

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

小林 英嗣[†] 依田 育生[†]

我々は、状況に応じて、ホームネットワーク上にて利用可能な様々な機器や機能を連携してサービスを構築し、自動制御するサービス制御システム (Home Service Harmony) を開発している。本論文では、センサの情報やサービスが保持する情報といった、ホームネットワークから取得可能な様々なコンテキストを、サービス間を横断して利用することで、状況をより詳細に考慮して、複数のサービスを同時に連携制御可能にするサービス制御方式を提案する。また、提案制御方式では、ユーザがサービスに対して実際に行う操作をコンテキストとともに蓄積することで、制御内容の決定に反映させることができるため、ユーザの利便性と適応性に優れたサービス制御が実現できる。この提案制御方式に基づいて構築した、プロトタイプシステムを用いて評価実験を行い、ユーザの自らの操作によって、同じ状況において同じ操作を行うという生活シナリオを数回繰り返すことにより、その後のサービス制御を自動化できることを確認した。

A Service Control Method Using Contexts and Personal History over Home Network

EIJI KOBAYASHI[†] and IKUO YODA[†]

We have developed a home service control system, "Home Service Harmony" that structures home services by combining various information appliances and devices via home networks. It then automatically controls the services depending on each situation. In this paper we propose a service control method for Home Service Harmony that enables the client/user to manage many services at one time in various situations by sharing contexts across different services. This means that the proposed control method has high context scalability. Moreover, the main feature of our control method is to select the controls for each service in a given situation by applying Bayes's rule, based on the personal history accumulated when the user manages the services through actual use patterns or personal habits. Therefore, it is adaptable to many situations and enhances user friendliness. We built a prototype system using our control method and confirmed its feasibility for controlling services automatically, based on the personal history accumulated when the user actually managed the services using some scenarios prepared in advance. In this paper, we describe the results of an experimental evaluation of our prototype system and discuss the efficiency of our control method.

1. はじめに

近年、一般家庭においてもブロードバンド常時接続環境が整備され、PC や STB (Set Top Box) などを使って VOD (Video on demand) や TV 電話といったブロードバンドサービスを利用できるようになった。さらに現在では、家庭内機器 (AV 機器、白物家電) を含めた、様々な機器の多機能化やネットワーク化、センシング技術の発達にともない、家庭における情報化 (ホームネットワーク) も急速に進展しており、ホー

ムネットワークを利用した、ユビキタスサービス、コンテキストウェアサービスといった状況適応型サービスの提供も可能になりつつある^{1)~3)}。

しかし、現在提供されているホームネットワークサービスは、家庭内機器を携帯端末などから遠隔制御したり、各メーカーが提供する専用サイトから家庭内機器に情報をダウンロードしたりするというような、個々の機器制御やサービスに閉じたものにすぎず、ホームネットワークを単に家庭内機器と外部のサイトとの通信路としてのみ利用するものが多い。そのため、ユーザにとっては、新たにホームネットワークを構築して、大きな恩恵を受けられるようなキラーサービスとまでは至っていない。

[†] 日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所
NTT Cyber Solutions Laboratories, NTT Corporation

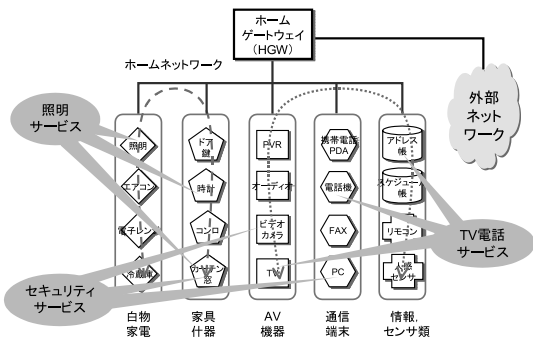


図1 ホームネットワークサービス
Fig. 1 Home network services.

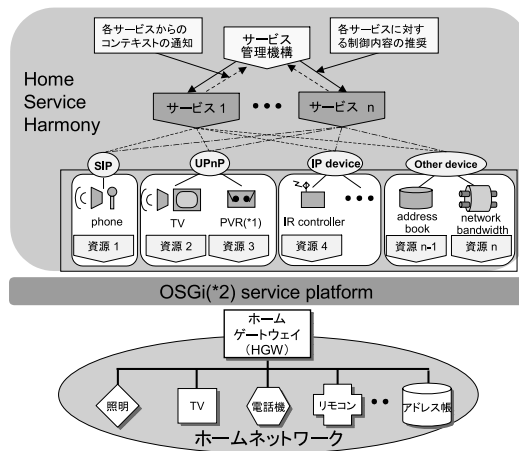
そこで、我々はホームネットワークの構築を促進し、家庭でのユーザの生活をより快適にするサービスの提供を目指し、状況に応じて、ホームネットワーク上で利用可能な様々な機器や機能を組み合わせてサービスを構築するシステム (Home Service Harmony) の開発を進めている^{4)~6)}。

1.1 Home Service Harmony

Home Service Harmony では、図1のように、HWG (Home Gateway) からの制御によって、ホームネットワーク上の様々な機器や機能を組み合わせて、ホームネットワークサービス (本論文において、このように提供されるホームネットワークサービスを単にサービスと呼ぶこととする) を提供するとともに、ホームネットワークから取得可能な様々な情報を利用して、サービスの再構築およびサービスに対する自動制御を実現する。

本論文では、HWG がネットワークを介して、リアルタイムに自動取得可能な、あらゆる情報の1つ1つをコンテキストと定義する。つまり、ある時点では、複数の種類のコンテキストが存在する。コンテキストの種類としては、ユーザに関する情報 (位置情報など)、環境に関する情報 (温度、照度など)、利用しているサービスに関する情報 (機器やネットワークの利用状況など) などがあげられ、センサや機器などから取得でき、ユーザや状況の特徴づける情報をコンテキストとして扱うことができる。また、コンテキストの値は、コンテキストの種類によって、連続値をとるものや、離散値をとるものがあり、コンテキストの利用方法に応じて、様々な粒度や表記を用いて扱うことができる。そして、ある種類のコンテキストの値の変化に応じて、サービスを再構築したり、サービスを自動制御したりするサービスをコンテキストウェアサービスと呼ぶこととする。

Home Service Harmony は、HWG 内で動作し、



(*)PVR: Personal Video Recorder
(*)OSGi: Open Services Gateways initiative

図2 Home Service Harmony アーキテクチャ
Fig. 2 Home Service Harmony architecture.

様々なコンテキストウェアサービスを提供するソフトウェアプラットフォームであり、図2に示すように構成されている。

- サービス管理機構: 各サービスが取得するコンテキストを収集し、収集したコンテキストから、各サービスの制御内容を決定し、各サービスに推奨する。
- サービス: 資源 (後述) を組み合わせてサービスを構築する。センサから取得したコンテキストや、保持する情報などのコンテキストをサービス管理機構に通知し、サービス管理機構から推奨された制御内容に基づき、サービス内容を自律的に変更する。
- 資源: サービスを構築するために必要となる個々の機器や端末、センサ、データベースなどと直接通信し、その機能を抽象化して表し、サービスに提供する。

サービス管理機構が収集するコンテキストの種類には、ユーザの位置情報、嗜好情報、スケジュール、時刻、天気、温度などの環境情報、およびサービスが保持する情報、機器やネットワークの利用状況などがある。また、サービス管理機構が決定するサービスの制御内容とは、サービスがユーザに対して提供可能なあらゆるサービスの提供方法であり、マルチメディア系サービスを例にすると、表示させるディスプレイなどの機器の選択、音量やチャンネル、ウィンドウサイズの変更というような、通常はユーザがリモコンやマウスなどを使って決定する内容を指している。

