

ホームネットワークシステムにおけるバーチャルエージェントのための サービスフレームワーク

堀内 大祥[†] 佐伯 幸郎[†] 榎本 真佑[†] 中村 匡秀[†]

[†] 神戸大学 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

E-mail: [†]horihori@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}sachio@carp.kobe-u.ac.jp, ^{†††}{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 家庭内の家電やセンサをネットワークに接続したホームネットワークシステム (HNS) の開発が進んでいる。我々は先行研究において、バーチャルエージェントを HNS の UI として用いた HNS バーチャルエージェントユーザインターフェイス (HNS-VAUI) を提案している。MMDAgent を用いた HNS-VAUI では、外部サービスと連携した高度なインタラクションが実現できなかった。本稿では、MMDAgent を用いた HNS-VAUI におけるフレームワークの再設計により、高度なインタラクションを可能とする新たなフレームワークを提案する。提案フレームワークでは、新たに設計した2つの Web サービスによる MMDAgent の能動的な制御を用いることで、外部のサービスを活用する HNS-VAUI を実現できる。提案フレームワークの可用性を検討するため、このフレームワークを適用した HNS-VAUI を用いた、HNS における3つの利用パターンの考察を行う。

キーワード バーチャルエージェント, 対話型ユーザインターフェイス, ホームネットワークシステム

Service Framework for Virtual Agents in Home Network System

Hiroyasu HORIUCHI[†], Sachio SAIKI[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], and Masahide NAKAMURA[†]

[†] Kobe University Rokko-dai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

E-mail: [†]horihori@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ^{††}sachio@carp.kobe-u.ac.jp, ^{†††}{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract The home network system (HNS), which provides value added services by connecting networked home appliances, equipments and sensors, is considered to realize the smart house. We have proposed the interactive voice user interface with the virtual agents as a new HNS user interface (HNS-VAUI). In our previous implementation with MMDAgent Toolkit, the HNS-VAUI could not provide rich interactions with external services orchestration. In this paper, we propose the new framework which enables VAUI to provide rich interaction by re-engineering previous framework. In the new framework, we realize the HNS-VAUI which can utilize other services by using the active control of MMDAgent by two Web services. Moreover, in order to examine the availability of the proposed framework, we consider the three patterns of HNS using VAUI of applying the framework.

Key words virtual agent, interactive voice interface, home network system

1. はじめに

近年、ネットワーク技術の発展に伴い、宅内に配置された家電やセンサをネットワークに接続し付加価値の高いサービスを実現する次世代のユビキタスアプリケーションの枠組みとして、**ホームネットワークシステム (HNS) [1]** が盛んに研究・開発されている。HNS における重要な課題として、ユーザインターフェイス (UI) のユーザビリティの向上があげられる。HNS では日常的に使うという特性上、ユーザにとって学習コストが低く操作しやすい、かつ簡単で便利であるユーザフレンドリーな UI がより強く求められている。HNS に適したこのような UI

の一つとして音声インターフェイスがある。音声インターフェイスは、ユーザとシステムによる対話を用いた UI であり、人間にとってより自然な動作でシステムを操作可能なナチュラルユーザインターフェイスとして、多くの分野で開発が進められている。しかし、HNS において、従来の音声インターフェイスでは、ユーザへのフィードバックが音声だけであるため、機械的で無機質であることや、情報量が多くなりフィードバックが長大化するという問題点がある。

この問題に対し、**バーチャルエージェント**を UI に用いる解決法 (VAUI) があげられる。バーチャルエージェントとは、ユーザとシステムとの連携を擬人化されたキャラクタとの対話を

