

MMDAgent を利用した家電制御インタフェースのための FST ファイルの動的生成と それによる制御対象家電の動的制御について

岩田 剛士^{†1,a)} 金 鎔煥^{†1} 山本 大介^{†1} 片山 喜章^{†1}

概要: ネットワークに接続可能な家電とそれらの提供する操作インタフェースを利用する事で、誰もが遠隔地からでも制御装置でこれらの家電を操作可能となった。しかし、誰もが何処からでもどの家電を操作可能となると、安全性などの観点からユーザ、あるいはその居場所や時刻といった、ユーザの状況に応じて家電操作を限定出来る事が望ましい。そこで本研究では、本学で開発中の音声対話システム MMDAgent と状況認識型家電制御システム SIRECS2 を利用し、ユーザの状況に応じて実行可能な操作系列を動的に変更する機能を提案する。MMDAgent は認識された音声とそれに対するアクションを記述した FST ファイルによって動作を設定する。また、SIRECS2 は、内部に仮想家電を有し、常に実家電の状態を認識可能である。提案システムでは、ユーザの居場所や時刻、家電の状態などの組み合わせから定義される条件によって制御可能な家電やその機能を決定する。これをもとに FST ファイルを動的に生成し、MMDAgent に与える事によりユーザの状況による制御対象家電の動的制御を可能とする。

A Study on a Dynamic Generation of FST Files for House-Hold Appliances Control Interface Using MMDAgent and Dynamic Controls

TSUYOSHI IWATA^{†1,a)} YONGHWAN KIM^{†1} DAISUKE YAMAMOTO^{†1} YOSHIKI KATAYAMA^{†1}

1. はじめに

あらゆるものがインターネットにつながるようになり、人々の生活に欠かせない家電製品もその一つとなった。家電がインターネットに接続可能となることにより、ユーザは遠隔地からの制御や状況把握を行うことが可能となった。このようなネットワークに接続可能な通信機能を備えた家電製品は情報家電と呼ばれ、広く普及しつつある。一方で、情報家電ではない従来の家電も依然として多く使われている。従来の家電でも、インターネットに接続可能なインタフェースの開発により、情報家電と同様に遠隔地からの制御や状況把握を行うことが可能となる。家電を制御するイ

ンタフェースには、古くからあるリモコンだけでなく、音声やジェスチャなどがある。その中でも我々は、音声対話による家電制御の研究 [1] を行ってきた。インタフェースとして、本学で研究されている MMDAgent[2] の Android 版 [3] を活用した。MMDAgent とは、Android などの端末に表示された 3D モデルに話しかけるような対話が可能なシステムである。このシステムにおいて、対話シナリオは FST ファイルと呼ばれる独自のファイルに記述されたスクリプトにより決定される。このシナリオは、ユーザの音声入力から認識するキーワードと、それを認識した際のアクションが状態遷移の形式で記述されている。家電制御に関する対話シナリオを記述した FST ファイルでは、操作対象家電と家電操作命令を認識するキーワードとし、それに対するアクションとして家電制御命令の送信を記述する必要がある。また、家電制御システムとして本研究室で研究

^{†1} 現在、名古屋工業大学 大学院
Presently with Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

a) iwata@moss.elcom.nitech.ac.jp

されている状況認識型家電制御システム SIRECS2[4] を用いた。SIRECS2 では、家電を機能の集合と捉えて仮想家電と定義し、仮想家電の状態を実機家電に反映させることで、様々な家電の制御と状況把握を可能にしているシステムである。これらについては、次章で詳しく紹介する。

MMDAgent を家電制御インターフェースとして用いるには、家電制御に関する対話シナリオが記述された FST ファイルが必要となる。FST ファイルは誰もが編集する事が可能である。しかし、そのためには一定の知識を必要と必要とする。そのため、一般のユーザが容易に記述出来るとは言えない。さらに、操作対象家電と行いたい家電操作命令全てを記述する必要があるため、記述量が多くなり手間がかかるという問題点がある。この問題点に対するアプローチとして、家電制御用の FST ファイルを自動的に生成する方法をとる。