以下、本論文では、2章で従来提案されているコンテキストウェアサービスをホームネットワークに適

用する際の課題について述べ、3章ではユーザの操作履歴を用いたコンテキストウェアサービス制御方式を提案する。4章では提案制御方式を Home Service Harmony に適用したサービス制御システムのプロトタイプシステムと、これを用いた実験について述べる。さらに、プロトタイプシステムの評価から、提案制御方式の有効性を示す。そして、最後に5章で本論文をまとめる。

2. コンテキストウェアサービス

本章では、従来提案されているコンテキストウェアサービスの紹介を行い、ホームネットワークへの適用、およびユーザ指向なサービス制御の面からみた課題を考察する。

2.1 関連研究

既存のコンテキストウェアサービスに関する研究では、主に人やモノの位置をコンテキストとして扱い、それらに応じてサービスを提供し、サービスを自動制御するといったものが多い。Cooltown⁷⁾では、移動するユーザの位置情報を用い、その場所に関連した情報をユーザが所有している PDA に配信する情報提供サービスを提案している。また、Sentient computing system⁸⁾では、Bat という超音波無線タグと天井の超音波受信機を用いて、ユーザの位置に加え、コンピュータなどの通信機器をも含めたあらゆる機器の位置、状態を監視することで、デスクで作業中であるとか、電話中であるという状況を把握し、様々なサービスを実現しようとしている。さらに、家庭におけるコンテキストウェアサービスの研究として、Easy Living⁹⁾では、生活環境に存在する様々な入出力デバイスを統一的に扱えることを目的とし、カメラからの映像の画像解析を用いた、人やモノの位置や状況の推定により、知的生活環境を提供しようとしている。

最近では、ユーザに関してさらに詳細な状況や、温度、湿度といった環境に関する情報をコンテキストとして利用する研究も行われている。CASP¹⁰⁾では、ユーザとモノとの位置関係に基づいて、ユーザが行っていると想定される行動の候補を、携帯端末などに対して提示し、選定させることで、ユーザの行動に関する情報を取得して、サービスに活用している。

また、提供するサービスやサービスの制御内容を、よりユーザや状況に適応させるために、いくつかの状況を想定してサービスシナリオ(収集したコンテキストと、その場合のサービスの提供内容、制御内容の組合せ)を用意したり、コンテキストや制御内容に対してユーザごとの優先度を事前に設定したりすることで、

サービスシナリオをユーザカスタマイズするという検討も行われている。やわかいビデオ会議システム¹¹⁾では、QoS 要求として、動きの滑らかさ、画質、解像度などに対してユーザが優先度を設定することで、ユーザの要求やサービス利用環境の変化に応じて、機能や性能を自律的に変化させている。また、Kolberg らは複数のサービスを連携して制御する際に生じる、制御対象となる環境変数(温度、明るさ、音響)の競合を回避するために、ユーザが各サービスに対して固定的な優先度を設定し、優先度の高いサービスが環境変数をロックするというアプローチにより、複数サービス間のユーザ指向な連携制御を実現している^{12),13)}。

2.2 課題

前節で述べたように、従来提案されているコンテキストウェアサービスの多くは、単一サービスのみを制御対象としていたり、ある特徴的な情報のみを利用したりしているため、ユーザや状況を広範囲に考慮したもとはなっていない。さらに、制御や状況把握に利用するコンテキストの種類をサービス提供者があらかじめ特定してシステムを設計していたり、サービスシナリオをカスタマイズするために、ユーザによる明示的な優先度の設定やルール変更などを必要としたりしている。

今後、機器のネットワーク化が進み、図1に示したように、様々な機器や機能がサービス提供に利用可能となり、より多くのセンサなどからの情報をコンテキストとして取得できるようになること、さらには、ユーザが同時に複数のサービスを使用することを考えた場合、現在のコンテキストウェアサービス制御システムには、以下のような課題があげられる。

2.2.1 コンテキストやサービス制御内容の拡張性が乏しい

従来提案されているコンテキストウェアサービスでは、サービス制御に利用するコンテキストの種類や制御対象とする機器の制御内容を特定してシステムが設計されている。そのため、ユーザが新たに導入したセンサによって取得可能となったコンテキストをサービス制御に追加することや、あるサービスが取得しているコンテキストを別のサービスの制御へ利用することを容易に行うことはできない。また、新たな機器を導入したことに対応して、サービスの制御内容を増やすというように、ユーザのサービス利用環境に合わせて、サービス提供者があらかじめ想定していないコンテキストや制御内容に対して、柔軟に拡張させることは難しい。

2.2.2 面倒な初期設定や複雑なルール変更が必要ある状況に対して必要とするサービスの制御内容は、ユーザごとに異なると考えられるが、従来提案されているコンテキストウェアサービスでは、サービス提供者がある程度、サービスシナリオを特定しているため、ユーザごとの詳細な要求を反映させるには、ユーザごとに異なるサービスシナリオを記述する必要がある。また、単一のサービスシナリオでも各ユーザに適応したサービス制御を行うことができるように、制御に利用するコンテキストやサービスの制御内容の優先度などをユーザごとに設定する場合には、今後、利用可能となるコンテキストや制御内容が、ホームネットワークの拡張とともに増加していくことを想定すると、増加分に対してユーザが優先度などを追加設定したり、制御ルールを変更したりしていくことになり、現実的なアプローチとはいえない。そのため、ユーザごとのカスタマイズは容易ではない。

2.2.3 他のサービスの制御内容を考慮した複数サービスの連携制御ができない

複数のサービスを連携制御することを考慮した場合、あるサービスの制御内容に応じて、他のサービスに対する、さらなる制御が必要となる場合が考えられる。たとえば、テレビの音量を上げたことによって、音が漏れないように窓やドア、カーテンを閉めたり、電子レンジを使ったことによって、ブレーカが落ちないように他の機器を停止したりするような連携制御である。このような連携制御を実現するためには、他のサービスの制御内容に関連する情報についてもコンテキストとして利用することが必要となる。しかし、制御内容に関連するコンテキストを入力として用いると、制御を行ったことによるコンテキストの変化により、再び制御が行われる場合があるため、特に複数のサービスを連携制御する場合には、相互に制御し合ってループに陥ってしまう恐れがある。そもそも、従来提案されているコンテキストウェアサービスの多くは、異なる複数のサービスを同時に制御することを前提としていない。

上述したような課題から、ホームネットワークにおいて、よりユーザ指向なサービス制御を実現するために、以下のような要求条件があげられる。

- (1) コンテキストやサービス制御内容に対する拡張性
- (2) 面倒な初期設定や複雑なルール変更を必要としないユーザカスタマイズ
- (3) サービスの制御内容に関連するコンテキストまで考慮した複数サービスの連携制御

そこで本論文では、上述したような課題を解決し、Home Service Harmonyにおけるサービス管理機構に適用可能なサービス制御方式を提案する。

3. ユーザ操作履歴を用いたコンテキストウェアサービス制御方式

本章では、ユーザの操作履歴を用いたコンテキストウェアサービス制御方式を提案し、提案制御方式のHome Service Harmonyへの応用について述べる。

本論文では、事前のサービスシナリオに関する設定をすることなく、かつ、サービス制御に利用するコンテキストをあらかじめ特定せず、制御対象とするサービスに直接的に関連しないコンテキストまでもサービス制御に利用することを目的としている。

そのため、ユーザが実際にサービスに対して行った操作（サービス操作履歴）をコンテキストとともに蓄積していき、ある状況（ある種類のコンテキストの値の変化）が発生したときに、ユーザが、これまでにそのような状況において行ってきた操作を推定して自動制御を実行するようにする。つまり、ユーザが自らサービスを制御したときや、自動制御に対して、ユーザがそれとは異なる制御を明示的に行った場合に、ユーザが実際に選択した操作（制御内容）と、その状況においてシステムが収集しているコンテキストとを対応付けて記憶していく。記憶がある程度、蓄積されると、現在の状況においてシステムが収集しているコンテキストと、過去に蓄積したコンテキストを比較することによって、ユーザが、過去に似たような状況で、最も多く行った操作を、ある確率をもって自動制御すべき制御内容であると推定できる。提案するユーザ操作履歴を用いたコンテキストウェアサービス制御方式における、サービスに対する制御内容の推奨やユーザの操作履歴の蓄積に関するシーケンス図を図3に示す。

