，“機能”，“状態”をキーとして作用力定義 DB から、それぞれに対応する環境要因を取得する。
- 手順 3 手順 1 と 2 で取得した情報から環境状態を生成し、環境登録機能へ渡す。

環境登録機能

環境登録機能は、環境状態とメモリ番号を入力として環境状態の環境値、家電状況をそれぞれ環境値 DB、家電状態 DB に格納する。

2.5 環境再現機能

本節では環境再現機能について述べる。ユーザから環境を再現したい場所と、環境記録機能で記録された環境の中から再現したい環境（のメモリ番号）を入力として受け取り、再現するために必要な家電とその状態を出力する。ここで、ユーザが再現したい環境状態を「目的環境」、再現前の環境状態を「現在環境」、出力される各家電状態を「必要家電状態」と呼ぶ。また、必要家電状態の集合を「必要家電状態リスト」と呼ぶ。提案システムが出力する必要家電状態リストが満たすべき条件は、以下の 2 つである。

- 条件 1 ユーザが指定した場所にある家電を利用する。
- 条件 2 目的の環境値へ近づけることができる家電状態。

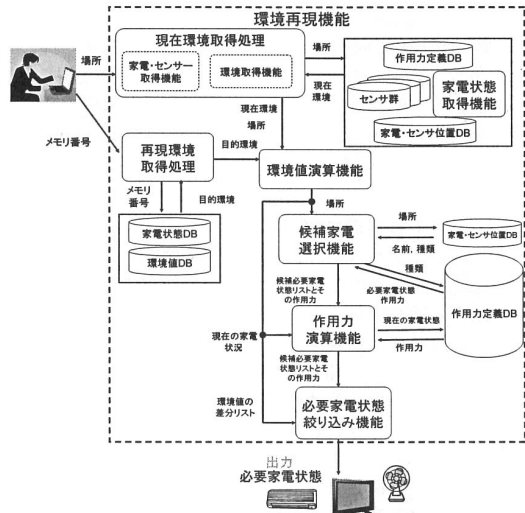


図 5 環境再現機能の構成図。

環境再現機能は図 5 で示す機能と DB で構成されている。次項では、環境再現機能に必要な機能について述べる。

2.5.1 環境再現機能の実現

現在環境状態取得機能

現在環境状態取得機能は、ユーザからの入力として場所を受け取り、その場所における現在環境を出力する。手順は以下のとおりである。

- 手順 1 ユーザから場所を受け取る
- 手順 2 “場所”をキーとして、家電・センサー位置 DB から、家電名とセンサー名の名前リストと各名前の家電およびセンサーに対応する種類を取得する。

手順 3 名前リストとそれに対応する種類を入力として環境値と家電状況をそれぞれ、センサー群、家電状態取得機能から取得する。

手順 4 手順 3 で取得したデータから現在環境を生成し、環境値演算機能へ渡す。

目的環境状態取得機能

目的環境状態取得機能は、ユーザから目的環境を指すメモリ番号を受け取り、それを出力する。手順は以下のとおりである。

- 手順 1 メモリ番号を受け取る。
- 手順 2 “メモリ番号”をキーとして、環境値 DB、家電状態 DB からそれぞれ環境値と家電状況を取得する。

手順 3 手順 2 で取得したデータから目的環境を生成し、環境値演算機能へ渡す。

環境値演算機能

現在環境に含まれる環境値と目的環境に含まれる環

環境値を受け取って、それらの差分を演算し、各環境要因の環境値の差分を差分リストとして出力する機能である。差分リストは(環境要因, 環境値の差分)で定義される。環境値の差分を $EnvDiff$ 、現在環境の環境値を $CurrValue$ 、目的環境の環境値を $TarValue$ とし、演算方法を式 (1) に示す。

$$EnvDiff = TarValue - CurrValue \quad (1)$$

候補家電選択機能

ユーザから入力された場所を受け取り、候補の必要家電状態とその作用力を出力する機能である。手順は以下の通りである。環境再現機能が出力する必要家電状態は候補の必要家電状態から選択される。候補の必要家電状態を候補必要家電状態と呼ぶ。

