

達成度と家電木に基づく家電利用要求競合解消法の提案

若原 康将[†] 山本 大介[†] 片山 喜章[†] 高橋 直久[†]

[†]名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町
E-mail: †wakahara@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{yamamoto.daisuke,katayama,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし 近年，研究・開発が進みつつあるホームネットワークシステム (HNS) は家内外からの複数家電制御を可能とするシステムであり，一部では実際に利用されている．複数のユーザが HNS を利用する環境においては，家電利用要求の競合の解消が問題となる．通常の家電利用環境では，家電の「利用者」という概念がなく，直近に入力された「要求」がそのまま受け付けられる．あるいは，予めユーザと要求に対して優先順をつけて競合を解消する方法も提案されている．本研究では，ユーザの環境や要求などの情報を統合的に考慮した「達成度」と家電の持つ属性を表現する「家電木」による，公平かつ整合性のある競合解消手法を提案する．

キーワード 家電制御システム，ホームネットワークシステム，情報家電，競合解消

A proposal of a demand conflict solution method for household appliances based on the achievement level and the household appliance tree

Yasumasa WAKAHARA[†], Daisuke YAMAMOTO[†], Yoshiaki KATAYAMA[†], and Naohisa TAKAHASHI[†]

[†] Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 466-8555 Japan
E-mail: †wakahara@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{yamamoto.daisuke,katayama,naohisa}@nitech.ac.jp

Abstract Recent years, a home network system (HNS) which enables controlling household appliances through the Internet is developing and actually used. If there is two or more users in this environment, it is very important issue to solve conflicts of requests for a household appliance by different users. On usual household appliances, they do not take into account individual users, but consider only the latest command (request) and they work according to it. Or there is a household appliance control system that solve the conflict according to predefined priority given to every pair of a user and a command. In this paper, we propose a new conflict solving method by using "the achievement level" and "the household appliance tree". Our method realizes more fair and consistent control comparing with known methods.

Key words Home-Appliances Control System, Home Network System, Information Appliance, Resolution Conflict

1. はじめに

現在，ユーザにとって便利で多様な機能を持つ家電が普及しており，多くの人々の生活に無くてはならない存在となっている．また，近年では家電やセンサ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ための技術が研究・開発されている [1] [2]．ユーザの家電操作を蓄積・学習しユーザの要求を推定し家電を連携して制御することでユーザに利便性を与える連携制御手法 [3] [4] や人間の自然な行動を利用し直感的に操作可能であるジェスチャによる家電操作手法 [5] など

も提案されている．このように，ユーザの日常生活の利便性を向上させるため複数の機器の連携や宅外からの操作を実現するホームネットワークシステム (HNS) や家電制御システム，またはそれらの利便性を上げるシステムの研究・開発は進み，実際に利用されている．

HNS や家電制御システムを複数のユーザが利用することを考えると 1 つの家電に対し別々の家電利用要求が入力される，つまり同じ家電に対して異なる状態への遷移命令が入力される機会が多々ある．本稿ではこのような家電利用要求の衝突を家電利用要求競合と呼ぶ．

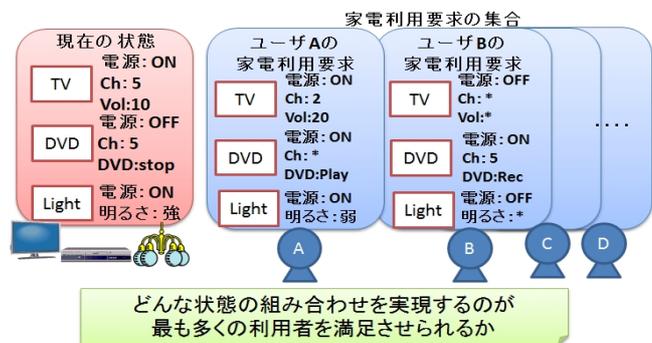
家電利用要求競合に対し現状の HNS や家電制御システムは，

直近の要求を優先させて制御しているため、その結果家電は現在利用中のユーザや現状態に関わらず命令通りに状態遷移してしまい、他のユーザの要求によって家電の状態がユーザの意図しない状態になってしまうことがある。例えば、あるユーザ A が自宅で TV を鑑賞している時に別のユーザ B が宅外から消し忘れを考慮して、家中の家電の電源を OFF にしたとする。この時、ユーザ A の意図とユーザ B の意図が TV において衝突してしまい、現システムでは後で入力したユーザ B の要求が受け入れられ結果的にユーザ A にとって意図しない動作が起こってしまう。その結果ユーザの利便性を損ない、HNS や家電制御システムが利用しづらくなってしまいう問題が生じる。この問題点を解決するにはユーザやその家電利用環境を考慮した上で家電要求競合検出と解消が求められる。

家電利用要求競合に対して、競合を検出するシステム [6] や優先度を用いて解消する研究が行われている [7]。これらの従来研究では、機器に対する要求ごとに優先度を定めておき、実行中の要求と新規要求とで競合が発生すると検知した際には実行中の要求と新規要求の優先度を比較し優先度の高い要求を優先的に実行することで競合を解決している。これらの従来研究では有効期限内の他の要求に関わらず静的に定められた優先度の高い要求が実行されるため、多くのユーザが望む状態にもかかわらず要求が満たされないことがあり、その結果多くのユーザが不満と感ずることとなる。このことからこれらの研究には以下の問題点が挙げられる。