また、音声による家電制御は Google Home[5] や Amazon Echo[6] などがある。これらの製品はスマートスピーカと呼ばれる、手を触れることなくスピーカに話しかけて操作するスピーカである。ニュースや天気予報の読み上げや目覚ましなど様々な機能を持ち、そのうちの一つが対応した家電製品の制御である。これらは誰もが使う事が出来るため、ユーザの日常生活をより便利にする一方で、誤操作などの問題も取り上げられている。このような問題は家電制御においては、誤った認識による意図しない制御となってしまう、安全性に問題が生じる。遠隔地からの制御も可能であるため、ユーザが家電を視界に捉え、制御命令を家電に対して送り、実際に家電の状態が変わった事を必ずしも確認するわけではない。このように、誰もが同じように家電を制御可能とするよりも、配慮の必要な子供による制御や、意図しない場所からの制御など一定の制限を設ける方が望ましい。同様の観点から制御可能とする時間に制限を設けることが考えられる。このような安全性などの問題に対するアプローチとして実行可能な家電制御を動的に変更する方法が考えられる。

以上のことから本研究では、以下の特徴を持つシステムを提案する。

- (1) 時刻・場所・ユーザを認識する機能を有する。
 - (2) (1) で認識した結果、その組み合わせによって操作可能な家電とその機能を限定する。これを実現するための FST ファイルを自動的に生成する機能を有する。
- これらの特徴によって、先述の二つの問題点を解決する。

2. 既存研究

2.1 MMDAgent

MMDAgent は、本学で研究されている音声インタラクションシステム構築ツールキットである。Windows や macOS, Android や iOS など動作する。図 1 に示すように、画面に表示された 3D キャラクタと会話をするように、



図 1 Android 版 MMDAgent

Fig. 1 MMDAgent for Android

ユーザは音声対話を行う事が出来る。

スマートフォンやタブレット端末においても、インターネットを必要とせず、端末単体で動作可能な音声対話システムである。このシステムは大きく分けると、音声合成、音声認識、3D-CG 描画、音声インタラクション制御部の 4 つのサブシステムから成立しており、これらの全てのサブシステムがオープンソースの形式を採用している。よって、専門的な知識を必要とするが、自由な編集、機能追加等が可能である。そのため、音声ナビゲーションや観光地の案内システムなど MMDAgent を活用した様々な研究が本学で行われている。

音声インタラクション制御部は、音声認識部で認識された語に対するアクションを指定することで、対話シナリオを自由に設定する事が出来る。対話シナリオは有限状態トランジューサ (Finite State Transducer : 以下 FST) の形式のスクリプトにより記述される。この FST スクリプトを記述したファイルを FST ファイルと呼ぶ。

例えば、「こんにちは」と対話を行うスクリプトは図 2 のように記述される。各行はそれぞれ状態番号、次状態番号、条件、出力の 4 つの要素からなる。図 2 の 1 行目では、条件としてユーザの音声入力から「こんにちは」と認識すること、そして出力として認識した際に「こんにちは」と発話することが書かれている。このように、対話シナリオは認識するキーワードとそれに対するアクションの形で記述されている。MMDAgent を家電制御に利用するためには、家電制御用の対話シナリオを記述した FST ファイルが必要となる。家電制御用の FST ファイルでは、操作対象家電と家電操作命令を認識するキーワードとし、それに対するアクションとして家電制御命令の送信である。この記述を行いたい制御全てについて記述する必要がある。しかし、FST ファイルを編集するには、専門的な知識を必要

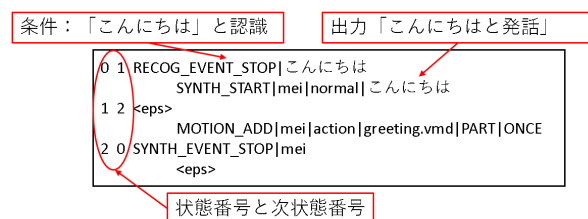


図 2 「こんにちは」と対話を行うスクリプト

Fig. 2 FST script for the dialog "Hello"