また、記憶の蓄積量が少ないなどの理由で、制御内容を推定することができない場合には、自動制御を行わず、そのまま何も行わない、もしくはユーザに問いかけるなどして、実行すべき制御内容を選択させる。

このようにユーザが通常、自ら行う操作に基づいてシステムのカスタマイズや制御ルールの自動設定を行うことが可能となるため、優先度などの複雑な設定を必要とせず、ユーザの負担を少なくすることができる。

3.1 ベイズ推定法を用いたサービス制御方式

利用するコンテキストの種類やサービスの制御内容をあらかじめ特定せずに済むように、データマイニング手法の中で、不特定多数のデータ入力に有効とされるベイズ推定法を用いた制御内容推定方式を検討する。

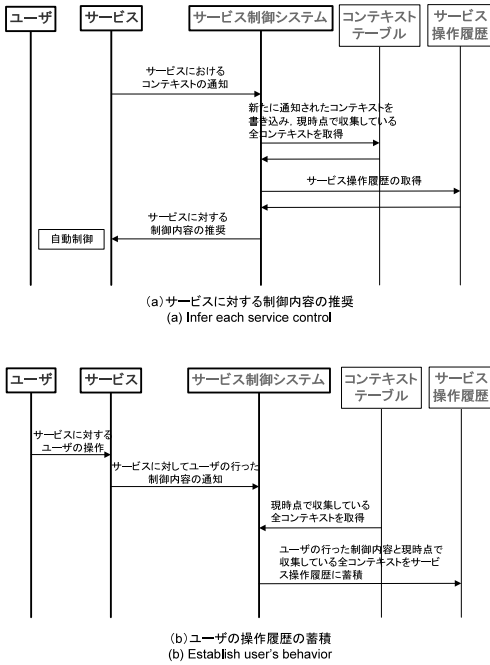


図 3 提案制御方式におけるサービスの制御内容の推奨とユーザ操作履歴の蓄積に関するシーケンス

Fig. 3 Sequence of inferring service controls and establishing user's behavior in the proposed service control method.

ベイズの公式は式 (1) のように表される .

$$P(X | Y) = \frac{P(Y | X)P(X)}{P(Y)} \quad (1)$$

ベイズの公式を用いることで過去の事象に基づいた条件付き確率計算により未来の事象を推定することができる . ベイズ推定法を用いた意思決定法は文書の分類法やスパムメールフィルタとして広く活用されており , 最近ではユーザの状況を推定する研究などにも利用されている^{14)~17)} . ベイズ推定法を用いた意思決定法の特長として , 以下のことがあげられる .

- ユーザの行動に基づいたルール生成が可能であるため , ユーザごとに異なったルールを容易に生成できる .
- アルゴリズムが単純であり , かつ非常に高精度な推定が可能である .

そして , サービスが実現可能とする制御内容を $\{type_i; type_1, type_2, \dots, type_p\}$, ユーザがサービスに対して制御を必要とする状況を $\{scene_j; scene_1, scene_2, \dots, scene_q\}$ とすると , $scene_j$ においてユーザがサービスに対して期待する制御内容は , 事後確率 $P(type_i | scene_j)$ を最大化するような制御内容 ($type^*$) として , 以下のように表すことができる .

$$type^* = \arg \max P(type_i | scene_j) \quad (2)$$

また , ある状況 $scene_j$ においてシステムが収集した様々な種類のコンテキストの値を $\{context_r; context_1, context_2, \dots, context_k\}$ とすると , 事後確率は ,

$$P(type_i | scene_j) = P(type_i | \{context_r\}) \quad (3)$$

と表すことができ , ベイズの公式である式 (1) を用いることで , 式 (3) は ,

$$P(type_i | scene_j) = \frac{P(\{context_r\} | type_i)P(type_i)}{P(\{context_r\})} \quad (4)$$

となる . さらに , $P(\{context_r\})$ はすべての制御内容 $type_i$ に共通な要素となるため , 式 (2) は , 式 (4) により , 以下のように表すことができる .

$$type^* = \arg \max P(type_i | scene_j) = \arg \max P(type_i) \prod_{k=1}^r P(context_k | type_i) \quad (5)$$

つまり , ある状況 $scene_j$ においてシステムが収集したコンテキスト $\{context_r\}$ に対して , 過去に蓄積されたサービスの各制御内容 $type_i$ に対する各コンテキストの出現回数を用いて , 式 (4) により , 各制御内容に対する推定確率値 (以下 , 本論文では , 各制御内容に対する事後確率 $P(type_i | scene_j)$ の値を推定確率値と呼ぶこととする) を計算し , それらの推定確率値を比較することで , 最も高い推定確率値となる制御内容を , その状況においてユーザにとって最適であるサービスの制御内容 $type^*$ として定量的に推定することができる .

そして , $type^*$ の推定確率値 (つまり $scene_j$ において最も高い推定確率値) が , ある閾値よりも高い場合には , $type^*$ の制御内容に基づいてサービスを自動制御する . また , $type^*$ の推定確率値が , ある閾値よりも低い場合には , 「制御内容を推定することができない」と判断して , サービスの自動制御は実行せず , 実行すべき制御内容をユーザに問い合わせたり , 式 (4) により計算された , 各制御内容に対する推定確率値の高い順に制御内容を並べて , ユーザに選択させたりするなどする . このような , サービスに対して , $type^*$ の制御内容に基づいた自動制御を実行するかどうかを判断する閾値を推定確率閾値と呼ぶこととする . この推定確率閾値は , 固定値としたり , ユーザや使用状況に応じて変化させることなどが考えられる .

3.2 コンテキストの離散表記

提案制御方式では , 式 (5) で表されるように , コンテキストの出現頻度に基づいてサービスの制御内容を

推定する．そのため、すべてのコンテキストを適切な粒度や種類に分類して離散的に表記する必要がある．以下、本論文では、コンテキストの元データから離散的に表記したコンテキストを「離散コンテキスト」と呼ぶこととし [コンテキストの種類 (コンテキストの値)] というように表記する．そして、離散コンテキストを用いることで、「ある状況」を離散コンテキストの集合として表すこととする．離散コンテキストの例と「ある状況」を表す離散コンテキストの集合の例を以下に示す．

- 離散コンテキストの例：
 - － [時間帯 (朝)] [時間帯 (昼)] [時間帯 (夜)] [時間帯 (深夜)]
 - － [天気 (晴れ)] [天気 (曇り)] [天気 (雨)] , [天気 (雪)]
 - － [部屋にいる人数 (0 人)] [部屋にいる人数 (1 人)] [部屋にいる人数 (複数人)]
 - － [電話の発信相手 (友人)] [電話の発信相手 (仕事関係)] [電話の発信相手 (非通知)]
- 「ある状況」において収集される離散コンテキストの集合の例：
 - － 「太郎は、お昼にリビングルームで父と一緒にテレビで映画を見ている．外は明るく、室温は 25 度である」
 - ： [時間帯 (昼)] [天気 (晴れ)] [外の明るさ (明るい)] [部屋 (リビングルーム)] [部屋にいる人数 (複数人)] [コンテンツ (映画)] [室温 (心地良い)]
 - － 「花子は PM11 : 00 に彼女の部屋にひとりで、彼女の友達と電話をしている．外は暗く、室温は 15 度である」
 - ： [時間帯 (夜)] [天気 (晴れ)] [外の明るさ (暗い)] [部屋 (花子の部屋)] [部屋にいる人数 (1 人)] [発信相手 (友達)] [室温 (涼しい)]