問題点 静的に与えられた優先度の比較のため、多数決のような要求の数に応じた制御が不可能

そこで本研究では、与えられた複数の要求からできるだけ多くの要求を満たす状態を導出することで、多くのユーザが満足する家電利用要求競合の解消を図る。ここで「状態を実現する」とは、家電をその状態に遷移させることを表す。つまり提案システムは複数の要求を入力としてできるだけ多くの要求を満たす家電の状態を導出し、その状態を実現するための制御信号を各家電に出力する。本研究では、家電の状態が目的の状態をどれほどの割合で満たしているかを数値化するために家電の状態の近似度を表す指標として「達成度」を定義する。達成度が高いほど、目的の状態を達成できていることとなる。すなわち本研究では、家電の持つ 2 つの状態の近似度を表す指標である「達成度」を定義し、家電利用要求競合が発生した時に各要求に対する達成度の和が最も高い状態を導出し実現することで、HNS や家電制御システム上で起こる家電利用要求競合を解消するシステムを提案する。また家電には、機能的な制限によって同時に満たさなければならない状態あるいは同時に満たすことができない状態（以下、家電的制約）がある。そのため本研究では家電の持つ属性を表現するデータ構造である家電木を定義し、それを用いて家電的制約を漏れなく守る状態の導出を実現する。一方、DVD を見るときは消灯して DVD を再生状態にするといったような、ユーザの意思によって決定される「同時に満たしたい状態」も存在し、このような制約を「要求的制約」と呼ぶ。家電的制約は必ず満たすべき制約であったのに対し、要求的制約は場合によっては満たされなくとも良い点に注意する。要求的制約はユーザの意図による部分が大きいので、きめ細かく設定できることが好ましい。そのため提案システム



では、要求的制約をユーザが入力し、入力に応じて達成度を導出する粒度を変更する。つまり、通常家電の機器単位ごとに達成度を導出するのに対し、要求的制約が与えられた場合は導出粒度を変更し、与えられた状態集合に対して達成度を導出し、最終状態を決定する。

提案システムの特徴を以下に示す。

- 特徴 1 ユーザによる要求の入力を記録し、その記録から有効期限内である要求を抽出する機能を有する
- 特徴 2 達成度、家電木を用いてより多くの要求を満たし整合性のある最終状態を導出する機能を有する
- 特徴 3 ユーザの要求的制約の入力に応じて達成度導出の際の粒度を変える機能を有する

以下では、2 章で本研究で扱う用語の定義を行い、3 章で提案システムの概要について述べる。4 章で提案システムの実現法について、5 章で提案システムの検証実験を、6 章でまとめと今後の課題についてを述べる。

2. 諸 定 義

本章では、本研究で扱う用語、変数について定義する。

2.1 利用環境

複数のユーザが住む個人住宅程度の規模の家電利用環境を考える。住宅内には、複数の家電が存在する。ここで想定されるユーザとは、人のみならずセンサーなども考える。つまり、防犯システムや防災システムなどのシステムからの入力も想定する。また、ユーザは宅内外関わらず HNS を用いて家電を操作することを想定する。利用環境のイメージ図を図 2 に示す。

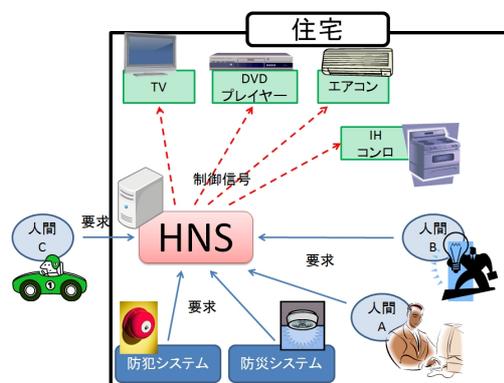


図 2 利用環境のイメージ図

家電: TV や Video などの家電の種類と AQUOS, VIERA などの家電の機種によって分類され、各家電ごとに識別子として「家電名」が与えられ区別できるものとする。また、各家電は電

源機能やチャンネル機能などの「機能」の集合であると捉える。つまり、家電は種類ごとに同一の機能集合によって定義される。機能：機能は外部からの要求（コマンド）によって状態遷移する。たとえば、電源機能であれば PowerON と PowerOFF の 2 状態を持ち、Power コマンドが与えられることでこれらの状態を互いに遷移するものと定義される。

図 3 左に家電と機能の関係を示す、第 1 列は家電の種類を表し第 2 列は第 1 列の家電の種類が持つ機能の集合を表す。図 3 右に機能の状態とコマンドの関係を示す、チャンネル機能が持つ各状態を丸囲みで表現し、状態を結ぶ線がコマンドによる状態遷移を表す。

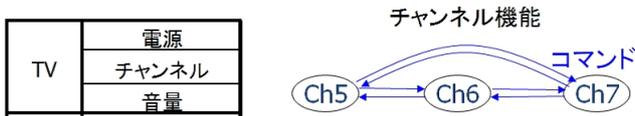


図 3 家電と機能とコマンドの関係

2.2 変数定義

制御対象家電 $APP = \{app_1, app_2, \dots\}$ (ただし、 app_1, app_2 は制御対象家電名)：提案システムによって制御されるすべての家電に対する家電名の集合。

機能の集合 $FUNC = \{PowerSupply, Channel, \dots\}$ ：すべての家電がそれぞれ持つすべての機能の集合。

状態の集合 $Status_{func}$ ：機能 $func (\in FUNC)$ がとり得る状態の集合。(ex. $Status_{Channel} = \{Ch1, Ch2, \dots\}$)

目的状態 $PS = (app, func, S_{func})$ (ただし、 app は家電名、 $func$ は app が持つ機能名、 S_{func} は機能 $func$ の取りうる状態)：制御対象家電名 app の制御対象機能名 $func$ に対する目的の状態 S_{func} を表すデータ。

目的状態集合 $PSS = \{PS1, PS2, \dots\}$ (ただし、 $PS1, PS2$ は目的状態)：全家電、全機能に対する目的状態の集合。ただし、同一家電の同一機能に対する複数の異なる状態を指定した目的状態は含まないとする