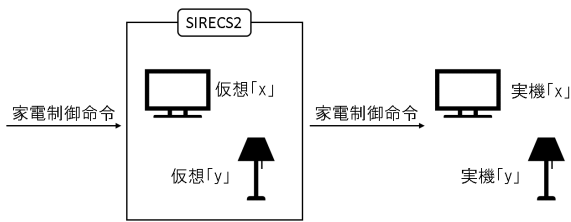


図 3 SIRECS2 の概要

Fig. 3 the overview of SIRECS2

とするため、一般のユーザが記述するのは容易ではないという問題点も挙げられている。

2.2 SIRECS2

SIRECS2 とは、本学で研究されている状況認識型家電制御システムである。全ての家電を機能の集合として捉え、これを仮想家電として定義する。この仮想家電に対して操作を行い、仮想家電の状態を実機家電に反映させるようにする事で、あらゆる家電の状況把握と制御を可能とする。このシステムの概要を図 3 に示す。

入力となる家電制御命令とは、操作対象家電と家電操作命令である。操作対象家電は、SIRECS2 で制御可能な全ての家電であり、図 3 における「x」や「y」といった固有の名前が付けられている。家電操作命令とは、例えば電源のオンとオフ、チャンネルの切り替えなどを表す。ユーザが家電「x」を操作したいと考えた時、SIRECS2 に家電制御命令を与えると、まずは仮想「x」の状態が変更される。その後、実機「x」に対して状態の変更を反映させ、最終的に結果を返す。このとき返す結果は家電や機能の種類によらず、操作が成功したのか、または失敗したのか、さらに既に目的の状態であったかの 3 種類のどれかである。また、全ての制御対象家電において機能とその状態を把握しているため、現在の家電の状態を取得する事も可能である。様々なインタフェースからインターネットを介して SIRECS2 に対して家電制御命令を送信することで、遠隔地からでも家電制御が可能となる。

3. 提案システムの設計

この章では提案システムについて説明する。提案システムでは、一般家庭など、一軒の家の中で複数のユーザが Android 版 MMDAgent を用いてその家の中の家電を使用する場合に、家電を操作しようとするユーザやその居場所及び時刻に応じて操作対象家電と実行可能な家電操作命令を動的に変更可能なシステムの実現を目指す。本研究では、Android 版 MMDAgent が持つ家電制御用 FST ファイルを動的に生成することで、制御対象家電の動的制御を行う。今回は、MMDAgent とは別にサーバを設け、そのサーバにユーザやその居場所及び時刻を特定する機能と FST



図 4 提案システムの概要図

Fig. 4 the overview of proposed system

ファイルを動的に生成する機能を持たせる。このサーバを FST サーバと呼ぶ。Android 版 MMDAgent からこのサーバに対してユーザやその居場所を特定するために必要な情報を与え、あらかじめ用意した条件から実行可能な操作一覧を求める。この操作一覧が操作可能な家電制御用 FST ファイルを動的に生成し、Android 版 MMDAgent に渡す。提案システムの概要図を図 4 に示す。

3.1 定義

まずは、ユーザの状況と条件について定義する。ユーザの状況を成すユーザとその居場所及び時刻について以下の通りとした。

ユーザ

Android 版 MMDAgent と SIRECS2 を利用して家電制御を行うユーザを示す。また、それぞれに固有の名前をつける。

場所

家全体を部屋や廊下などの複数の領域に分割し、その一つの領域に属するとする。また、それぞれに固有の名前をつける。

時刻

MMDAgent から FST サーバに対して家電制御用 FST ファイルの更新要求が来た時刻を示す。

さらに、条件について次のように定めた。

条件

(条件) = (家電制御命令) + (ユーザの状況)
 (家電制御命令) = (操作対象家電) + (家電操作命令)
 (ユーザの状況) = (ユーザ) + (場所) + (時刻)
 想定される組み合わせそれぞれについて定める

