

研究論文

アンビエントな家電操作実現に向けた 家電機器状態ログ収集システムの提案

青木 良輔^{1,a)} 渡部 智樹¹ 小林 透¹ 小林 稔¹

受付日 2011年12月16日, 採録日 2012年4月13日

概要: ユーザに負担かけることなく、好みや状況に応じた家電制御を可能とするアンビエントな家電操作環境の実現に向けて、様々な家電機器を制御し、かつユーザの好みや状況を把握するのに必要な様々な家電機器の状態ログを収集する方法が必要である。この問題に対して、スマートフォンとリモコン信号プロキシ（以後、RC プロキシと呼ぶ）を用いた家電機器状態ログ収集システムを提案する。本システムを用いることで、様々な家電の操作をスマートフォン1台に集約できるとともに、様々な家電の操作ログを一元集約する。本システムの導入コストを抑えるためにRC プロキシの省メモリ化およびCPUの低廉化を実現する。本システムによって収集されたリモコン操作ログは各家電機器の状態遷移表とユーザの家電機器操作時の行動特性に基づいてデータクリーニングする。この方法により、精度の高い家電機器の状態ログを得ることを可能としている。このシステムのフィジビリティおよび性能を評価するために、5世帯の家庭に本システムを導入し、リモコン操作ログを収集する実験を行い、その有効性を確認した。

キーワード: リモコン信号プロキシ, 状態ログ, データクリーニング, 行動特性

Proposal of a System to Log State Transition of Household Electrical Appliance Operations

RYOSUKE AOKI^{1,a)} TOMOKI WATANABE¹ TORU KOBAYASHI¹ MINORU KOBAYASHI¹

Received: December 16, 2011, Accepted: April 13, 2012

Abstract: We aim to realize a control system that can create an ambient surrounding with household electrical appliances based on user preference and context. This system need to allow users to operate various household electrical appliances and to log state transition of each appliance used to understand user preference and context. To solve this problem, we propose a system which is constructed with a remote controller proxy and a smartphone. The system collects the remote controller operation logs of each household electronic appliance on the smartphone. To reduce cost to introduce this system, the remote controller proxy has small memory and low cost CPU. Before transformation from collected remote controller logs to state transition of each appliance, the system cleans the remote controller logs using a state transition table of each appliance and user's action characteristic during operating each appliance. We confirm the feasibility of this system via an experiment in 5 households and collect state transition of a digital TV in each household accurately.

Keywords: remote controller proxy, state transition log, data cleaning, action characteristic

1. はじめに

近年、組み込み技術やインターネット技術の進展にともな

い高機能な家電機器が登場してきている。しかし、それらの家電機器の操作方法は、独立でかつ複雑であるため、ユーザはその機能を十分に使いこなせていないのが実情である。これは、ユーザが何らかの意図を実現するためには、ユーザ自らがそれぞれの家電機器の具体的な操作に変換して実行しなければならないという問題に起因する。

¹ 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,
Yokosuka, Kanagawa 239-0847, Japan

^{a)} aoki.ryosuke@lab.ntt.co.jp

この問題を解決するために、著者らはユーザに負担をかけることなく、好みや状況に応じた家電制御を可能とするアンビエントな家電操作環境の実現を目指している。このような環境を実現するためには、①ユーザが様々な家電機器を制御する方法、②各家電機器の利用状況を把握するために、各家電機器の状態変化の記録（以後、状態ログと呼ぶ）を収集する方法、③その状態ログからユーザの好みや状況を把握する方法と、④好みや状況に応じたさりげない家電操作をレコメンドできる方法の確立が必要である。

本稿では、①様々な家電機器を制御し、かつ②ユーザの好みや状況を把握するのに必要な様々な家電機器の状態ログを収集する方法として、スマートフォンとリモコン信号プロキシ（以後、RC プロキシと呼ぶ）[1]を用いた家電機器状態ログ収集システムを提案する。本システムを用いることで、無線対応家電機器だけでなく、赤外線で制御される従来の家電機器を含め、ユーザが1つのスマートフォンで各家電機器を操作でき、各家電機器に送信された制御信号（以後、リモコン操作ログと呼ぶ）をスマートフォンで一元集約できる。また、本システムを実現するために必要な機能を、RC プロキシと普及しつつあるスマートフォンにダウンロードする本システム向けリモコンアプリケーションに分離する。RC プロキシは、スマートフォン上のリモコンアプリケーションのスレーブとして機能する。これにより、RC プロキシの高機能化を回避し導入コストを抑制する。さらに、本システムによって収集されたリモコン操作ログを家電機器それぞれの特性に基づく状態遷移表と家電機器を操作するときのユーザの行動特性を用いてデータクリーニングする。この方法により、精度の高い家電機器の状態ログを得ることを可能としている。このシステムのフィージビリティおよび性能を評価するために、5世帯の家庭に本システムを導入し、リモコン操作ログを収集する実験を行い、その有効性を確認した。