家電利用要求 $Req = (PSS, User, Loc, Time, Dur)$ (ただし、 $User$ はユーザ名、 Loc はユーザの場所、 $Time$ は入力時刻、 Dur は有効期限)：ユーザが入力する家電利用要求。ここで有効期限 Dur は、家電利用要求が有効である期限の時刻を表す。

2.3 家電利用要求競合

有効期限内の二つの家電利用要求 $Req1, Req2$ の目的状態集合 PSS に、同じ家電の同じ機能に対する異なる状態が指定された目的状態が含まれる場合を家電利用要求の競合とする。

3. 提案システムの概要

3.1 提案システムの構成

提案システムでは、有効期限内のすべての家電利用要求を入力とし、できるだけ多くの家電利用要求を満たす最終状態を導出し出力する。このシステムの実現上の課題を以下に挙げる。実現上の課題 複数の家電に対する複数の家電利用要求が入力として与えられたとき、どのような組み合わせが最も家電利用要求を満たすことができるかをどのように求めるか

この課題に対し、今回我々は「家電利用要求を満たす」ことを「家電利用要求の目的状態集合を満たす」こととして捉え、状態の近似度に着目した。つまり家電利用要求の目的状態集合

と別のある目的状態集合を比べたとき、ある目的状態集合が要求の目的状態集合に近いほど家電利用要求を満たしていると考えた。この状態の近さ、近似度を表す指標として「達成度」を定義し、これによってすべての家電利用要求の組み合わせに対して最も達成度が高い目的状態集合を選択することで、できるだけ多くの家電利用要求を満たすことを図る。

また提案システムでは家電利用要求に有効期限を付与しており、実行中の家電利用要求が有効期限を過ぎたら別の家電利用要求を実行する。そのため、提案システムでは実行中の家電利用要求を管理し有効期限を過ぎたら、もう一度有効期限内の家電利用要求を対象として最終状態を導出する。

提案システムの構成図を図 4 に示す。提案システムは要求入力機能、最終状態導出機能、状態管理機能を持つ。各機能は 4 章で詳しく説明する。

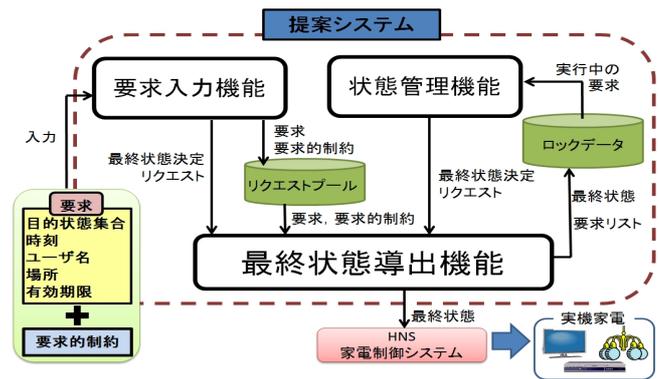


図 4 システム構成図

以下、提案システムで用いる用語とデータ構造を説明する。要求的制約 $RES \subseteq PSS$ ：ユーザの入力による同時に満たしたい目的状態の集合。目的状態集合が全家電、全機能を対象とした目的状態の集合であったのに対して、要求的制約はある家電、ある機能を対象とした目的状態の集合である。

リクエストプール DB：家電利用要求 Req と要求的制約 RES を格納したデータベースである。格納するデータ (リクエスト) は、家電利用要求 Req 、要求的制約 RES の 2 項組であり、リクエストプール DB はこの集合を保持する。

要求リスト：リクエストプール DB に存在するリクエストの中で有効なリクエストの集合。ここで、有効なリクエストとは、リクエストの家電利用要求 Req の有効期限 Dur と現時刻を比較したとき有効期限の方が現時刻より遅いリクエストを指す。

ロックデータ DB：現在実行中の家電利用要求 Req を格納したデータベースである。ロックデータは家電名、機能名、家電利用要求 Req の 3 項組で定義され、ロックデータ DB はロックデータの集合を保持する。

3.2 提案システムの動作の流れ

提案システムの動作についてユーザからの家電利用要求が入力された場合と、家電利用要求の有効期限を超えた場合のそれぞれについて説明する。

ユーザからの家電利用要求の入力時

step1 ユーザから家電利用要求の入力があると、要求入力機能によりリクエストプール DB に家電利用要求と要求的制約が保持される。同時に最終状態を決定するために、最終状態決定リクエストが要求入力機能から最終状態導出機能に出力される。

step2 最終状態導出機能は、step1 で出力された最終状態決定リクエストが入力された時に家電利用要求が保持されたリクエストデータベースから有効期限内の家電利用要求（要求リスト）を取得する。

step3 step2 で取得した要求リストから家電木を用いて家電的制約を満たした最終状態の候補群を取得し、候補群の中で最も達成度の高い候補を最終状態として導出する。

step4 最終状態導出機能は、step3 で導出した最終状態を出力すると同時に最終状態に応じてロックデータ DB の実行中の家電利用要求を更新する。

実行中の家電利用要求が有効期限を超えたとき

step1 状態管理機能は一定時間ごとにロックデータ DB の家電利用要求を取得し、その有効期限と現日時とを比較する。

step2 step1 で有効期限を現日時が超えていれば、その家電利用要求を無効とし再び最終状態を決定するために最終状態決定リクエストが最終状態導出機能に出力される。

step3 最終状態導出機能は、step2 で出力された最終状態決定リクエストが入力された時、ユーザからの家電利用要求の入力時の step3,4 と同様の動きを行う。