通じて行うインターフェイスである。VAUI では、ユーザからの入力に対して音声だけではなくキャラクターの動作等の映像をユーザへのフィードバックに用いることで、ユーザはより自然な対話を通じてシステムを操作可能になる。そこで我々は、先行研究において、HNS の UI として VAUI を適用した、**HNS バーチャルエージェントユーザインターフェイス**（以下、HNS-VAUI）を提案し、実装を行っている [2]。HNS-VAUI は、バーチャルエージェントの**キャラクターの動作**（発話・モーション）、**ユーザーと画面上のキャラクターとの対話**（インタラクション）、及び**インタラクションを通じて行われる操作**（アクション）を規定することで、HNS におけるバーチャルエージェントとユーザとの自然な対話を用いたユーザインターフェイスを実現する。しかしながら、従来の実現方法では、バーチャルエージェントの制御は従来フレームワークにおける独自の実装仕様に強く依存しており、キャラクターの動作、インタラクション・アクションの制御は他のサービスとの連携を制限されているため、実行可能なインタラクションやアクションが限られてしまう。そのため、ユーザの要求を満たす高度なインタラクションやアクションを行うことができず、ユーザビリティが高い便利な HNS-VAUI を実現するには至っていない。

そこで本稿では、キャラクターの動作、及びインタラクション・アクションの制御が、他のサービスと連携可能な新たなフレームワークを提案する。提案フレームワークでは、ソフトウェアの機能一つ一つをサービスとし、それらのサービスを組み合わせることで新たなサービスを開発するというサービス指向アーキテクチャの考えに基づき、キャラクターの制御機能、及びインタラクション・アクションの制御機能をそれぞれ別のサービスとして捉える。さらに、バーチャルエージェントの制御を、キャラクターの制御機能とインタラクション・アクションの制御機能の、それぞれの機能を持つ Web サービスに分離し、改善することで、個別の制御を可能にする。また、提案フレームワークを利用した HNS-VAUI の可用性を検討するため、ケーススタディとして実際の HNS における提案フレームワークを適用したユーザビリティに関する考察を行う。

2. 準備

2.1 ホームネットワークシステム

ホームネットワークシステムは、照明やテレビなど家庭内における様々な家電機器と、温度計や湿度計などセンサをネットワークに接続することで構築される、家庭内でユーザにサービスを提供するためのプラットフォーム基盤である。HNS では、家電機器にユーザや外部エージェントがネットワーク越しに操作できるように制御 API を備えることで、音声による機器操作インタフェースや、外部環境やユーザの状況といったコンテキストに応じた機器の自律制御などの付加価値サービスを提供可能である。そのため、HNS はユーザの快適な生活を実現する次世代のスマートホーム技術として期待されている。我々の研究室で運用している **CS27-HNS** [3] では、サービス指向アーキテクチャの考えを取り入れ、すべての制御 API を、機種や実行環境に依存しない標準的な Web サービスとして公開している。

2.2 バーチャルエージェント

バーチャルエージェントは、ユーザと画面内のキャラクターとのインタラクションを通じてシステムの操作を行う UI である。親近感や対話の現実感から、無機質で情報量の少ない従来の音声インターフェイスに替わる、次世代の UI として注目を集めている [4] [5]。バーチャルエージェントを実現するアプリケーションとして、バーチャルエージェント音声対話システム用ツールキット **MMDAgent** [6] は有力なソフトウェアである。MMDAgent では、音声認識、音声合成、3D 描画、リップシンク等の技術を組み合わせ、オートマトンを用いたシナリオを作成することで、画面内のキャラクターとの音声対話システムを構築することができる。

2.3 HNS バーチャルエージェントユーザインターフェイス

HNS-VAUI は、HNS の UI として VAUI を適用することである。HNS における機器の操作に VAUI を用いることで、ユーザは機器に向かって発話するといった不自然なインタラクションではなく、人と会話しているような自然なインタラクションを通じて HNS 機器を操作することができる。また、機器の種類や操作が多数ありシステムからユーザへの情報量が増える場合において、音声フィードバックだけではなく操作可能な機器や操作内容を画面に表示することで、フィードバックの長大化を防ぎ、ユーザに優しいフィードバックを行うことが可能である。