3.3 サービスの制御内容のモデル化

提案制御方式では、サービスが実行可能とする制御内容 $type_i$ の中から、その状況において最適である制御内容と推定される $type^*$ を、式 (5) により確率推定して決定することで制御を行う．そのため、サービスの制御内容もまた、離散的に表記する必要がある、各サービスが制御可能な要素の組合せによりモデル化する．たとえば、ビデオサービスの制御内容について考えた場合、以下のような制御要素を用いて、制御内容をモデル化することができる．また、モデル化されたサービスの制御内容を

$$type_i = \langle \{run_a\} * \{mode_b\} * \{device_c\} * \{link_d\} * \{quality_e\} \rangle$$

というように表記する．

- ビデオサービスの制御要素の例：
 - － 実行可否 $\{run_a\}$: サービスの実行可否を定める．
 - － 提供形態 $\{mode_b\}$: サービスの実行形態 (映像利用, 音声利用) などを定める．
 - － 提供手段 $\{device_c\}$: サービスの提供に利用するデバイスを定める．
 - － 通信手段 $\{link_d\}$: サービスの提供に利用する通信手段を定める．
 - － 提供品質 $\{quality_e\}$: サービスの品質を決定する使用帯域やフレームレートなどを定める．
- ビデオサービスの制御内容の例：
 - － ユーザが選択したコンテンツを無線 LAN 経由で、TV のモニタとスピーカを利用して、高品質な映像と音声で再生する．
 - ： $\langle run (再生) * mode (映像&音声) * device (TV) * link (無線 LAN) * quality (高品質) \rangle$

3.4 ユーザ操作履歴の蓄積

ユーザがサービスに対して自ら操作を行うときや、式 (5) により推定された制御内容に基づいた自動制御に対して、ユーザがそれとは異なる制御を明示的に行うとき、さらには、 $type^*$ を決定する際に式 (4) により導出した $type^*$ の推定確率値が、推定確率閾値より低く、制御内容を推定できずにユーザに問いかけるなどして、ユーザがサービスの実行すべき制御内容を選択したときなど、ユーザが実際に操作 (選択) した制御内容に対して、その状況においてシステムが収集している各離散コンテキストの出現回数を増加させることで、ユーザの操作履歴を蓄積する．そして、新たに離散コンテキストの集合を収集するたびに、これまで累積された各離散コンテキストの出現回数を用いて、各制御内容に対する推定確率値を計算し、最も推定確率値が高くなる制御内容を推定する．このように制御内容を推定することで、収集された離散コンテキストに応じて、ユーザが実際に行った操作 (選択) を反映して制御内容を推定することができる．

3.5 複数サービスの連携制御

提案制御方式を利用し、センサなどから取得可能な離散コンテキストや、各サービスが保持する離散コンテキストといった、ホームネットワーク上のあらゆる離散コンテキストを、複数のサービス間で一括して用いて、各サービスの制御内容を同時に決定する．これ

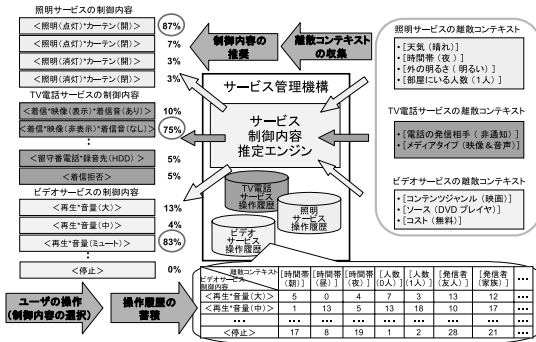


図 4 提案制御方式を適用したサービス管理機構における複数サービスの連携制御
Fig. 4 Coordinate multiple services by the service manager adopted the proposed service control method.

により、複数のサービスを同時に連携制御することができ、あるサービスの制御内容の推定には、そのサービス自体はまったく関知していない他のサービスの離散コンテキストも考慮することが可能となる。

提案制御方式を Home Service Harmony におけるサービス管理機構に適用した複数サービスの連携制御の概略図を図 4 に示す。

3.5.1 制御内容に関連したコンテキストの利用

サービスの制御内容に応じて、他のサービスを連携制御するために、表 1 に示すようなサービスの制御内容に関連する情報についても離散コンテキストとしてサービス管理機構に通知した場合、制御内容に関連するコンテキストは、ユーザの自らの操作やサービス管理機構による自動制御にともなって変化し、再度、サービス管理機構に通知されることになるため、以下のような問題を引き起こす可能性がある。

- ユーザが自ら行った操作により、制御内容に関するコンテキストが変化し、再度、ユーザの操作に反した自動制御が実行されるなど、不自然な制御が行われる場合がある。
- ユーザの操作履歴の蓄積が不十分なときなど、ビデオサービスが制御されることで変化した音量の大きさに応じて、照明サービスが制御され、さらに照明機器の状態の変化に応じて、ビデオサービスが制御される、というように複数サービス間での制御内容に関連するコンテキストの変化により、実行される制御がループに陥る場合がある。
- ユーザの操作履歴を蓄積する際、制御内容に関連するコンテキストがサービス管理機構に通知された後に、ユーザの行った制御内容が通知されると、操作前の状況においてユーザが行った操作を、操作後の状況を表す離散コンテキスト群と関連付

表 1 サービスの制御内容に関連するコンテキスト
Table 1 Contexts related to service controls.

サービスの種類	サービスの制御内容に関連するコンテキストの種類
ビデオサービス	音量の大きさ、ウィンドウサイズ表示するディスプレイ利用するスピーカ
TV 電話サービス	通話中か否か、利用する電話機表示するディスプレイ
照明サービス	部屋の明るさ、消費電力量照明機器の状態

けてしまい、誤った操作履歴が蓄積される場合がある。

そのため、上記の問題を回避するために、図 3 のシーケンスを改良し、図 5 に示すように、サービスの制御内容の推奨先の限定やサービスの制御内容に関連するコンテキストの通知手順を規定したサービス管理機構を提案する。改良したアルゴリズムに基づくサービス管理機構では、サービスから通知される離散コンテキストを、以下の 2 種類に分類して扱う。

- サービスの制御内容に関連する離散コンテキスト
- サービスの制御内容に関連しない離散コンテキスト

そして、サービスが離散コンテキストを通知する際には、上記の分類に加え、操作元(ユーザが自ら行った操作あるいはサービス管理機構による自動制御)を付与して通知する。サービス管理機構においては、ユーザが自ら行った操作により、サービスの制御内容に関連する離散コンテキストが通知された場合には、それを通知したサービスには制御内容の推奨を行わない。また、同一サービスに対して制御内容を推奨する回数を制限する。これにより、ユーザにとって不自然な制御が行われることや複数サービス間で実行される制御がループに陥ることを防ぐ。また、サービスが制御内容に関連する離散コンテキストを通知する際、ユーザが行った制御内容をサービス管理機構に通知した後に、制御内容に関連する離散コンテキストを通知する。これにより、ユーザの操作が制御後の状況と関連付けられてしまうことを防ぐ。

3.6 コンテキストと制御内容における拡張性

3.4 節で述べたように、提案制御方式におけるユーザ操作履歴の蓄積方法では、サービスの制御内容に対する離散コンテキストの出現回数を、ユーザの操作履歴として蓄積するため、コンテキストの意味の定義や数値化を行う必要がない。そのため、新たなコンテキストを追加利用する場合には、コンテキストを離散コンテキストとして表記し、それをサービス管理機構に