手順 1 場所を受け取る。

手順 2 “場所”をキーとして、家電・センサー位置 DB から家電名とその種類のリストを取得する。

手順 3 手順 2 で取得した“種類”をキーとして、作用力定義 DB から候補必要家電状態とその作用力を取得する

手順 4 候補必要家電状態リストとその作用力を出力する。

作用力演算機能

現在環境に含まれる現在の家電状況、候補必要家電状態リストを受け取って、現在の家電状態の作用力を基準とした必要家電状態の作用力を演算し、候補必要家電状態リストとその作用力を出力する機能である。家電状態の作用力が、現在の状態からの環境値の「変化量」と定義されている場合は式 2 で演算する。一方、家電状態の作用力が「変化させるべき目標の環境値」と定義されている場合は作用力を計算しない。候補必要家電状態の作用力を NA 、現在の家電状態の作用力を CA 、現在の家電状態の作用力を基準とした候補必要家電状態の作用力を $UpdateNA$ として作用力の演算方法を示す。

$$UpdateNA = NA - CA \quad (2)$$

手順は以下のとおりである。

手順 1 現在の家電状況、候補必要家電状態リストを受け取る。

手順 2 現在の家電状況の“環境要因”, “種類”, “機能”, “状態”をキーとして作用力定義 DB から作用力を取得する。

手順 3 各必要家電状態の作用力とそれに対応する現在の家電状態の作用力を演算(式 2)し、現在の家電状態を基準とした作用力 ($UpdateNA$) を求める。ただし、作用力が絶対値を表す場合はその値を $UpdateNA$ とする。

手順 4 候補必要家電状態リストとそれぞれに対応する作用力 ($UpdateNA$) を出力する。

必要家電状態絞り込み機能

環境値演算機能で求めた差分リスト、候補必要家電状態リストとそれぞれに対応する作用力 ($UpdateNA$)

を受け取って、各環境要因の環境値の差分を埋めることができる、もしくは差分を最小にできる家電状態を候補必要家電状態リストの中から選択し、選択された必要家電状態リストを出力する機能である。この機能では、選択された家電状態に対応する作用力 ($UpdateNA$) を用いて差分リストの環境値の差分を更新する。更新前の環境値の差分を $EnvDiff$ 、更新後の環境値の差分を $UpdateEnvDiff$ 、選択された家電状態の作用力を $UpdateNA$ として式 (3) に示す。

$$UpdateEnvDiff = EnvDiff - UpdateNA \quad (3)$$

以下に手順を示す。

手順 1 環境値演算機能で求めた差分リスト、候補必要家電状態リストとその作用力 ($UpdateNA$) を受け取る。

手順 2 各候補必要家電状態に対応する作用力 ($UpdateNA$) を用いて、式 3 で更新後の環境値の差分 ($UpdateEnvDiff$) をそれぞれ計算する。

手順 3-A 更新後の環境値の差分 ($UpdateEnvDiff$) の絶対値が更新前の環境値の差分 ($EnvDiff$) の絶対値より小さくなる場合。手順 2 で計算した、更新後の環境値の差分 ($UpdateEnvDiff$) の絶対値が最も最小であった時に用いた作用力 ($UpdateNA$) に対応する家電状態を選択し、必要家電状態リストに追加する。もし、その家電状態が複数ある場合はシステムがそのうち一つを任意に決定し、必要家電状態リストに追加する。

手順 3-B 更新後の環境値の差分 ($UpdateEnvDiff$) の絶対値が更新前の環境値の差分 ($EnvDiff$) の絶対値と比較して大きくなる場合。適切な家電状態はないとして終了する。

手順 4 環境値の差分 ($EnvDiff$) の絶対値をこれ以上小さくできない、もしくは候補必要家電状態がなくなるまで手順 2～手順 3 を繰り返す。

手順 5 必要家電状態リストを出力する。

3. プロトタイプシステムとその検証

3.1 プロトタイプシステムの作成

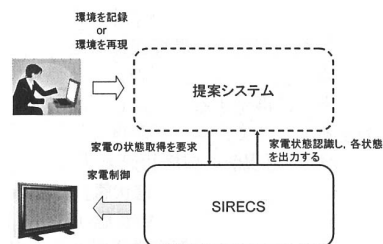


図 6 SIRECS の構成図。

提案システムのプロトタイプシステムを実装した。

表 4 実装した仮想家電の機能と状態

種類	機能	状態
TV	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	Channel	Ch1~Ch12
	Volume	Vol0~Vol30
オーディオ	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	Disc	Stop, Play
	Volume	Vol0~Vol30
エアコン	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	TempSet	Temp18~Temp30
	Mode	Low, Middle, High
除湿機	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	Mode	Low, Middle, High
加湿器	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	Mode	Low, Middle, High
ライト	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	Mode	Dark, Bright
扇風機	PowerSupply	PowerON, PowerOFF
	Mode	Low, Middle, High