2.4 MMDAgent を用いた HNS-VAUI の実装

我々は、CS27-HNS において、MMDAgent を用いた HNS-VAUI の実現に向けた実装を行った。HNS への適用にあたり実装した内容を以下に示す。

2.4.1 外部からのコマンド入力

オリジナルの MMDAgent は音声入力を処理するプロセスを内部に持っている。入力音声は MMDAgent 自身で認識・解析することで MMDAgent 独自のコマンドに変換し、自身のオートマトンに入力している。そのため、オートマトンへの入力は MMDAgent の入力処理プロセスに限られており、外部からのコマンドを MMDAgent の入力に用いることができない。そこで、標準の入力処理プロセスを MMDAgent から分離し、代わりに Web API を用いてオートマトンに直接コマンドを入力する Web サービス **Virtual Agent Service** を実装した。

2.4.2 音声からのコマンド生成

Virtual Agent Service を用いることで、外部から MMDAgent に直接コマンドを送り、オートマトンを制御することが可能になった。しかし、MMDAgent の入力処理プロセスを切り離したため、MMDAgent で実装されていた、認識した音声からコマンドに変換する機能を利用することができない。そのため、この機能を新たに実装する必要がある。そこで、認識した音声解析しコマンドを生成する機能を持つ、音声入力システムを作成した。

2.4.3 家電操作の実行

オリジナルの MMDAgent には外部の Web サービスを呼び出す機能がない。そこで、CS27-HNS における家電制御 API を実行するため、外部 Web サービスを用いて家電操作を実行

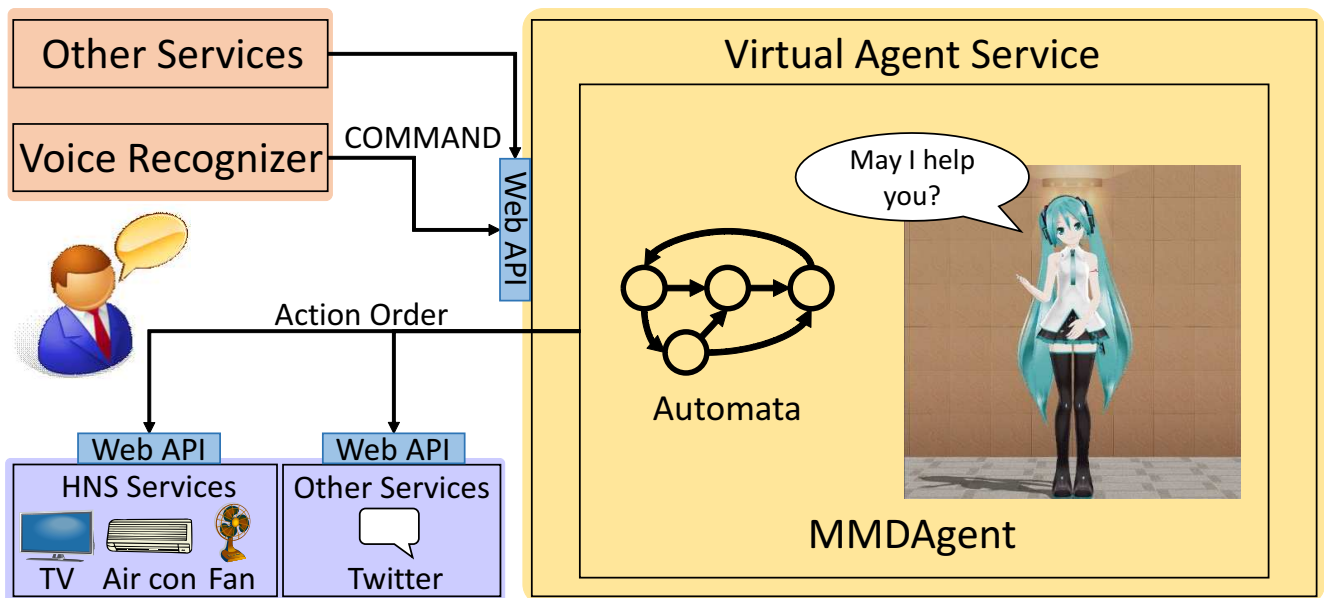


図 1 従来システムのアーキテクチャ

するコマンドを新たに MMDAgent に追加した。

図 1 に先行研究で実装された従来システムのアーキテクチャを示す。また、従来システムで実装された、インタラクションを通じて家電を操作する流れを以下に示す。

- (1) ユーザの発話内容を Voice Recognizer が認識
- (2) 認識結果による、MMDAgent コマンドの生成
- (3) Virtual Agent Service の Web API を用いた MMDAgent へのコマンド送信
- (4) 受信コマンドによる、オートマトンの遷移
- (5) 遷移に応じたキャラクターの返答動作及び HNS を操作する Web サービスの実行