これらの条件は、想定するユーザと家電についてあらかじめ決めておくこととする。また、随時変更も可能とする。これらを用いて動的に FST ファイルを生成する。

3.2 FST サーバの設計

FST サーバでは、Android 版 MMDAgent からユーザと

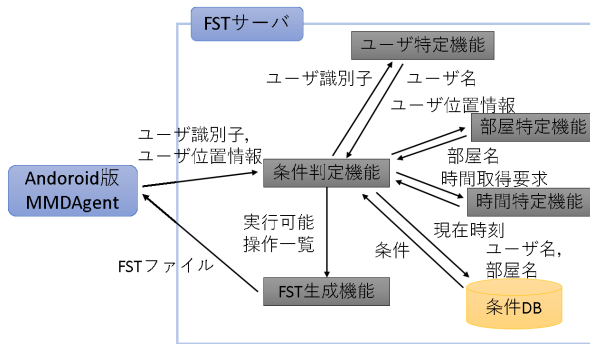


図 5 システム構成図
 Fig. 5 System Architecture

その居場所を特定するために必要な情報を受け取る。さらに時刻を求め、それらと条件を比較し、条件に合う操作一覧を求め、それを元に FST ファイルを動的に生成し、MMDAgent に渡す役割を担う。実現のためには、ユーザとその居場所及び時刻を特定する機能と条件を管理する DB が必要である。また、動的に FST ファイルを生成する機能も必要となる。これらを踏まえ、図 5 のようにシステムを構成する。

3.2.1 ユーザ特定機能

本研究では、各 MMDAgent にそれぞれ固有の ID を割り振り、その ID を識別子とする。その識別子と対応するユーザ名をデータベースで管理しておく。ユーザ特定機能は、ユーザ識別子を受け取り、ユーザ名を管理するデータベースに問い合わせる。それによって得られる、その識別子に対応するユーザ名を出力とする。一人のユーザが複数端末を持つ事が考えられるため、一つのユーザ名に対して複数のユーザ識別子を対応させることを可能とする。また、一つの端末を複数人で使用する場合には複数のユーザ名を指定するのではなく、異なる固有の名前を付ける事とする。

3.2.2 部屋特定機能

この機能では、MMDAgent から受け取った位置情報から部屋を特定し、条件判定機能に返す。GPS の使用できない室内における位置特定の研究はいくつかの手法が提案されているが、誤差なくピンポイントで位置を特定するのは未だ実現が難しい。しかし、部屋単位であれば一定の誤差は吸収されるため正確な一点の位置特定よりも容易であると考えられる。また、位置を正確に一点で特定可能であるとしても、操作対象家電とそれに対する操作を場所によって限定するという本研究の目的においては、その一点のみで操作系列を変更したいとの要求は考えにくい。そのため、部屋などのある程度の大きさの領域で要求が生じるとするほうが適当である。よって、測定可能な範囲内で家全体を複数の領域に分割し、それぞれに固有の名前をつける。そこで、部屋特定に必要な情報とそれに対応する部屋を定めたデータベースを設け、受け取った情報から部屋を

表 1 条件データベース構成

Table 1 Database of condition.

項目	概要
ユーザ	登録されているユーザの名前
部屋	登録されている部屋の名前
家電制御命令	SIRECS2 が実行可能な命令
時間	実行可能とする時間の範囲指定

表 2 条件データベース記述例

Table 2 An Example of Description

ユーザ	部屋	家電制御命令	時間
x	y	テレビ, 電源, オン	(8:20)

特定し、条件判定機能に返す。

3.2.3 時刻特定機能

MMDAgent が FST サーバに対して自身の持つ家電制御用 FST ファイルの更新要求を出した際の時刻を求め、ユーザ識別子や位置情報と共に時刻を受け取る事も可能であるが、端末は手動で時間を変更可能な場合が多く、不正な変更が想定される。そのため、NTP 等を利用して正確に設定されたサーバ側の時刻を取得し、返すこととする。

3.2.4 条件データベース

このデータベースには、ユーザの状況と各家電制御命令との組からなる条件を管理する。その形式を表 1 に示す。

各ユーザの各部屋における各家電制御命令を実行可能は時間の範囲を指定する。ここで、家電制御命令とは例えばテレビの電源をオンにすることや、エアコンの温度を 1℃ 上げるといった、一回の制御を表す。ユーザ x が部屋 y においてテレビの電源をオンにするという操作を 8 時から 20 時の間実行可能とする場合には表 2 のように記述される。この例では時間単位での範囲指定で格納しているが、分単位や秒単位での指定も可能である。しかし、毎秒もしくは毎分操作系列の変更要求があるとは考えにくい。1 時間もしくは 30 分単位程度が現実的であると考えられる。表 2 のような条件を考えられる全ての組み合わせにおいてあらかじめ定め、このデータベースに格納しておく。また、ここに格納された条件自体も変更したい場合が考えられるため、特定のユーザのみ条件を変更可能なインタフェースを提供する。