4. 提案システムの実現法

前節で述べた通り提案システムは達成度と家電木を用いて競合解消を図る。本節ではまず達成度と家電木を定義し、その後提案システムの各機能の実現法について述べる。

4.1 達成度

達成度とは、2つの状態を比較して、1つの状態がもう一方の状態に対しどの程度近似しているかを示す指標である。本論文では、機能達成度、制約内達成度、要求達成度の3つの達成度を定義する。機能達成度は、同一家電の同一機能の二つの状態を比較した達成度である。制約内達成度は、ユーザの入力した要求的制約の状態集合ごとに導出する達成度である。要求達成度は、家電利用要求とある目的状態集合の二つを比較した達成度である。図5に3つの達成度の関係を示す。

以下、各達成度について説明する。

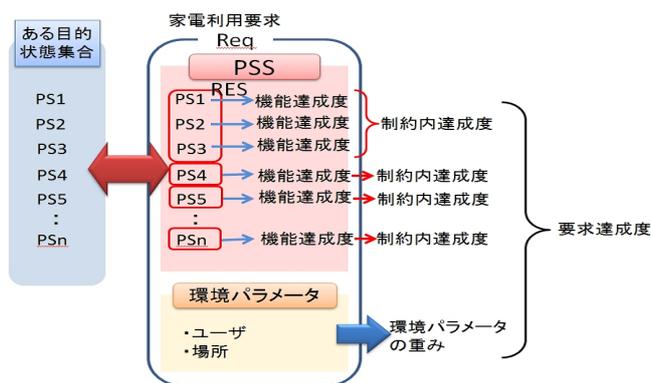


図5 達成度の構成

機能達成度 機能達成度とは、同機能に対する二つの状態を比較した達成度である。本研究では家電の機能の達成度導出法を2値型と数値型の2つに分類する。

$f(X, Y)$: 状態 Y に対する状態 X の機能達成度と定義する

$(X, Y = PS \in PSS)$ 。このとき f は次の2つの型の値のうちいずれかを持つ。

- ・2値型：状態が等しいか等しくないかのいずれかのみ機能 この機能には例としてTVの電源機能、エアコンの運転切替機能などが挙げられる。比べる状態 X 、状態 Y の二つの状態が一致していれば機能達成度 $f(X, Y)=1$ 、一致していなければ機能達成度 $f(X, Y)=0$ とする。

- ・数値型：状態に近い・遠い概念を有する機能 この機能には例としてTVの音量機能、扇風機の風量機能などが挙げられる。こちらの達成度導出法は以下に示す。

$$f(X, Y) = 1 - (|X - Y|) / \text{機能が持つ状態数} \quad (1)$$

式中の $|X - Y|$ は、状態間のコマンド数を指す。つまり、状態 X から状態 Y に遷移するために必要なコマンドの数を表している。例えば、TVの音量機能において Vol10 から Vol15 に状態遷移するには「VolUP」のコマンドが5個必要となるため、 $|X - Y|=5$ となる。

また、状態 X について任意の状態を表す "*" を入力として許し、 $X = *$ の場合は常に $f(X, Y) = 1$ とする。一方、状態 Y について空入力を表す "null" を入力として許し、 $Y = null$ の場合は常に $f(X, Y)=0$ とする。2値型、数値型の2分類を各家電の機能ごとにあらかじめ定めておくことで機能達成度を求める。

制約内達成度 制約内達成度は、要求的制約に含まれる目的状態の機器の機能ごとの機能達成度の和で表す。要求的制約はユーザの入力による同時に満たしたい状態のため、要求的制約内にひとつでも満たさない状態がある場合は例外として制約内達成度は0とする。厳密な定義は以下の通りである。

$f_r(X, Y)$: 状態集合 Y に対する状態集合 X の制約内達成度 $(X, Y = RES \subseteq PSS)$

App: 要求的制約の状態集合内の機器の集合 $(App \subseteq APP)$

Func: 機器の集合 App の要素の機器が持つ機能の集合 $(Func \subseteq FUNC)$

X_{ij} : 状態集合 X の機器 i の機能 j の状態 $(X_{ij} \in Status_j)$

Y_{ij} : 状態集合 Y の機器 i の機能 j の状態 $(Y_{ij} \in Status_j)$

$f(X_{ij}, Y_{ij})$: 状態 Y_{ij} に対する状態 X_{ij} の機能達成度 (式1)

とした時の制約内達成度 $f_r(X, Y)$ の導出式は以下通り。

$$\sum_{i \in App} \sum_{j \in Func} f(X_{ij}, Y_{ij}) \quad (2)$$

また要求的制約内のどれか一つの目的状態でも満たさないときは例外として制約内達成度0とする。

要求達成度 要求達成度を導出する際には、要求的制約が単独の目的状態でもよいことに注意し、目的状態集合の各要素はすべて要求的制約であると考え、そのため、要求達成度は制約内達成度の和で表し、要求者や要求した環境を考慮するため制約内達成度の和に家電利用要求に付随する環境パラメータから取得した重みを掛け、要求達成度とする。環境パラメータの重みは後述する。以下に目的状態集合 Y に対する家電利用要求 X の要求達成度の導出式を示す。

$f_f(X, Y)$: 目的状態集合 Y に対する家電利用要求 X の要求達成度

REST: 家電利用要求 X に含まれる要求的制約 rest の集合

X_{rest} : 家電利用要求 X に含まれる要求的制約 rest がもつ状態

集合

$Weight_X$:家電利用要求 X に付随する環境パラメータの重み
 $fr(X_{rest}, Y_{rest})$:状態集合 Y_{rest} に対する状態集合 X_{rest} の制約内達成度

とした時の要求達成度 $ff(X, Y)$ の導出式を以下に定義する.

$$ff(X, Y) = \sum_{rest \in REST} fr(X_{rest}, Y_{rest}) * Weight_X \quad (3)$$

環境パラメータの重み

家電利用要求の中には要求者や要求した環境によってより優先的に扱うべき家電利用要求があると考えられ、家電利用要求に付随する環境(ユーザ, 場所)をパラメータ化し達成度の重みとして利用し優先的に満たすべき家電利用要求を満たすことを図る. ユーザ名とその重みの対, 場所名とその重みの対のデータをそれぞれあらかじめ用意し, 家電利用要求のユーザ名, 場所名からそれぞれの重みを取得する. 家電利用要求 X に付随する環境パラメータの重み $Weight_X$ は, ユーザ名, 場所名からそれぞれ取得したユーザの重みと場所の重みの積で表す.