以上の実装により、キャラクターとのインタラクションを通じて家電の操作が可能な CS27-HNS における HNS-VAUI が実現している。

2.5 従来システムにおける課題

多種多様なキャラクターの動作を用いたインタラクションや、外部サービスと多岐にわたり連携したアクションが実行が可能ならば、より一層ユーザの要求を満たす HNS-VAUI を実現することができる。しかしながら、従来システムの実装は MMDAgent の仕様に強く依存しており、実行できるキャラクターの動作やインタラクション・アクションには制約がある。そのため、従来システムで実現した HNS-VAUI としての機能は以下の点で制限されている。

P1: 外部サービスからキャラクターの動作を制御できない

キャラクターは登録されたコマンドが入力されたときのみ、登録された動作を実行する。そのため、キャラクターに任意のタイミングで、任意の動作を実行させることができない。例えば、キャラクターに発話させるためには、あらかじめオートマトンにトリガとなるコマンドと発話させる文章を登録する必要がある。キャラクターは登録されたコマンドが入力された時に、登録された文章を発話する。

P2: 他のサービスからオートマトンの遷移を管理できない

MMDAgent の仕様上、動的にオートマトンに遷移を追加することができない。キャラクターの動作と同様に、インタラクションやアクションを、あらかじめすべてオートマトンに登録しておく必要がある。そのため、インタラクションやアクションを新たに追加することができない。

P3: サービスの返り値を用いるアクションができない

Web サービスを通して実行可能なアクションは、家電を操作するといった返り値を必要としないアクションに限られている。例えば、センササービスからセンサの値を取得し、その値をユーザーにフィードバックするというアクションは実行することができない。

これらの問題点を解決し、種類の豊富なキャラクターの動作や、高度なインタラクションとアクションの実行を可能にすることで、ユーザビリティの高い HNS-VAUI を実現することを目標にする。

3. 提案手法

本節では、前節で述べたユーザビリティの高い HNS-VAUI を実現するための新たなフレームワーク **SO-MACHO (Service Oriented MmdAgent Controller for advanced Hns Operations)** を提案する。サービス指向アーキテクチャに基づき、キャラクターの制御、及びインタラクション・アクションの制御をそれぞれ別の機能として捉える。従来システムにおける MMDAgent の制御を、新たに作成するそれぞれの機能を持った 2 つの Web サービスにより構成される **MMDAgent Controller** に置き換え、サービス化することで、再利用性を高め、HNS や他のサービスと連携を可能にする。