3.2.5 条件判定機能

条件判定機能では、MMDAgent から FST ファイル更新の要求を受け取ると、ユーザの状況を求めるためにそれぞれの特定機能に対して要求を出す。ユーザ特定機能に対しては、ユーザ識別子を渡す事でユーザ名を得る。また、部屋特定機能に対して、ユーザの位置情報を与える事で部屋名を得る。さらに、時間特定機能に対して現在時刻取得要求を送り、現在時刻の取得を行う。得られた三つの情報のうち、ユーザ名と部屋名を用いて条件データベースを検索する。これにより、各家電制御命令がどの時間で実行可能

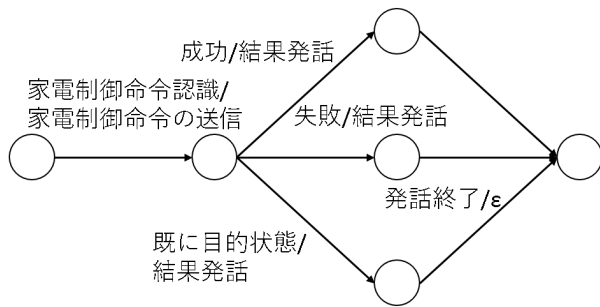


図 6 家電制御に関する状態遷移図

Fig. 6 State transition diagram concerning control

であるかを得る事が出来る。これと求めた現在時刻を比較し、実行可能な操作系列を得る。このようにして求められた操作系列を FST 生成機能へ渡す。

3.2.6 FST 生成機能

この機能ではまず、条件判定機能から実行可能な操作系列を受け取る。次に受け取った操作系列に含まれる操作全てが実行可能な FST ファイルを生成する。この FST ファイルにおいて一操作に関するスクリプトが表す状態遷移図を図 6 のように定める。ある一操作について、まず MMDAgent がすべき事は、その家電制御命令の認識である。そのため、条件として家電制御命令を、それに対するアクションとして認識した命令の SIRECS2 への送信を指定する。次に MMDAgent が行うのは結果の発話である。2.2 でも述べたように SIRECS2 の返す結果は、操作成功または失敗、既に目的状態であったかの 3 種類であり、全ての家電で同一である。そのため、これら三つの結果の受け取りを条件とし、これらの発話をアクションとして記述する。これを全ての操作について行うことで、入力として与えられた操作系列が全て実行可能な FST ファイルが動的に生成される。もし、一切の操作が許されていない場合には、空の FST ファイルが生成される。このようにして作成した FST ファイルを MMDAgent に与える。

3.3 MMDAgent の機能追加

本研究では、適切なタイミングで MMDAgent が持つ家電制御用の FST ファイルを更新する必要がある。今回はインタフェースとしてスマートフォンを対象としているため、そのタイミングを MMDAgent の起動時、またはバックグラウンドからフォアグラウンドに復帰したタイミングとする。部屋の移動や時間の移り変わりなどユーザの状況に変更が生じたタイミングとすることも可能であるが、ユーザが常に MMDAgent を起動しているとは考えにくい。また、部屋の移動や時間の移り変わりにより必ずしもユーザが家電制御要求を持つとは言えない。そのため、今回採用するタイミングで十分目的を達成する事が出来ると考えられる。これらタイミングで、MMDAgent は自身の位置情

報を収集し、ユーザ識別子と共に FST サーバに対して送信する。その後、動的に生成された FST ファイルを受け取ると、それまで持っていた古い家電制御用 FST ファイルを破棄し、新たに受けとった FST ファイルを読み込む。これにより、操作系列が動的に変更される。

4. 実装

4.1 実験環境

提案システムの設計を元にプロトタイプシステムを作成した。利用した機器の詳細を表 3 にしめす。

さらに、部屋特定の為に BLE ビーコン図 7 を用いた。BLE とは Bluetooth Low Energy の略で、超省電力での通信が可能な Bluetooth4.0 の規格であり、Bluetooth はスマートフォンやタブレットなど多くの機器に標準で搭載されている。今回用いたビーコンは、本学における ICT インフラとして、活用されている。このビーコンは約 10m の範囲に 760ms に一度固有の ID を発信している。この ID を部屋の識別に使用した。