提案システムはユーザが指定した場所に存在する家電とその状態を認識することが必要である。そのために、我々は状況認識型家電制御システム SIRECS⁵⁾を用いた。SIRECS はシステム内に実際の家電と同じ状態遷移を行う仮想的な家電を持つ。これを仮想家電と呼ぶ。また、SIRECS には仮想家電を制御するための VEHA コマンドが定義されている。VEHA コマンドを用いることで家電制御することが可能である。提案システムの構成を図 6 に示す。

プロトタイプシステムで扱う家電は、映像、音量、温度、湿度、照度、風速に影響を及ぼすことが可能な家電である。プロトタイプシステムでは、TV、オーディオコンポ、エアコン、除湿機、加湿器、ライト、扇風機の 7 種類を扱い、各家電の仮想家電をシステムに実装した。実装した仮想家電の機能と状態を表 4 に示す。

作用力の定義

本来は、各家電状態の環境要因に対する環境値の変化量を測定して作用力を定義すべきだが、正確に測定することが困難であるため、今回は我々が経験的に適切だと考える値を各家電の状態に付与した。

3.2 提案システムの検証実験

プロトタイプシステムを用いて、以下の検証を行う。
検証 任意の現在環境から目的環境にするために、システムが適切な家電とその状態を選択することができるか。

3.2.1 実験方法

実験方法として、プロトタイプシステムに対して、あらかじめ用意した特徴的な現在環境と目的環境を与え、再現するための家電とその状態が適切に出力されていることを確かめる。目的環境として、表 5 に示す目的の環境値を用意する。現在環境として、表 6 に示す 3 つの環境を用意する。それぞれの現在環境から、

表 5 目的の環境値

	映像	音量	温度	湿度	照度	風速
目的環境 1	電源 ON	30	25	20	20	25
目的環境 2	電源 OFF	90	2	50	50	0

表 6 現在環境

要因	映像	音	温度	湿度	照度	風速	
環境値	電源OFF	10	20	60	5	10	
現在環境A	家電状況 TV (電源OFF)	TV (電源OFF)	エアコン (電源OFF)	除湿機 (電源OFF)	ライト、TV共 (電源OFF)	エアコン (電源OFF)	
環境値		30	15	10	10	5	
現在環境B	家電状況	Audio (Playモード、 Vol18)		加湿器 (Lowモード)		扇風機 (電源OFF)	
環境値	電源OFF	20	19	40	10	30	
現在環境C	家電状況	TV1,TV2共に (電源OFF)	TV1,TV2,Aud o (電源OFF)	エアコン (設定温度 21℃)	加湿器 (電源OFF) 除湿機 (Lowモード)	ライト (電源OFF) ライト (Darkモード)	エアコン (Lowモー ド)

表 7 目的環境 1 を再現した場合の環境値の変化

環境要因	目的環境	現在環境A	現在環境B	現在環境C
映像	目的環境	電源ON	電源ON	電源ON
	before	電源OFF		TV1,TV2:電源OFF
	after	電源ON		TV1:電源ON
音	目的環境	30	30	30
	before	10	35	20
	after	31	35	29
温度	目的環境	25	25	25
	before	20	15	19
	after	25	15	25
湿度	目的環境	20	20	20
	before	60	10	40
	after	10	20	20
照度	目的環境	20	20	20
	before	5	10	10
	after	25	10	22
風速	目的環境	25	25	25
	before	10	5	30
	after	20	25	25