3.1 システム要件

他のサービスとより連携が可能な新たな HNS-VAUI を実現するため、以下の要件を実現するフレームワークを提案する。

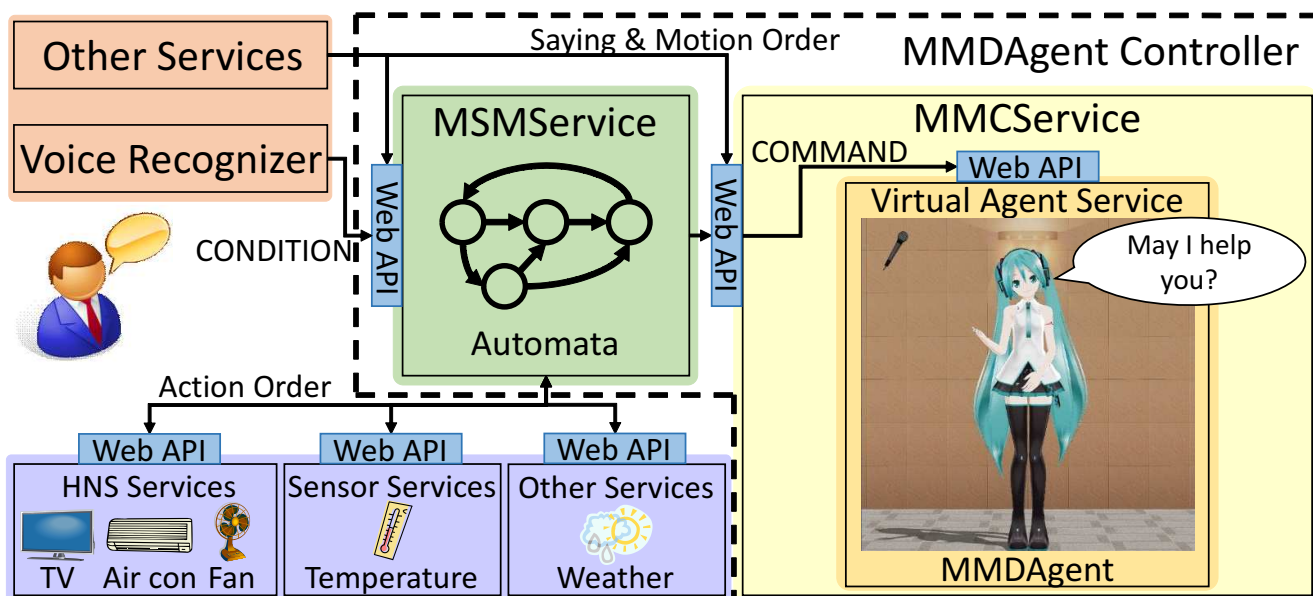


図 2 提案システムのアーキテクチャ

R1: 外部サービスからキャラクターのモーション及び発話が制御可能

R2: 外部サービスから新たなインタラクションやアクションが追加可能

R3: 外部サービスから取得できる情報を用いたアクションが実行可能

3.2 提案システム

図 2 に SO-MACHO のアーキテクチャを示す。SO-MACHO では、従来システムにおける、キャラクターの動作の制御を **MMCService** (Miku Miku Command Service) で行う。また、インタラクションの制御・管理、及びアクションの実行を **MSMService** (Miku State Machine Service) で行う。MMCService はキャラクターの動作（発話・モーション）の実行を管理するサービスである。他のサービスは MMCService を呼び出すことで、キャラクターの動作を利用したフィードバックを行うことができる。MSMService は、MMCService を通じてキャラクターの動作を制御することでユーザとのインタラクションを構成し、他のサービスと連携することでアクションを実行する。また、他のサービスから MSMService を呼び出すことで、他のサービスをトリガとしたインタラクションも実行することができる。加えて、MSMService はインタラクションとアクションを管理し、インタラクションとアクションの追加・編集及び削除が可能である。

新たに作成した MMCService・MSMService からなる MMDAgent Controller を用いて、従来システムでは不可能であった HNS-VAUI の機能を実現する。以下に、この 2 つの Web サービスの機能について述べる。

3.3 MMCService

MMCService は、MMDAgent におけるキャラクターの発話・モーション機能をサービスとして捉え、外部からの利用を可能にするため、従来システムの Virtual Agent Service をラップ

した Web サービスであり、キャラクターの発話とモーションを Web API として利用できるサービスである。MMCService は Virtual Agent Service を呼び出すことで、画面内のキャラクターの発話とモーションを制御する。また、idle と busy を持つ発話状態 (sayingState) とモーション状態 (doingState) があり、MMDAgent のキャラクターの状態を管理する。主なメソッドとして、say メソッドと doMotion メソッドがある。

say メソッドは、キャラクターの発話を管理するメソッドである。say メソッドの引数にキャラクターに発話させたい文字列をとり実行すると、メソッド内で引数の文字列をもとに MMDAgent のオートマトンに送るコマンドを生成し、Virtual Agent Service を通じてそのコマンドを MMDAgent に送る。同時に sayingState を busy にする。MMDAgent は送られてきたコマンドをもとに音声合成を実行し、キャラクターが発話を開始する。発話が終了すると、発話終了をオートマトンが検知し、MMDAgent は MMCService に発話終了を通知するメソッドを実行する。発話終了が通知されると、MMCService は sayingState を idle にする。例えば、キャラクターに「おはよう」と発話させたい場合、以下のような URL にアクセスすればよい。