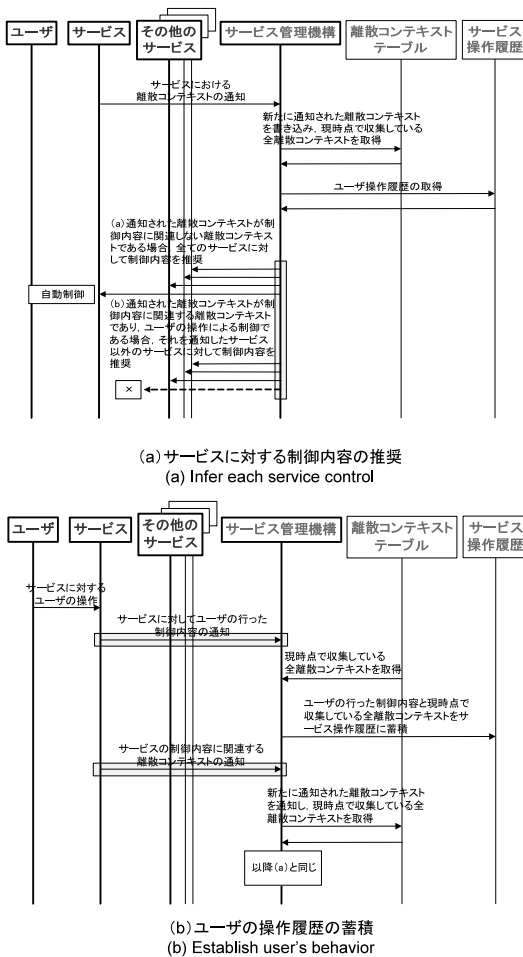


図 5 改良したアルゴリズムによるサービス管理機構におけるシーケンス

Fig. 5 Sequence of the service manager based on improved algorithms.

通知するだけでよく、サービス管理機構では、新たな離散コンテキストの出現回数をサービスの各制御内容に追加することで対応できる。また、新たなサービスの制御内容を追加利用する場合も、その制御内容に対して各離散コンテキストの出現回数を新たに蓄積していくだけで対応できる。

つまり、提案制御方式は、利用するコンテキストやサービスの制御内容に対する拡張性が高いといえることができる。

ここで、本論文で提案するユーザ操作履歴を用いたコンテキストウェアサービス制御方式に関する特長を、2章であげた要求条件と対応付けて、まとめる。

(1) コンテキストやサービス制御内容に対する拡張性

- コンテキストの出現頻度を用いて各サー

スの制御内容を決定するため、コンテキストの意味の定義や数値化を行う必要がない。

- 制御内容の決定アルゴリズムを変更することなく、新たなコンテキストや制御内容を容易に追加利用できる。
- (2) 面倒な初期設定や複雑なルール変更を必要としないユーザカスタマイズ
- ユーザ（操作者）が誰か特定できる場合には、各サービスの制御ルールをユーザごとに自動作成できる。
 - ユーザが各サービスに対して行った操作に基づいて、各サービスの制御ルールを自動的に作成できる。
 - 過去にユーザが操作していない状況においても、ユーザ操作履歴に基づいて、各サービスに対して最も確からしい制御内容を決定できる。

(3) サービスの制御内容に関連するコンテキストを考慮した複数サービスの連携制御

- 制御によって変化するコンテキストを、サービスの制御に利用しても、問題を発生させることなく、複数のサービスを連携制御できる。

4. 評価実験

本章では、3章で述べた提案制御方式を適用したサービス管理機構のプロトタイプシステムの実装と評価について述べる。プロトタイプシステムの概要と想定した生活シナリオについて説明し、ユーザの操作履歴に対して蓄積された離散コンテキストに関する評価とその考察について述べる。

4.1 プロトタイプシステムの概要

提案制御方式は、特定のサービスや特定のコンテキストのみを対象とするのではなく、ユーザがダウンロードして利用する新しいサービスや、後から追加するセンサや機器により利用可能となるコンテキストや制御内容までを考慮した、高い拡張性を特長としている。そこで、HGW における、その実装においては、図 2 に示した各モジュールを、ダウンロードベースで他のモジュールを実行させたまま追加、削除することが可能である OSGi¹⁸⁾ をプラットフォームとして、Java (J2SE 1.4) を用いて構築した。HGW のほか、ホームネットワーク上に、照明、電動カーテン、テレビ、電話、温度・照度センサなどを接続したプロトタイプシステム全体の写真を図 6 に示す。

プロトタイプシステムでは、表 2 のような制御内容

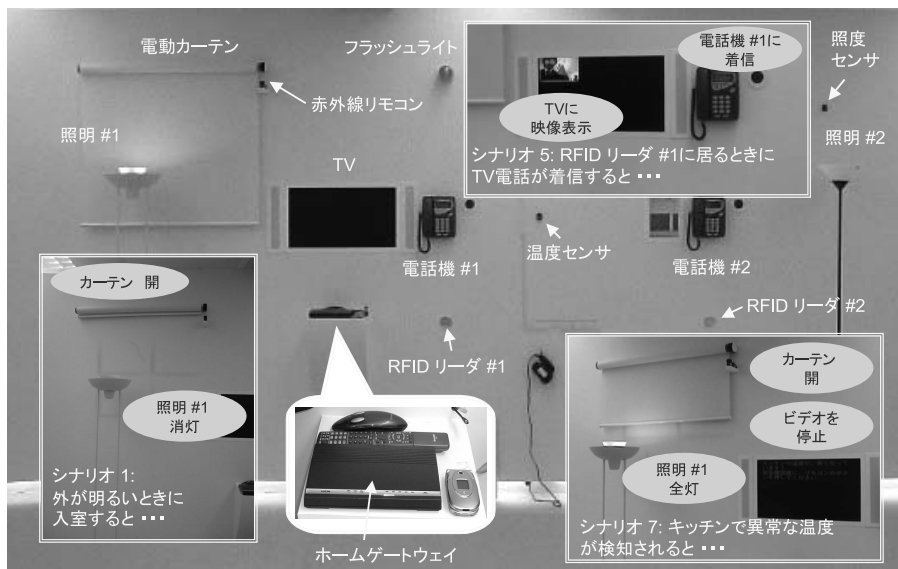


図 6 Home Service Harmony プロトタイプシステムと実現したシナリオ例

Fig. 6 Home Service Harmony prototype system and scenarios realized by the system.

表 2 実装したサービスとその制御内容

Table 2 Services and control types.

サービスの種類	サービスの概要	制御内容
ビデオサービス	コンテンツの再生/一時停止/停止, 音量の大/中/小を決定して, 選択されたコンテンツを表示するサービス	<ビデオ (再生/一時停止/停止) * 音量 (大/中/ミュート)> 選択可能な制御内容の総数: 5
TV 電話サービス	TV 電話着信時に, TV に映像あり/なし, 着信メッセージ表示あり/なし, 電話機のベル音あり/なしを決定して TV 電話を着信させるサービス	<映像 (表示/非表示) * メッセージ (表示/非表示) * 着信音 (あり/なし)> 選択可能な制御内容の総数: 8
照明サービス	全灯/消灯/シアタモードと調光できる照明器具と, 開閉できる電動カーテンを連携させて部屋の明るさを調整するサービス	<照明 (全灯/消灯/シアタ) * カーテン (開/閉)> 選択可能な制御内容の総数: 6

を有するサービスを実装した。

そして, 各サービスは機器やセンサからコンテキストを取得し, 表 3 のような離散コンテキストをサービス管理機構に通知する。

また, 今回, 構築したサービス管理機構は, 図 5 に示した, 改良したアルゴリズムによって実装されており, 制御内容に関連する離散コンテキストを含め, 通知されるすべての離散コンテキストを用いて, ユーザ操作履歴の蓄積を行い, 複数のサービスを同時に連携制御する。

4.2 実験方法

構築したプロトタイプシステムに対して, 通常の使用で想定される, 以下の生活シナリオに沿って, 実際にユーザが自ら操作 (および制御内容の選択) を行い, サービスを明示的に制御していくことで, ユーザの操

作履歴を蓄積させた。

- 生活シナリオ 1: ユーザが入室時に, 外が明るい (天気が良い) ときは, 照明は消灯し, カーテンを開けて, 室内を明るくする。
- 生活シナリオ 2: その後, 外が暗くなってきたときは, 照明を全灯し, カーテンを閉める。
- 生活シナリオ 3: ビデオで映画を見る。大音量で再生し, 照明はシアタモードにする。
- 生活シナリオ 4: 次に, アニメを見る。中音量で再生し, 照明は全灯させて, 室内を明るくする。
- 生活シナリオ 5: 再び, 映画を見る。大音量で再生し, 照明はシアタモードにする。ユーザが映画を見ている最中に, 発信者が家族である TV 電話が着信する。ユーザは映画の音量をミュートし, ユーザの近くの電話機のベルを鳴らす。さらに,

表 3 サービス管理機構に通知される離散コンテキスト
Table 3 Discrete contexts notified the service manager.