表 8 目的環境 1 を再現した場合の家電状況の変化

	現在環境A	現在環境B	現在環境C
映像	TV 電源:OFF → ON		TV1 電源:OFF → ON
音	TV 音量:Vol.7		TV1 音量:Vol.3
温度	エアコン 電源:OFF → ON 設定温度:25℃		エアコン 設定温度:21℃ → 25℃
湿度	除湿機 モード:Low → High		
照度	ライト 電源:OFF → ON Brightモード	加湿器 モード:Low → Middle	ライト モード:Dark → Bright
風速	エアコン Lowモード	扇風機 電源:OFF → ON Middleモード	

それぞれの目的環境の再現に必要な家電とその状態を確認する。3 つの現在環境について説明する。現在環境 A は、すべての環境要因に影響を与える家電が 1 種類存在する場合。現在環境 B は、ある環境要因に影響を与える家電が存在しない場合。現在環境 C は、環境要因に影響を与える家電が複数存在する場合である。

3.3 結果と考察

各現在環境において、目的環境 1 を再現する場合の環境値の変化を表 7 に、目的環境 1, 2 を再現する場合の家電状況の変化をそれぞれ表 8, 表 9 に示す。

表 7, 8 より、提案システムは目的環境を再現する

表 9 目的環境 2 を再現した場合の家電状況の変化

	現在環境A	現在環境B	現在環境C
映像			
音	TV 電源:OFF → ON 音量:Vol.7	Audio 音量:Vol.18 → Vol.30	TV1 電源:OFF → ON 音量:Vol.23
温度			
湿度	除湿機 モード:Low → Middle	加湿器 モード:Low → High	
照度	ライト 電源:OFF → ON Brightモード		ライト1 モード:Dark → Bright ライト2 モード:Dark → Bright TV1 電源:OFF → ON TV2 電源:OFF → ON
風速			扇風機 電源:ON → OFF

ために、目的の環境値と現在の環境値との差分を小さくできる家電とその状態を適切に選択できていることがわかった。例えば、現在環境 A の場合において、目的環境 1 の環境要因の音を再現する場合、TV の音量を Vol.7 にすることで、環境値を 10 から 31 に変化させ、目的環境 1 に近づけることができている。

表 9 より、現在環境 C の場合では、環境要因の照度を再現するために、ライトを 2 つ、TV を 2 つ選択している。このことから、目的環境を再現するために複数の家電を連携させて制御可能であることがわかった。

表 7 から、どの現在環境からでも目的環境 1 の環境値に近づけることができている。このことから、任意の環境で目的環境を再現することが可能であるといえる。

しかし、表 9 より、環境状態 C の場合では、環境要因の照度を再現するために TV の電源を ON にしている。このことにより、環境要因の映像を再現することができていない。このことから、どちらの環境要因の再現を優先的に行うのかを、今後検討していく必要がある。

4. まとめと今後の課題

本稿では、家電の状態の環境に対する影響度(作用力)をシステムで定義することによって、任意の場所で目的の環境を実現するために必要な家電とその状態を決定するシステムを提案した。

提案システムを実装し、作用力を用いることで目的の環境に必要な家電とその状態を正しく選択することができるかを検証することにより、提案システムの有用性を示した。とりわけ、現在環境に存在する家電の種類によらず目的の環境を再現することができる点、目的環境を再現するために、既存の複数の異なる種類の家電を連携制御させることができる点に、本システムの優位性がある。

今後の課題としては、複数の環境要因が互いに影響を与え合い、目的環境を正しく再現できない場合に、どちらの環境要因を優先的に再現する必要があるか、

その決定方法を考える必要がある。また、今回定義した作用力の定義手法や、実環境による本システムの実験に基づく検証を行う必要がある。

参考文献

- 1) 川原圭博, 司 化, 猪鹿倉知広, 登内敏夫, 森川博之: 行動履歴と制約条件を考慮した情報家電制御機構.
- 2) 小林英嗣, 依田育生: ホームネットワークにおけるコンテキストとユーザ操作履歴を用いたサービス制御方式の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.2, pp507-520(2006).
- 3) 平尾郁美, 飯島正, 山口高平: 情報家電エージェント協調のためのオントロジーサービスの実現, 第 21 回人工知能学会全国大会 (2007).
- 4) Mari Korkea-aho: Context-Aware Applications Survey, 2000
- 5) 疋田和久, 片山喜章, 高橋直久: 既存家電も含めた状況認識型家電制御システムの提案と実現, 2003-UBI-2, pp.189-194(2003).