4.2 家電木

家電木とは家電の持つ属性を表現するデータ構造である. 家電には家電に存在する制約(家電的制約)がありそれを満たすため本研究では家電木を用いる. 家電的制約とは家電に存在する満たさなければならない制約で, 機能ごとに状態を決定する際には家電的制約を守って決定する必要がある. 家電的制約は以下の2つが考えられる.

制約1 機能の効果が他の機能の状態によって妨げられないような状態を満たす

例)TVにおけるチャンネル機能と電源機能のPowerOFFの状態. 電源機能がPowerOFFの状態の時はチャンネル機能の効果が表れないため, チャンネル機能の状態の実現だけでなく電源機能のPowerON状態も実現する必要がある.

制約2 同時には成り得ない状態を避ける

例)Videoにおける電源機能のPowerOFFとTape機能のPlayの状態. この2つの状態は同時に実現できないので避ける必要がある.

本研究では家電的制約を守るため家電木を用いる. 家電的制約の制約1を木構造の親子関係(孫以上も含む)で表す. 家電木は家電種類ごとに定義される.

家電木の作成法 ある種類の家電Aを考える. 家電Aの持つ機能とその機能の持つ状態を考える.(図6, 7, 8にTVを例とした家電木作成手順を示す.)

(1) 1つのノードは1つの機能に対応し, ノードはその機能の持つ状態を属性として持つ(図6).

(2) ある機能(機能 f_A)の状態を遷移させるために他の機能(機能 f_B)の状態に条件がある場合, 機能 f_A と機能 f_B の当該状態を辺で結ぶ. このとき, 機能 f_A のノードを子ノード, 機能 f_B のノードを親ノードと呼ぶ(図7).

(3) (1), (2)をすべての機能に対して繰り返す(図8).

エアコンの家電木の例を図9に示す. 提案システムではノードと辺(親子関係)のデータを状態リストと木データの2つのデータ構造で実現する. 状態リストは家電の種類名, 機能名, 状態名の3項組で定義され, 家電の機能が取る状態を保持したデータである(表1). 木データは家電の種類, 機能, 親機能,



図6 家電木作成法1

(TVの電源機能とチャンネル機能のノード)

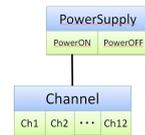


図7 家電木作成法2

(TVの電源機能とチャンネル機能のノードの親子関係)

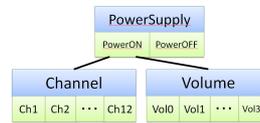


図8 TVの家電木の例



図9 エアコンの家電木の例

状態の条件の4項組で定義され, 機能同士とその状態の関係を表すデータである(表2). 制約2に対しては, 木構造を表すデータだけでなく禁止条件のデータを用いて, 家電の機能の取りうる状態の条件を付け加える(表3). 禁止条件は家電の種類, 機能1, 状態1, 機能2, 状態2の5項組で定義され, 機能1の状態1と機能2の状態2は共存しないことを示すデータである. 禁止条件を守り家電木の部分木となる状態の集合ならば, 家電的制約を守った状態集合となる. 提案システムでは, 最終状態となりうる候補を家電木を用いて選択することで家電的制約を満たした最終状態を導出する.

表1 状態リスト

種類名	機能名	状態名
TV	PowerSupply	PowerON
TV	PowerSupply	PowerOFF
TV	Channel	Ch1
⋮	⋮	⋮

表2 木データ

種類	機能	親機能	状態の条件
TV	PowerSupply	root	null
TV	Channel	PowerSupply	PowerON
TV	Volume	PowerSupply	PowerON
⋮	⋮	⋮	⋮

表3 禁止条件

種類	機能1	状態1	機能2	状態2
Video	PowerSupply	PowerOFF	Tape	Play
Video	PowerSupply	PowerOFF	Tape	Rec
BD	PowerSupply	PowerOFF	BD	Play
BD	PowerSupply	PowerOFF	HDD	Play
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

以下から, 提案システムが持つ機能の実現法について述べる.

4.3 要求入力機能

本機能ではユーザからの家電利用要求と要求的制約の入力を受け取り, 家電利用要求と要求的制約をリクエストプールデータベースに格納する. 格納後, 最終状態決定機能に最終状態決定リクエストを出力する. 提案システムでは家電利用要求を一意に定めるために, ユーザの家電利用要求にユニークな要求番号を付与する. また要求的制約は同時に満たしたいものを判別するために数字を割り当て, 同じ要求番号内で同じ要求的制約の数字を持つものをひとつくりにする. 以下に要求入力機能の手順を示す. また, 表4に提案システムで用いるリクエストプールDBの例を示す.

Step1 各家電の機能ごとの目的状態, ユーザ名, 場所, 有効期限(年月日, 時刻), 要求的制約を家電利用要求として受け取る. また, 入力があった年月日, 時刻を取得する.

Step2 リクエストプールDBにアクセスして, 最も大きな要求番号を取得し, それをインクリメントした数をStep1で入力があった家電利用要求(Req)の要求番号(ReqNum)とする.