`http://.../MMCService/say?str=おはよう`

doMotion メソッドも同様に、キャラクターに振る舞わせたいモーションを doMotion メソッドの引数にとり実行すると、コマンドを生成し MMDAgent に送り、doingState を busy にする。MMDAgent は送られてきたコマンドのモーションに対応するモーションデータを読み込み、モーションを開始する。終了すると MMCService にモーション終了を通知する。モーション終了が通知されると MMCService は doingState を idle にする。

say メソッド、doMotion メソッドともに、各々の状態が busy であるときにメソッドが実行されると、現在進行中の動作を中止し、新たな動作を開始する。

3.4 MSMSERVICE

MSMSERVICE は、従来システムにおける MMDAgent のオートマトンの役割を代替し、キャラクタのインタラクションを制御とアクションを実行するための Web サービスである。MSM-SERVICE はオートマトンを持っており、ユーザとの会話の流れを管理し、インタラクションを構成する。オートマトンは遷移前状態、遷移後状態、遷移条件、遷移アクションの 4 つの要素を持つ遷移が多数集まって構成されている。遷移アクションには、主にキャラクタの動作と外部 Web サービスを用いるアクションが複数個登録されている。

MSMSERVICE は input と addTransition の 2 つのメソッドを持つ。input メソッドを入力する条件を引数にとり実行することで、オートマトンへの入力を行うことができる。入力があると、現在の状態からの遷移条件として入力された文字列があればその遷移を行い、同時にその遷移に登録されている遷移アクションを MMCService や外部 Web サービスを用いて実行する。addTransition は、遷移を追加するメソッドであり、新たなインタラクション・アクションを追加することが可能である。

4. ケーススタディ

本節では、ケーススタディとして、CS27-HNS において SO-MACHO に基づく HNS-VAUI を利用した 3 つの HNS 機器の利用パターンの考察を行う。

4.1 家電を操作する

HNS-VAUI を用いて、ユーザが TV をつける状態を考える。ユーザが“TV をつけて”と発話する。それを音声認識部が認識し、MSMSERVICE に“TV ON”を入力する。MSMSERVICE は、現在状態からの遷移のうち“TV ON”を条件に持つ遷移を行う。遷移とともに、遷移に登録されている遷移アクションを実行する。まず、HNS サービスを用いて TV の現在の起動状態を確認する。次に、TV の状態が OFF ならば、HNS サービスから TV を ON にして、MMCService を用いてキャラクタに“TV をつけます”と発話させる。また、TV の状態が ON ならば、MMCService を用いて“TV はもうついてます”と発話させる。

家電の操作は従来システムでも可能である。しかし、従来システムでは家電の状態を取得することができない。そのため、機器が起動しているのにもかかわらず、機器の起動を実行してしまうことがあった。SO-MACHO では、操作の直前に家電の状態を取得できるため、機器の状態に対応したオペレーションを実行することができる。図 3 に TV を起動する場合の流れを図示する。

4.2 センサを利用する

HNS-VAUI を用いて、センササービス内の温度センサを利用して室温を計測するケースを考える。センササービスは、Web API を用いて現在のセンサの値を取得できるサービスである。ユーザが“室温は何度?”と発話すると、それを音声認識部が認識し、MSMSERVICE に“ROOM TEMPERATURE”を入力する。MSMSERVICE は、現在の状態からの遷移のうち“ROOM TEMPERATURE”を条件に持つ遷移を行う。遷移とともに、