離散コンテキストの分類	コンテキストの種類	離散コンテキスト
制御内容に関連しない離散コンテキスト	外の明るさ	[外の明るさ(明るい)][外の明るさ(普通)][外の明るさ(暗い)]
	キッチンの温度	[温度(通常)][温度(異常)]
	部屋にいる人数	[ユーザ数(0人)][ユーザ数(1人)]
	コンテンツジャンル 電話の発信相手	[コンテンツ(映画)][コンテンツ(アニメ)] [発信相手(家族)][発信相手(非通知)]
制御内容に関連する離散コンテキスト	照明器具の状態	[照明(全灯)][照明(消灯)][照明(シアタ)]
	カーテンの開閉状態	[カーテン(開)][カーテン(閉)]
	ビデオの状態	[ビデオ(再生)][ビデオ(一時停止)][ビデオ(停止)]
	ビデオの音量	[音量(大)][音量(中)][音量(ミュート)]

TV に TV 電話の映像を表示して、ユーザに知らせる。

- 生活シナリオ 6: 次に、ユーザが映画を見ている最中に、発信者が非通知である TV 電話が着信する。ユーザは映画の音量はそのまま、「非通知者からの TV 電話です」というメッセージのみを表示して、ユーザに知らせる。
- 生活シナリオ 7: その後、ユーザが映画を見ている最中に、キッチンで異常な温度が検知された(火災発生を想定)とき、ビデオの再生を停止し、照明を全灯し、カーテンを開けて逃げ道をつくる。

実験は、以下のような手順で行い、生活シナリオ 1 から生活シナリオ 7 までの作業を 1 周として、繰り返して行った。また、今回の実験ではサービス管理機構により、各サービスの制御内容を決定する際に、式 (4) により計算される各制御内容の推定確率値は、0.0 から 1.0 までの値として導出した。そして、サービス管理機構における推定確率閾値は固定値とし、経験的に 0.8 として設定した。

- (1) 生活シナリオに応じて、各サービスからサービス管理機構に離散コンテキストを通知する。
- (2) サービス管理機構から推奨された制御内容に基づいて、その推定確率値が推定確率閾値を超えた場合には、各サービスを自動制御する(推定確率閾値を超えていない場合や以前と同じ制御内容が推奨された場合には自動制御しない)。
- (3) (2) で行われた制御(あるいは以前の制御内容の継続)が、ユーザが想定した制御内容でない場合は、リモコンなどを使って、サービスに対して再制御(あるいは自ら制御)し、想定した制御内容である場合は、ユーザは何もしない。

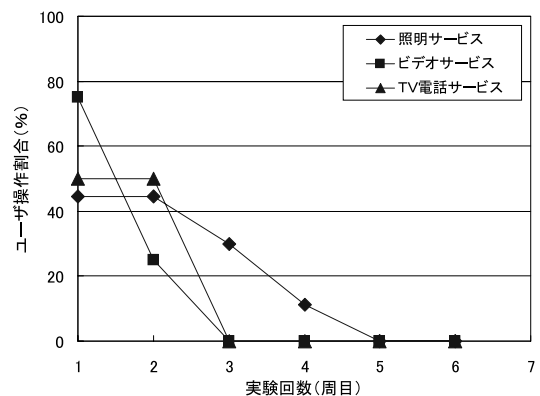


図 7 実験回数において各サービスに対してユーザが行った操作割合
Fig. 7 User control times for services in each experiment.

4.3 評価・考察

4.3.1 動作結果

実験を 1 周行う際に、生活シナリオ 1 から生活シナリオ 7 において、自動制御がまったく行われないと仮定した場合にユーザが各サービスに対して実施すべき操作回数に対して、実際にユーザの操作が必要であった回数の割合を図 7 に示す。

図 7 を見て分かるように、実験 1 周目の時点で、ユーザがまだ操作したことがない初めての生活シナリオに対しても、前半の生活シナリオで蓄積されたユーザの操作履歴に基づいて、後半の生活シナリオで想定どおりの制御内容が推定され、ユーザの操作を必要としなかった場合があることが分かる。さらに、実験 5 周目以降は、すべての生活シナリオにおいて、各サービスに対して、想定した自動制御が行われたため、ユーザの操作をまったく必要としなくなった。また、ビデオコンテンツのジャンルのような、普通は照明サービスに直接的に関係ないとされるようなコンテキストに応じて、照明サービスが自動制御されていることを確認

した（生活シナリオ 3, 4）。

今回、構築したプロトタイプシステムでは、各サービスにおけるサービスシナリオは事前にいっさい設定していない。ユーザが各サービスに対して、実際にリモコンなどで操作をして、普通にサービスを制御することを繰り返し行っていくことで、ある時点から、状況に応じて、サービス管理機構から推奨される制御内容に基づいてサービスが自動制御され、あたかもサービスシナリオがあるかのように、生活シナリオを形成できることを確認した。

また、機器やセンサから取得できる様々なコンテキストを離散コンテキストとして表記し、サービスの制御内容を離散的にモデル化することで、利用する機器やセンサの種類や制御するサービスによって、制御内容を決定するアルゴリズムを追加・変更することなく、生活シナリオに応じて、各サービスの制御内容を推定し、自動制御することができたことより、サービス管理機構の高い拡張性を示すことができた。

今回の評価実験において、5 周という比較的少ない実験回数で、想定した生活シナリオを実現できた要因としては、離散コンテキストの種類が少なく、意図的に、コンテキストの値が独立事象で変化するものを離散コンテキストとして利用していることや、すべての生活シナリオで離散コンテキストの集合が異なっており、さらに、各生活シナリオにおいて離散コンテキストの集合がつねに同じであるため、各生活シナリオが明確に区別できていることなどが考えられる。

4.3.2 性能評価

生活シナリオ 3 において、TV に映画が表示されてから、照明がシアタモードに自動制御されるまでの時間は 1.75 秒（10 回平均）であり、家電機器を自動制御するには十分な応答時間であるといえる。また、この自動制御が実行されるまでに要した時間の内訳は、以下ようになる。

- ユーザのリモコン操作により、コンテンツが選択され、ビデオサービスからサービス管理機構への離散コンテキストの通知における処理時間
- ビデオサービスから離散コンテキストの通知後、サービス管理機構での待機時間（1.0 秒）
- サービス管理機構における照明サービスに対する制御内容の推定に関する処理時間（図 8）
- サービス管理機構から推奨された制御内容に基づいて、照明サービスが照明機器をシアタモードに切り替える処理時間

上記のように、今回、実装したサービス管理機構では、サービスから離散コンテキストの通知を受けてか

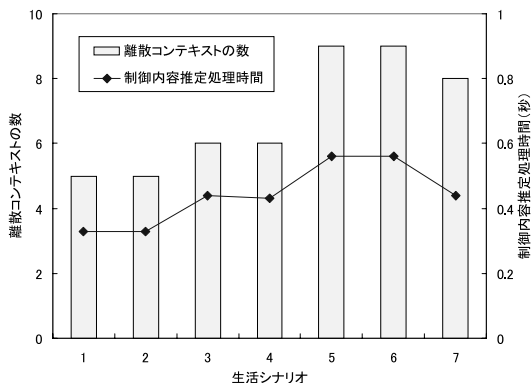


図 8 生活シナリオにおいて収集される離散コンテキストの数とサービス管理機構における制御内容推定処理時間

Fig. 8 Number of discrete contexts and processing time for inferring control types in each life scenario.