ReqNum=リクエストプール DB に存在するエントリの中で最大の要求番号 + 1

Step3 各家電の機能ごとに、Step1 で入力された家電利用要求 Req と入力の年月日、時刻と Step2 で取得した ReqNum、そして入力されたをキーに、リクエストプール DB に格納する。

Step4 最終状態導出機能に最終状態決定リクエストを出力。

4.4 最終状態導出機能

本機能では、最終状態決定リクエストを受け取りリクエストプール DB から有効期限内の要求リストを取得し最終状態を導出し出力する。最終状態導出機能は図 10 に示す機能とデータベースで構成される。次項で最終状態導出機能に必要な機能について述べる。最終状態決定機能で用いる状態遷移情報は、家電名、機能名、現状態、コマンド、次状態の 5 項組からなる。状態遷移情報の集合が格納される状態遷移情報 DB の一部の例を表 5 に示す。以下に最終状態導出機能の処理手順を示す。

表 5 状態遷移情報 DB

家電名	家電機能名	現状態	コマンド	次状態
AQUOS	PowerSupply	PowerON	Power	PowerOFF
AQUOS	PowerSupply	PowerOFF	Power	PowerON
AQUOS	Channel	Ch1	Ch2	Ch2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

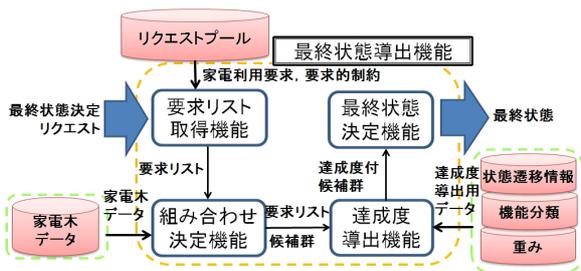


図 10 最終状態導出機能構成図

Step1 最終状態決定リクエストを入力として受け取ると、要求リスト取得機能はリクエストプールに存在する家電利用要求の有効期限と現時刻を比較し、有効期限内の家電利用要求を取得し要求リストとして出力する。

Step2 組み合わせ決定機能は Step1 で取得した要求リストを受け取り、要求リストから家電木データを用いて家電的制約を守った最終状態の候補群を作成する。

Step3 達成度導出機能は Step2 で作成した候補群を受け取り、候補状態 1 つずつに対して要求リスト内の家電利用要求の要求達成度を求めその和を候補状態の達成度とし、達成度付候補群を出力する。

Step4 最終状態決定機能は Step3 で取得した達成度付候補群から最も達成度の高い最終状態を決定し出力する。

以下から、最終状態決定機能に存在する組み合わせ決定機能と達成度導出機能について述べる。

4.4.1 組み合わせ決定機能

本機能は、要求リストを入力として受け取り家電的制約を守った最終状態の候補群を出力する機能である。要求リストを受け取り、以下のステップで最終状態の候補群を求める。ここで候補状態、候補群は以下のように定義される。

候補状態 $CS = \{PS | PS = \text{目的状態}\}$: 全家電、全機能に対する目的状態の集合。ただし、同一家電の同一機能に対する複数の異なる状態を指定した目的状態は含まないとする

候補群 $CSS = \{CS | CS = \text{候補状態}\}$: 要求リストから組み合わせで得られる候補状態の集合。

step1 要求リスト内の家電名、機能名ごとの目的状態を組み合わせさせて候補状態 CS を導出し、その集合である候補群 CSS を導出する。

step1-1 全家電名、機能名を対象に、家電名、機能名をキーとして要求リスト内の家電利用要求の目的状態を取得する。

step1-2 step1-1 で家電名、機能名ごとに取得した複数の目的状態を、家電名機能名ごとに 1 つずつ定め、最終状態の候補状態とする。

step1-3 step1-2 で定めた候補状態の集合を最終状態の候補群とする。

step2 step1 で導出した最終状態の候補群 CSS の中で、家電的制約を満たしていない候補状態 CS を除外する。

最終状態の候補群ごとに以下の step を行う。

step2-1 家電木データ DB を用いて家電的制約 1 を満たさない候補を候補群から削除する

step2-1-1 候補状態内の家電名、機能名、状態をキーに家電木データ DB から親以上の機能とその状態を取得する

step2-1-2 step2-1-1 で取得した、親以上の機能とその状態が候補状態内に存在するかチェックする

step2-1-3 step2-1-2 で候補状態内に存在しなければ、その候補状態を候補群から消去する。

step2-2 禁止条件 DB を用いて家電的制約 2 を満たさない候補状態を候補群から削除する

step2-2-1 候補状態内の家電名、機能名、状態をキーに禁止条件 DB から同時に満たせない機能と機能の状態を取得する

step2-2-2 step2-2-1 で取得した、同時に満たせない機能と機能の状態が候補状態内に存在しないかチェックする

step2-2-3 step2-2-2 で候補状態内に存在すれば、その候補状態を候補群から削除する。

4.4.2 達成度導出機能

本機能は、最終状態の候補群と要求リストを入力として受け取り、候補状態 1 つずつに対してそれぞれの家電利用要求の要求達成度を求めその達成度の和を出力する機能である。要求達成度を導出するにあたって提案システムでは、まず全家電の全機能の機能達成度を導出し、それらの集合である制約内達成度を導出する。制約内達成度を導出後、その和を算出し環境パラメータの重みを掛け要求達成度とする。以下から要求達成度導出の手順を示す。

提案システムでは機能達成度を求める際に状態遷移情報 DB を用いて、家電の持つ機能の二つの状態間の最小コマンド数を取得する。家電利用要求 Req に対する候補状態 CS の家電名 app、機能名 fun ごとの機能達成度を求める手順を以下に示す。

step1 家電名 app、機能名 fun をキーに機能分類と状態数を機能分類 DB から取得する。

step2 step1 で取得した機能分類が 2 値型の時、Req の app、fun に対する状態と CS の app、fun に対する状態が一致していれば機能達成度 1、不一致ならば機能達成度 0。step1 で取得