また、家電を制御する為に赤外線送信装置として PC-OP-RS1 を用いた。さらに、制御対象の家電としてテレビと電灯を想定する。ユーザと部屋の特定制についてそれぞれ説明する。

4.1.1 ユーザ特定

MMDAgent からサーバに対してあらかじめ定めた文字列を ID として送る事とする。2 人のユーザを想定し、この文字列を 2 通り用意する。この ID に対応する名前をそれぞれ「ユーザ 1」と「ユーザ 2」と名付けた。

4.1.2 部屋特定

今回は 2 つの部屋及び 2 つの廊下を識別するために、そ

表 3 機器詳細

Table 3 Devices details

種別	プラットフォーム	用途
サーバ	Windows 7 Professional Intel Core i7-870 2.93GHz 12.0GB RAM	FST サーバ SIRECS2
スマートフォン	nexus 5 Android 4.4.2	MMDAgent



図 7 BLE ビーコン

Fig. 7 BLE beacon

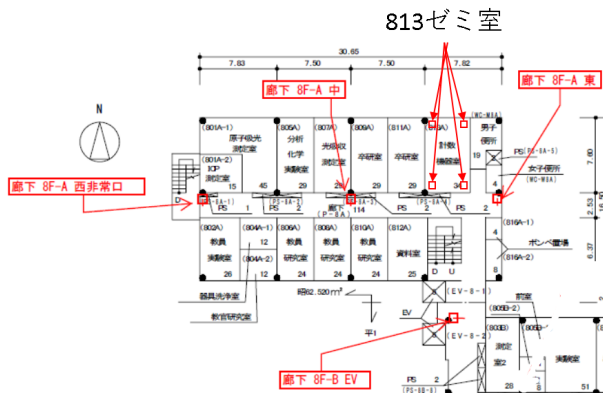


図 8 BLE ビーコンの配置 (1/2)

Fig. 8 Arrangement of BLE beacon (1/2)

o

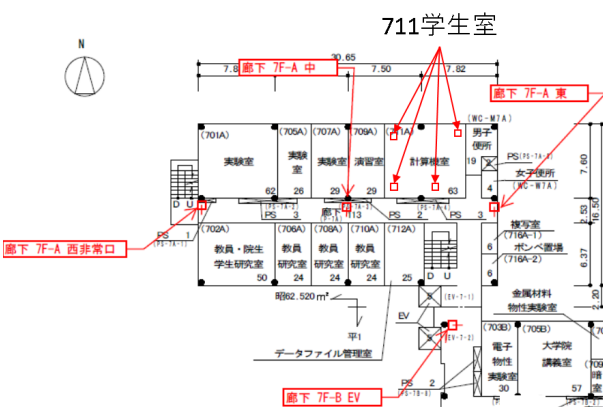


図 9 BLE ビーコンの配置 (2/2)

Fig. 9 Arrangement of BLE beacon (2/2)

それぞれの場所に 4 台の計 16 台のビーコンを設置した。ビーコンの配置は図 8 と図 9 の通りである。それぞれの場所の名前を、「711 学生室」、「813 ゼミ室」、「7 階廊下」、「8 階廊下」とした。

MMDAgent は家電制御用 FST ファイルの更新要求を FST サーバに送る際に Android に標準搭載された Bluetooth 機能を用い、BLE ビーコンからの信号を受信する。MMDAgent は観測できた ID を信号が強い順にソートし、上位の ID が示す部屋を基本的に単に多数決により求める。

MMDAgent において、家電制御用 FST ファイルの更新要求を出すタイミングは、MMDAgent が起動された時、もしくはバックグラウンドからフォアグラウンド起動となった時とする。このタイミングで、BLE ビーコンから受信した信号の内、電波強度の強い順に 4 つの ID とユーザ識別用 ID を FST サーバへ送信する。FST サーバはまず MMDAgent からの家電制御用 FST ファイル更新要求があった時刻をユーザの状況における時刻として計測する。次に、ユーザの状況を求め、あらかじめ定められた条件に従い、そのユーザの状況に適切な操作系列を決定し、FST ファイルを作成する。作成した FST ファイルを MMDAgent に渡し、MMDAgent が家電制御用 FST ファ