ら 1.0 秒間、その他の離散コンテキストの通知を待った後に、各サービスの制御内容を推定し、推奨するというアルゴリズムによって実装している。待機時間 1.0 秒間は、状況の変化に対して実際にサービスがコンテキストを取得し、離散コンテキストとしてサービス管理機構に通知するまでの時間が、各サービスやコンテキストの種類によって、ばらつくことを考慮したもので、これ以上短くすることはシステムを不安定にする。そのため、連続的に離散コンテキストの通知を受けるといような、高い頻度で離散コンテキストの通知が起こるような場合に対しても、各サービスに対する制御内容の推定処理は待機時間の間隔をあけて行われるため、HGW での負荷が上がることはないといえる。

さらに、実験 5 周目において、各生活シナリオに対して、サービス管理機構が収集する離散コンテキストの数とすべてのサービスに対する制御内容の推定に要した処理時間を図 8 に示す。

図 8 を見て分かるように、サービス管理機構が収集している離散コンテキストの数が多くなるほど、ユーザ操作履歴として、各離散コンテキストの出現回数を蓄積しているデータベースへのアクセス数や式 (4) における計算量が増えるため、サービス管理機構におけるサービスの制御内容の推定処理時間は長くなる傾向にある。今回の実験において想定した生活シナリオ程度の条件では、推定処理時間はそれほど問題とはなっていないが、さらに詳細で、複雑な生活シナリオ（離散コンテキストの数、および各サービスの選択対象となる制御内容の種類を増やすなど）に適応させることを考慮した場合、サービス管理機構における推定処理時間が長くなることにより、家電機器を自動制御する応答時間にも影

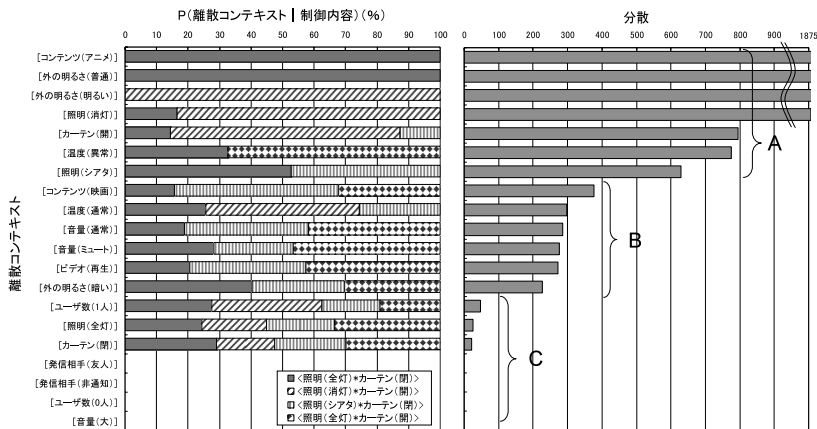


図9 照明サービスにおける各離散コンテキストの条件付き確率値と分散
Fig. 9 Conditional probability and variance of each discrete context in the light service.

響すると考えられる。データベースに関する処理については、アクセス方法などを改善することで処理時間の短縮化を図ることはできると考えられるが、式(4)における計算量に関する処理時間については、今後、詳細な検討が必要であるとともに、処理時間が膨大になってしまうような場合には、推定アルゴリズムの改良も必要であると考えられる。

4.3.3 ユーザ操作履歴に蓄積された離散コンテキストに関する評価

実験5周目における、ユーザ操作履歴として蓄積されたサービスの制御内容に対する離散コンテキストに関する評価を行う。評価対象とするサービスは「照明サービス」(表2参照)とする。

図9(左)は蓄積されたユーザ操作履歴における、照明サービスの各制御内容に対する、すべての離散コンテキストの条件付き確率値 $P(\text{context}_k | \text{type}_i)$ を示しており、図9(右)は、各離散コンテキストにおいて制御内容に関して計算した分散の高い順に、上から並べたものである。この分散の違いから、照明サービスに関して、A: 分散が高い離散コンテキスト(条件付き確率値 P が非常に高い制御内容が存在する)、B: 分散が低い離散コンテキスト(条件付き確率値 P が非常に高い制御内容が存在しない)、C: 分散が非常に低い離散コンテキストおよび照明サービスに対してユーザが操作した際にサービス管理機構に一度も収集されていない離散コンテキストというように、離散コンテキストを分類することができる。

つまり、Aの離散コンテキストのように照明サービスの制御内容を決定するうえで強因子となる離散コンテキストや、Cの離散コンテキストのように制御内容を決定するうえでまったく影響を及ぼさない離散コン

テキストというように、実際のユーザの操作によって形成されたサービスシナリオが明確に抽出できていることを示している。また、Bの離散コンテキストは、制御内容を決定付ける要素とはまではならないため、サービス管理機構にBの離散コンテキストが多く収集されるような状況では、ユーザにとって適切でない制御内容が推定されたり、推定確率値が推定確率閾値を超える制御内容を推定することができなくなったりすると考えられる。

4.3.4 制御内容に関連する離散コンテキストに関する評価

生活シナリオ3, 4においてサービス管理機構が収集している離散コンテキストの条件付き確率値を用いてベイズ推定法により、推定確率値を計算して、照明サービスの制御内容を推定した結果を図10に示す。また、制御内容に関連する離散コンテキスト(表3参照)を除いて、同様に、ベイズ推定法により、推定確率値を計算した結果も合わせて示す。

図10を見ると、生活シナリオ3, 4ともに、制御内容に関連する離散コンテキストを考慮して計算した推定確率値の方が、考慮しないものよりも、ユーザが想定した制御内容に対する推定確率値が高くなっていることが分かる。つまり、制御内容に関連する離散コンテキストも利用することで、サービス管理機構において、サービスの制御内容を推定するうえで、状況をより明確に判別する効果を生んでいるため、図9のBに相当する、推定精度を下げる要因と考えられる離散コンテキストが多く収集される場合などには、有効であるといえる。

4.4 検討課題

評価実験では、一般の生活では行わないような操作

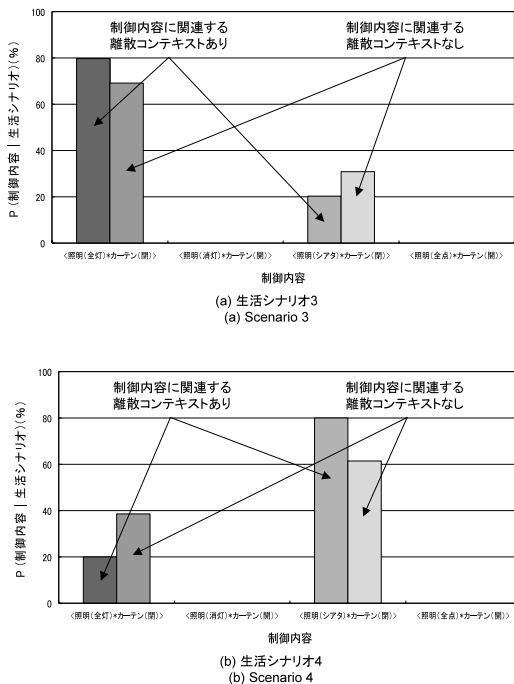


図 10 シナリオ 3, 4 における照明サービスに対する制御内容の確率推定値

Fig. 10 The calculated probability of each control type of the light service in Scenario 3 or 4.