表 4 リクエストプールデータベース

要求番号	家電名	機能名	目的状態	要求的制約	ユーザ名	場所	入力年月日	入力時刻	期限年月日	期限時刻
30	AQUOS	PowerSupply	PowerON	2	UserA	家内	2012/12/4	9:12:47	2012/12/4	10:10:0
30	AQUOS	Channel	Ch5	2	UserA	家内	2012/12/4	9:12:47	2012/12/4	10:10:0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31	AQUOS	PowerSupply	PowerON	0	UserB	家内	2012/12/4	9:30:12	2012/12/4	11:0:0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

した機能分類が数値型の時、以下の手順を行う。

step2-1 Req の app, fun に対する状態と CS の app, fun に対する状態を取得する。

step2-2 状態遷移情報 DB から app, fun に対応する状態遷移情報を取得する。

step2-3 step2-2 で取得した状態遷移情報と step2-1 で取得した二つの状態から幅優先探索を用いて最短経路で遷移するコマンドの系列を求めそのコマンド数を取得する。

step2-4 step1 で取得した状態数と step2-3 で取得したコマンド数を式 (1) に代入して、機能達成度を導出する。

機能達成度を導出後、家電利用要求に含まれる要求的制約の数だけ以下の手順で制約内達成度を導出する。

step1 要求的制約内の家電、機能ごとの機能達成度を取得する。

step2 式 (2) に step1 で取得した各機能達成度を代入し制約内達成度を求める。

制約内達成度導出後、以下の手順で要求達成度を導出する。

step1 家電利用要求内の要求的制約ごとの制約内達成度を取得する。

step2 家電利用要求の環境パラメータから重みを計算する。

step3 式 (3) に step1 で取得した各制約内達成度と step2 で取得した環境パラメータの重みを代入し要求達成度を求める。

上記の手法で 1 つの候補に対する各家電利用要求に対する要求達成度を求め、その 1 つの候補に対する各家電利用要求に対する要求達成度の和を求める。その要求達成度の和がその候補の達成度とし、候補状態と達成度を出力する。

要求リストの i 番目の家電利用要求 X_i に対する候補状態 Y の要求達成度を $ff(X_i, Y)$ とすると、候補の達成度 $F(Y)$ は以下通り。

$$F(Y) = \sum_{i \in \text{要求リスト}} ff(X_i, Y)$$

4.5 状態管理機能

本機能は現在実行中の家電利用要求を管理する機能である。一定時間ごとにロックデータ DB 内の実行中の家電利用要求を取得し、その家電利用要求が有効期限を超えていたら最終状態決定機能にもう一度次の状態を決定するために最終状態決定リクエストを出力する。以下にその手順を示す。

step1 一定時間ごとにロックデータ DB 内の全要求番号を取得する。

step2 step1 で取得した要求番号ごとに要求番号をキーに、リクエストデータベースからその要求番号を持つ家電利用要求の有効期限を取得する

step3 step2 で取得した有効期限が現在の日時を超えていたら、最終状態決定機能に最終状態決定リクエストを出力する。

5. 検証実験

5.1 検証実験の目的

提案システムでは、達成度、家電木に基づき多くの要求を満たす家電状態を導出することで、複数のユーザが満足する家電利用要求競合の解消を図った。そのため、導出した最終状態は本当に複数のユーザが満足する状態なのかを検証する必要がある。提案システムの有効性を以下の点について検証する。また、本章では現状の HNS で用いられる直近優先制御を「直近優先法」、関連研究で用いられる優先度に基づく解消法を「静的優先法」と呼ぶ。

検証項目 複数の家電利用要求の入力に対する 3 つの競合解消法 (直近優先法, 静的優先法, 提案システム) の有効性
直近優先法, 静的優先法, 提案システムの 3 つの方法でそれぞれ競合解消を行なったときに、どの解消法で導出した最終状態が複数のユーザの意図に合うかどうか。

5.2 検証方法

様々な家電利用要求を複数のユーザが入力するシナリオを用意し、3 つの競合解消法それぞれで導出した最終状態を点数化してもらい比較する。

5.2.1 実験環境

複数人が住む個人住宅 (リビング, 寝室, キッチン) の 3 部屋を持つ) を想定し、家電利用要求競合の起こる対象の部屋はリビングの一部とする。また、今回対象とした家電は TV, BD レコーダー, ライト, エアコン, 扇風機の 5 つである。

本実験では静的優先法に用いる優先度はユーザに付与する。

手順 1 様々な家電利用要求を複数のユーザが入力するシナリオを用意する。シナリオごとに以下の手順 2,3 を行う。

手順 2 3 つの競合解消法 (直近優先法, 静的優先法, 提案システム) を利用した時の最終状態をそれぞれ導出する。

手順 3 総被験者 10 名にそれぞれの最終状態に対してシナリオ上の各ユーザの立場で 5 段階で評価してもらう。

5.2.2 家電利用シナリオ

本実験では、複数のユーザが複数の家電を利用するシナリオを 10 個用意した。シナリオ例を以下に示す。

(シナリオ例) あるユーザ A が宅内で暖房を利用するために家電利用要求 1 を入力, 5 分後に宅外にいる別のユーザ B が帰宅時に暖まるため家電利用要求 2 を入力, 10 分後に宅外にいる別のユーザ C が消し忘れを考慮して家中の家電の電源を消す家電利用要求 3 を入力。