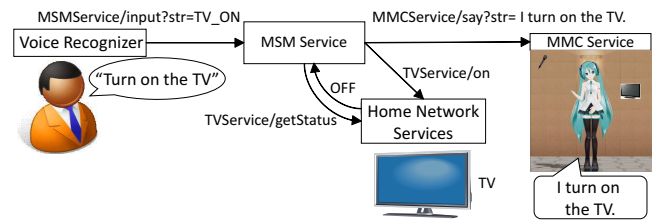


図 3 家電制御の流れ

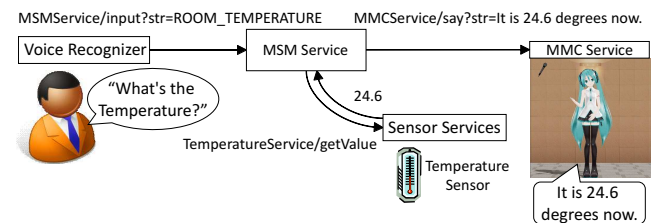


図 4 センサ利用の流れ

センササービスを用いて現在の室温を取得し、取得した室温を MMCService を用いてキャラクタに発話させる。例えば室温センサから取得した値が 24.6 であった場合、“今は 24.6 °C です”と発話させる。また、我々のセンササービスに限らず、外部の Web サービス（天気 Web サービス等）も利用することができる。

従来システムでは、センササービス等から取得できる情報を利用した内容を用いたアクションを実行する機能がないため、このパターンは実装できない。図 4 にセンサ利用時の流れを図示する。

4.3 推薦サービス

我々の研究室では、CS27-HNS のサービスの一つとして **コンテキストウェアサービス**を提案している。コンテキストウェアサービスとは、様々なシステムやセンサなどにより得られる情報からコンテキストの変化を認識し、その変化に対応した機能や情報をユーザに提供するサービスのことである。

「部屋の温度センサの値が 28 °C 以上」という情報から「暑い」というコンテキストが推定された場合に、バーチャルエージェントが扇風機の使用を推薦するケースを考える。室温が 28 °C 以上になると、コンテキストウェアサービスが MSMSERVICE に“RECOMMEND FAN”を入力する。MSMSERVICE は、対応する遷移を行い、MMCService を用いて、ユーザに“暑くなったので、扇風機をつけますか?”と発話する。ユーザの回答を音声認識部が認識し、“はい”ならば“YES”，または、“いいえ”なら“NO”を MSMSERVICE に入力する。もし一定時間回答がないと“TIMEOUT”が入力される。“YES”が入力された場合、対応する遷移を行い、HNS サービスを用いて扇風機を ON にし、MMCService を用いて“扇風機をつけました”と発話させる。“NO”が入力された場合、対応する遷移を行い、MMCService を用いて“扇風機をつけません”と発話させる。“TIMEOUT”が入力された場合、対応する遷移のみを行う。図 5 に推薦サービスの流れを図示する。また、推薦サービスにおけるオートマトンを図 6 に図示する。