が必要なサービスが存在している．たとえば，TV 電話サービスでは，着信の通知方法をユーザが指定するために，TV 電話の通話終了後に，TV に表示した着信通知方法を選択することが必要となった．そのため，TV 電話サービスのようなサービスに対して，ユーザの快適性を損なわないように，自然に，ユーザ操作履歴を蓄積させる機会を促す手段が，今後の重要な検討項目である．

また，今回の評価実験では，4.3.1 項でも述べたように，生活シナリオの数や利用する離散コンテキストの種類が少なく，さらに独立事象である離散コンテキストのみを利用しているため，比較的少ない実験回数で想定したすべての生活シナリオの自動制御を実現できた．しかし，利用する離散コンテキストの種類やサービスの制御内容が増えたり，他のコンテキストの条件付き確率で出現するようなコンテキストを利用したりするときには，サービス管理機構における推定アルゴリズムのさらなる改良が必要になると考えられる．たとえば，今回，実装したサービス管理機構では，すべての離散コンテキストに対して，同等に蓄積回数を増加しているが，4.3.3 項で述べたように，離散コンテキストの蓄積状態を考慮して，ユーザ操作履歴の蓄積方法を変更したり，サービスの制御内容の推定確率値

の計算方法を変更したりすることで，制御内容を精度良く推定したり，ユーザに必要とする操作回数を減らしたりする効果が期待できる．また，他のコンテキストの条件付き確率で出現するようなコンテキストを有効に利用するために，制御内容の推定確率値を計算する際に，その確率値を加味したり，また，関連する複数のコンテキストの値を組み合わせて，離散コンテキストとして表記することで，独立事象として扱えるようにしたりすることなどが考えられる．

以上のように，サービスを利用するユーザに応じて，サービスに対して制御が必要となる状況をシステムが明確に判別できるような離散コンテキストの蓄積方法や表記方法，精度良く制御内容を推定できるような推定方法に関する検討を進めることで，今後，よりユーザ指向なコンテキストアウェアサービス制御システムを実現していく．

5. おわりに

本論文では，Home Service Harmony におけるサービス管理機構に対して，ペイズ推定法によるユーザ操作履歴を用いたコンテキストアウェアサービス制御方式を提案した．そして提案制御方式に基づいたプロトタイプシステムを構築し，想定した生活シナリオをユーザが繰り返すことで，生活シナリオを自動化するサービスシナリオが形成されることを示した．さらに，ユーザが実際に行った操作に基づいて蓄積された離散コンテキストの評価から提案制御方式の有効性を確認するとともに，サービス管理機構における改善点を示した．従来から様々なコンテキストアウェアサービスに関する研究がされているが，本論文で提案するサービス制御方式は，特定のコンテキストやサービスに依存せず，新たなコンテキストやサービスに対する拡張性が高く，複数のサービスを同時に連携制御できるという特長を持つ．さらにユーザが自ら行う操作に基づいてサービスシナリオを自動生成することが可能であり，システムのカスタマイズに関するユーザの設定コストが少なく済むという特長も合わせて持つ．

謝辞 センサなどにおいて技術協力をしていただいた株式会社日立製作所システム開発研究所の北井克佳部長，安東宣善研究員をはじめとするプロジェクト諸氏に感謝いたします．

参 考 文 献

1) Nakazawa, J., Okoshi, T., Mochizuki, M., Tobe, Y. and Tokuda, H.: VNA: An Object Model for Virtual Network Appliances, *IEEE*

- International Conference on Consumer Electronics*, pp.364–365 (2000).
- 2) Minoh, M.: Networked Appliances and Their Peer-to-Peer Architecture AMIDEN, *IEEE Communication Magazine*, Vol.39, No.10, pp.80–84 (2001).
 - 3) 吉原貴仁, 茂木信二, 堀内浩規: コピキタス・ネットワーク実現に向けたサービスゲートウェイの実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.12 (2003).
 - 4) NTT ニュースリリース: ホームサービスハーモニー. <http://www.ntt.co.jp/news/news04/0403/040308.html>
 - 5) 小林英嗣, 小原成哲, 依田育生: ホームネットワークにおける複数サービスの統括的制御, 電子情報通信学会テレコミュニケーションマネジメント技術研究報告, TM2003-115, pp.25–30 (2004).
 - 6) 張 芝, 山崎裕史, 依田育生: ホームネットワークにおける資源管理技術の一検討, 電子情報通信学会テレコミュニケーションマネジメント技術研究報告, TM2003-116, pp.31–36 (2004).
 - 7) Kindberg, T. and Barton, J.: A Web-based Nomadic Computing System, *Computer Network*, Vol.35, No.4, pp.443–456 (2001).
 - 8) Addelese, M., Curwen, R., Hodges, S., Steggle, J.N.P. and Hopper, A.: Impementing a Sentient computing system, *IEEE Computer*, Vol.34, No.8, pp.50–56 (2001).
 - 9) Brumitt, B., Meyers, B., Krumm, J., Kern, A. and Shafer, S.A.: Easy Living: Technologies for Intelligent Environments, *Proc. 2nd International Symp. of Handled and Ubiquitous Computing*, pp.12–27 (2000).
 - 10) 森川大補, 本庄 勝, 山口 明, 大橋正良: ユーザコンテキストを活用したサービスプラットフォームの検討, 電子情報通信学会情報ネットワーク技術研究報告, NS2002-279, pp.115–119 (2003).
 - 11) 李 成竺, 唐橋拓史, 菅沼拓夫, 木下哲男, 白鳥則郎: やわらかいビデオ会議システムにおけるエージェント領域知識の構成と評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-B, No.2, pp.195–206 (2000).
 - 12) Kolberg, M., Magill, E.H., Marples, D. and Tsang, S.: Feature Interactions in Services for Internet Personal Appliances, *Proc. IEEE International Conference on Communications*, Vol.4, pp.2613–2618 (2002).
 - 13) Kolberg, M., Magill, E.H. and Wilson, M.: Compatibility Issues between Services Supporting Networked Appliances, *IEEE Communication Magazine*, Vol.41, No.11 (2003).
 - 14) Horvitz, E., Breese, J., Heckerman, D., Hovel, D. and Rommelse, K.: The Lumiere Project: Bayesian User Modeling for Inferring the Goals and Needs of Software Users, *Proc. 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp.256–265 (1998).
 - 15) 杉本雅則: 情報システムにおけるユーザモデリングと適応的インタラクション, 人工知能学会誌, Vol.14, No.1, pp.25–31 (1999).
 - 16) Castro, P. and Muntz, R.: Managing context data for smart spaces, *IEEE Personal Communication*, pp.44–46 (2000).
 - 17) Korpipaa, P., Koskinen, M., Peltola, J., Makela, S.M. and Seppanen, T.: Bayesian Approach to Sensor-Based Context Awareness, *Personal and Ubiquitous Computing*, pp.113–124 (2003).
 - 18) Open Service Gateway Initiatives: OSGi Service Gateway Specification Release 3.0 (2003). <http://www.osgi.org/>

(平成 17 年 5 月 17 日受付)

(平成 17 年 11 月 1 日採録)



小林 英嗣

昭和 52 年生 . 平成 14 年慶應義塾大学大学院理工学研究科総合デザイン工学専攻修士課程修了 . 同年日本電信電話株式会社入社 . 以来, ホームネットワークシステム, コンテキストウェアコンピューティングの研究開発に従事 . 電子情報通信学会会員 .



依田 育生 (正会員)

昭和 38 年生 . 昭和 63 年早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了 . 同年日本電信電話株式会社入社 . 以来, ネットワーク管理, 動画配信, ホームネットワーク等の研究開発に従事 . 現在, NTT サイバソリユーション研究所主幹研究員 . 電子情報通信学会平成 6 年度学術奨励賞受賞 . 電子情報通信学会会員 .