5.3 検証結果と考察

5.3.1 検証実験の結果

様々な家電利用要求を複数のユーザが入力する 10 のシナリ

表 6 各シナリオの 3 つの競合解消法のそれぞれの最終状態に対する満足度の平均

解消法	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5	シナリオ 6	シナリオ 7	シナリオ 8	シナリオ 9	シナリオ 10	平均
直近優先法	3.07	2.38	2.67	2.86	2.48	3.43	2.32	3.67	3.43	2.86	2.96
静的優先法	4.29	2.38	2.67	3.0	2.81	3.43	2.32	3.76	3.24	2.46	3.04
提案手法	4.29	4.29	4.29	2.71	3.95	3.43	3.21	3.97	3.33	3.43	3.69

オにおいて、3 つの競合解消法のそれぞれの最終状態に対する総被験者 10 名の各ユーザの立場での評価 (満足度) の平均を表 6 に示す。また図 11 に各シナリオにおける 3 つの競合解消法の平均満足度のグラフを示す。

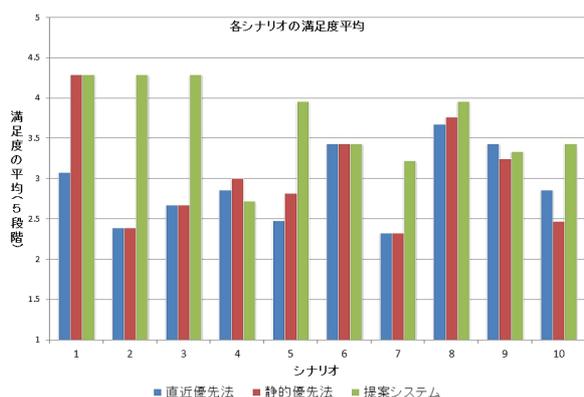


図 11 各シナリオの各競合解消法の満足度の平均

5.4 検証実験に対する考察

検証実験により、複数のユーザが複数の家電の利用する場面では 3 つの競合解消法 (直近優先法, 静的優先法, 提案システム) のうち提案システムがもっとも複数のユーザが満足する状態を導出できている場面が多いことが確認できた。

しかし、シナリオによって被験者の評価にばらつきが生じていることが確認できた。

提案システムが有効であるシナリオは 2,3,5,7,8,10 の 6 つである。これらのシナリオでは、1 つの家電に 3 つ以上の家電利用要求が入力されるケースであり、このケースでは達成度の高い最終状態を導出しているため直近優先法や静的優先法より提案システムの方が複数のユーザの満足度の高い状態の導出ができたと考えられ、達成度に基づく家電利用要求競合の解消が有効であると考えられる。

提案システムを用いても有効であるが直近優先法あるいは静的優先法と同等であるシナリオは 1,6 の 2 つである。シナリオ 1 は家電利用要求が 2 つの場合であり、2 つの場合は静的優先法と同様の結果となるため、満足度も同様となった。シナリオ 6 は、圧倒的な優先度を持つユーザの家電利用要求の入力が最後にあるシナリオであり、直近優先法、静的優先法と同様の結果となるため、満足度も同様となった。

これらの結果から提案システムは「2 つ以上の家電利用要求の競合が起こる家電利用シーン」で有効であり「3 つ以上の家電利用要求の競合が起こる家電利用シーン」では直近優先法、静的優先法と比べて特に有効であると言える。

提案システムが有効でないシナリオは 4,9 の 2 つである。シナリオ 4,9 では共通して、DVD を鑑賞する要求 (要求 A) の後

に TV あるいは BD レコーダーに別の要求が 2 つ (要求 B,C) 入力されるシナリオであった。このシナリオでは、提案システムは両機器において DVD を鑑賞する状態を導出したため、後から要求した 2 人 (要求 B,C を要求したユーザ) の立場での満足度評価が下がったと考えられる。これは要求的制約によって制約内達成度を 0 としたことが原因と考えられ、0 でなく段階的に下げることでより複数のユーザが満足する状態を導出できると考えられる。

6. おわりに

本研究では、達成度と家電木に基づく家電要求競合解消システムを提案した。

今後の課題として、環境的要因による競合に対する達成度の応用的な解消法が挙げられる。本稿で挙げた機器に対する家電利用要求の競合だけでなく、部屋や家あるいはもっと局所的な場所で別の機器を利用しているが相反する効果をもたらす家電利用要求が来ることが考えられ、本稿で上げた達成度や家電木の概念を利用して環境競合の解消を行えるかの考察やその実現が今後の課題として挙げられる。また、今回ユーザの要求的制約はユーザからの手入力取得した。しかしその分ユーザの手間が増加してしまうため自動化が望ましい。家電木は家電ごとの属性を表すデータだがそれらの組み合わせで要求的制約の自動化を測れるのではないかと筆者らは考えている。そのためには家電木、家電木の組み合わせの考察を行う必要がある。

文 献

- [1] 日立ホーム&ライフソリューション株式会社, “ホラソネットワーク”, <http://www.horaso.com>
- [2] 足田和久, 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)
- [3] 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, pp.507-520(2006)。
- [4] 出井彰記, 片山喜章, 高橋直久, 山本大介: “絶対時刻と相対時刻を考慮した目的家電状態推測システムについて”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2011 巻 2 号 25-37p
- [5] 入江耕太, 若村直弘, 梅田和昇: “ジェスチャ認識に基づくインテリジェントルームの構築”, 日本機械学会論文集 C 編, vol.73, no.725, pp.258-265(2007)。
- [6] 吉村 悠平, 井垣 宏, 中村 匡秀: “ホームネットワークシステムにおけるサービス競合の動的検出・解消システムの設計と実装”, 信学技報. IN, 情報ネットワーク 108(136), 35-40, 2008-07-10
- [7] 吉村 悠平, 池上 弘祐, 井垣 宏, 中村 匡秀: “ホームネットワークシステムにおける家電連携サービスのための競合解消方式の考察”, 信学技報. IN, 情報ネットワーク 108(458), 439-444, 2009-02-24