表 4 テレビと電灯の機能

Table 4 the function of TV and light

家電	機能	状態
テレビ	電源	ON or OFF
	チャンネル	1~12
	音量	1~50
電灯	電源	ON or OFF

イルを新しいものに読み込み直すことで、変更が完了する。また、条件 DB に対して変更を行うことが出来る Web ページを作成した。以上のように作成したプロトタイプについて、正しく与えた条件において適切な FST ファイルが作成されることを確認する。

4.2 動作確認

今回作成したシステムにより、ユーザの状況に応じて適切な FST ファイルが作成される事を確認する。

4.2.1 確認実験

まず、テレビと電灯の機能を表 4 のように定めた。まずユーザ 1 に関して条件を以下のように定めた。

- 711 学生室では常時どちらの家電も使用不可
- 7 階廊下ではテレビは 12 時より前のみ使用可、それ以降使用不可、電灯は常時使用可
- 8 階廊下ではテレビは常時使用可、電灯は 12 時より前のみ使用不可、それ以降使用可
- 813 学生室では常時どちらの家電も使用可

さらにユーザ 2 は 711 学生室のみで次のように定めた。

- 8 時までではどちらの家電も使用不可
- 8 時から 10 時まではテレビの電源操作とチャンネル 1, 2, 3, 9 のみ実行可、電灯は使用可
- 10 時から 21 時までではどちらの家電も使用可
- 21 時以降どちらの家電も使用不可

全ての条件を網羅する状況で実際に条件に合う FST ファイルが作成されるかを確認する。

4.3 結果

どの状況においてもあらかじめ定めた条件に合う FST ファイルが作成されることを確認した。家電制御用 FST ファイルは一つの家電だけでも数十行から数百行となることもあり、複数の家電となるとさらに記述量が増える。例えば FST ファイルを自由に記述出来る知識を持った人でもこの量の記述は負担であると言え、その手間を削減できているといえる。条件を与えてから FST ファイルが生成されるまでは試行回数 10 回の平均で 481.2[ms] となった。これにサーバとの通信の時間を考慮しても実運用に耐える時間で制御対象家電の動的制御が出来ていることを確認した。

5. まとめと今後の課題

本研究では、MMDAgent を用いた家電制御において、ユーザやその居場所及び時刻といったユーザの状況に応じて制御対象家電を動的に制御するために、家電制御用の FST ファイルを動的に生成することによって解決を図った。そして、作成したプロトタイプシステムにおいて、定められた条件の合う適切な FST ファイルが生成されることを確認した。今後の展開として、ユーザの状況に様々な要素を追加するが可能である。例えば、ユーザ同士に優先度をつけ、自分より優先度の高いユーザが同一領域内にいなければ制御可能とすることが考えられる。また、その日の天候や家電の状況、さらには現在多く研究されているホームオートメーション等を用いた応用が挙げられる。

参考文献

- [1] 岩田 剛士, 金 鎔煥, 片山 喜章, 高橋 直久, 山本 大介: Android 版 MMDAgent と SIRECS2 を用いた音声による対話的家電制御システムに関する研究, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, 2017 年_情報・システム (2), pp169, 2017
- [2] 李 晃伸, 大浦 圭一郎, 徳田 恵一: 魅力ある音声インタラクションシステムを構築するためのオープンソースツールキット, 電子情報通信学会技術研究報告, NLC, 言語理解とコミュニケーション Vol.111, pp.131-137, 2009
- [3] 山本大介, 大浦 圭一郎, 西村 良太, 打矢 隆弘, 内匠 逸, 李 晃伸, 徳田 恵一: スマートフォン単体で動作する音声対話 3D エージェント「スマートメイちゃん」の開発, インタラクション 2013, IPSJ Symposium Series Vol.2013, No. 1, pp. 675- 680, 2013.
- [4] 畠中 貫太, 金 鎔煥, 片山 喜章, 高橋 直久: 仮想家電による家電制御システム SIRECS2 の研究, 電子情報通信学会総合大会講演論文集,
- [5] Google Home,
https://store.google.com/product/google_home
(2018.1.22 参照)
- [6] Amazon Echo,
<https://www.amazon.com/b/?ie=UTF8&node=9818047011>
(2018.1.22 参照)