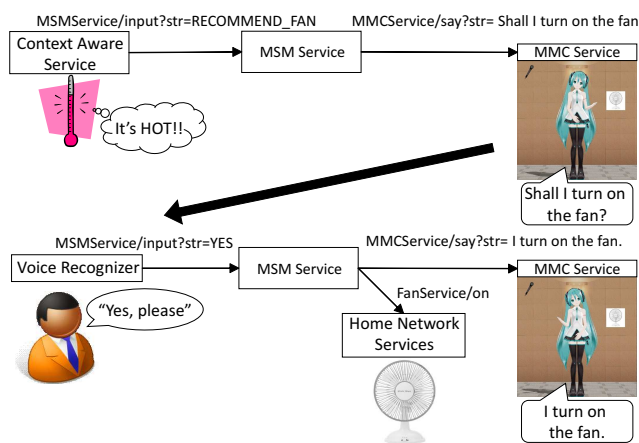


図 5 推薦サービスの流れ

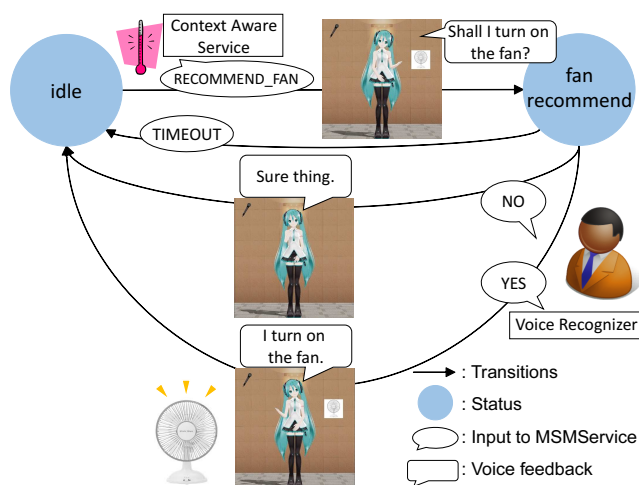


図 6 推薦サービスにおけるオートマトン

5. 考 察

SO-MACHO を適用することで、より高度なインタラクションやアクションを行うことができる HNS-VAUI の実現が可能であることが確認できた。

しかし、各家電・センサ毎に一つ一つ遷移を作成すると、大量の遷移が必要になり、遷移の管理が複雑になる。そのため、サービスをパターン化する等、遷移の管理を容易にする必要がある。また、従来システムの音声認識では、認識した音声を特定の文字列にして MSMService に入力することしかできないが、多様なインタラクションを可能にするためには実装の改良が必要である。

今後の課題としては、SO-MACHO を実装し UI として評価することがあげられる。また、ユーザが実際に必要としているアクションを新たに発見しインタラクションを通して実行可能にすることや遷移の管理を効率化しインタラクションとアクションを簡単に追加可能にすること、音声認識部を改善しユーザからの入力の幅を増やしインタラクションとアクションの可能性を高めることも必要である。

6. おわりに

従来 HNS-VAUI システムにおいて、キャラクタの動作、インタラクションとアクションがオートマトンによる制御に強く依存しており、他のサービスとの連携が困難である問題があった。本稿では、キャラクタの動作を制御する Web サービスとオートマトンを持ったインタラクション・アクションを制御する Web サービスの 2 つの Web サービスを用いた提案フレームワークを適用することで、この問題を解決可能であることを確認した。また、ケーススタディより、提案フレームワークを用いた HNS-VAUI が従来システムより他のサービスと連携可能であることを確認することができた。

今後の課題として、バーチャルエージェントに提案フレームワークを実装し稼働させ、実際にインタラクションとアクションを追加し、HNS-VAUI としてのユーザビリティを評価することがあげられる。また、インタラクションとアクションの管理を容易に行えるサービスを提供する必要がある。さらに、音声認識部の改良を行い、より高度なインタラクションとアクションの実現可能性の考察を行う必要もある。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費（基盤研究 C 24500079, 基盤研究 B 23300009）、及び、積水ハウスの研究助成を受けて行われている。

文 献

- [1] H. Igaki, M. Nakamura, and K. ichiMatsumoto, "Design and evaluation of the home network systems using the service oriented architecture," Proc. International Conference on E-Business and Telecommunication Networks(ICETe04), vol.1, pp.62-69, Aug. 2004.
- [2] S. Soda, M. Nakamura, S. Matsumoto, S. Izumi, H. Kawaguchi, and M. Yoshimoto, "Implementing virtual agent as an interface for smart home voice control," In Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC2012), pp.342-345, Dec. 2012.
- [3] M. Nakamura, A. Tanaka, H. Igaki, H. Tamada, and K. Matsumoto, "Constructing home network systems and integrated services using legacy home appliances and web services," International Journal of Web Services Research, vol.5, no.1, pp.82-98, Jan. 2008.
- [4] M. Ochs, C. Pelachaud, and D. Sadek, "An empathic virtual dialog agent to improve human-machine interaction," Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems - Volume 1, pp.89-96, 2008.
- [5] J. Cassell, "Embodied conversational interface agents," Communications of the ACM, vol.43, no.4, pp.70-78, 2000.
- [6] MMDAgent Project Team, "Mmdagent - toolkit for building voice interaction systems," Nagoya Institute of Technology. <http://www.mmdagent.jp>.