近年、家庭内の家電機器を統合的に管理するホームシステム実現のためにECHONET [2], [3]のような規格の標準化が進んでいる。本システムは現状ECHONETが操作対象にできていない赤外線などの従来の家電制御方式に対応している。しかし、本システムでは、個々の家電制御方式とは独立性の高いアーキテクチャをとっている。そのため、ECHONETなどの今後普及するであろう家電制御方式にも柔軟に対応することができる。

以下、本稿の流れである。2章で、対象とする問題を明確にするために家電機器の操作システムおよび家電機器の状態ログの推定という観点で市場動向および関連研究について述べる。そのうえで、問題を解決する手段として提案システムを3章で説明する。4章で本システムの操作性およびリモコン操作ログの収集精度を計測する実験について報告し、5章で今後の課題を明確にする。6章でまとめる。

2. 関連研究

2.1 家電機器操作システム

各家電機器の操作にはそれぞれの機器専用のリモコンで操作することが多く、リモコンを選択する作業はユーザの負担となる。この問題を解決するために3通りの方法がある。1つ目は、ユニバーサルリモコンと呼ばれる商品を用いた方法である。リモコンの各ボタンに各家電機器の操作に使われる赤外線の制御信号を割り当てることができ、ボタンで操作対象の機器を変更することで、1つのリモコンで、各家電機器の操作を実現する。しかし、リモコンのボタン配置、ボタン上に書かれる記号や形状が最もボタンの数を必要とするTVリモコン向けにデザインされているため、必ずしも他の機器を操作しやすいとは限らない。たとえば、TVには音量という概念があるが、エアコンや扇風機に音量という概念はなく、むしろ風量などが適切である。2つ目はHDMI, DLNAやECHONET規格に対応した機器どうしを接続し、機器設定することで、1つのリモコンで操作可能な環境を構築する方法である。しかし、これらの規格に対応した機種は制限されており、必ずしもユーザすべてが恩恵を得られるとは限らない。3つ目は無線信号から赤外線信号に変換し、赤外線を送出する機能を有する端末iRemoconと呼ばれる商品[4]とスマートフォンを組み合わせた家電機器操作システムを用いた方法である。スマートフォンを用いることで、各家電操作に適したUIのデザインを設定でき、iRemoconに対象家電機器の赤外線信号を学習させることで、様々な赤外線対応家電機器も操作できる。しかしながら、このシステムには家電機器の状態ログもしくはリモコン操作ログを蓄積する機能は持たない。加えて、操作対象の家電操作の赤外線信号を学習する機能や、学習したリモコンとスマートフォンから送られた信号を分析し、その信号に対応した赤外線信号を送信する機能などが含まれている。そのため、従来のユニバーサルリモコンと比較して導入コストの点でデメリットがある。

2.2 家電機器の利用状況を推定するためのログ

家庭内の日常生活の中で、多くの家電機器をユーザは利用して生活している。このとき、家電機器を操作する行動にはユーザの意図が含まれており、家電機器の状態変化の記録（状態ログ）を分析することによって、ユーザの好みや家庭内での行動パターンを抽出できる可能性がある[5]。たとえば、テレビで頻繁に音楽番組にチャンネルを変えていたら音楽に興味があると判断できるし、エアコンの温度設定からはユーザが快適と感じる温度を推測でき、照明をON/OFFした時刻からは帰宅や就寝の時刻を推測できる。これらの推測結果を活用することで、各ユーザの生活に適した環境が実現されることが期待される。

このようなサービスを実現するために、家庭内にある各

機器の状態ログを時系列に収集し、その各機器の状態ログの履歴を各家電機器から集約し、集約されたログを分析することが必要となる。状態ログは直接収集する方法と間接的に収集する方法がある。

各家電機器の状態ログをユーザに操作される機器側で直接収集する方法として、家電機器からそのログを送信する方法が考えられる。たとえば、近年の TV や Blue-ray レコーダのように家庭内 LAN 環境に接続可能な家電機器であれば、ネットワークを通じて家電機器の状態ログを送信できる。しかし、現状のところ、家電機器の状態ログを送信するように外部から TV や Blue-ray レコーダのような家電機器に命令する機能は存在しない。ECHONET [2], [3] のように多種多様な家電機器と双方向にネットワーク接続される通信規格の標準化が進んでいるが、状態ログを送信するアプリケーションを持つ ECHONET 対応家電機器も少なく、家電機器は長期間利用するので、現状のところこれらの機器が家庭内に普及するのに時間がかかる可能性が高い。

次に、各家電機器の状態ログを間接的に収集する方法として、リモコンの押されたボタンに対応する赤外線信号の制御信号（リモコン操作ログ）を収集し、そのリモコン操作ログを家電機器の状態遷移表に基づいて状態ログに変換する方法がある。たとえば、IrRC-Logger [6], [7] と呼ばれる赤外線リモコンの制御信号を収集する端末や、文献 [8] のようにリモコン操作ログを蓄積する赤外線リモコンも提案されている。そして、収集されたりリモコン操作ログは「いつどのボタンが押されたか」についての情報のみであり、そのボタンを押した結果、機器の状態がどのように変化したのかまでは分からない。たとえば、テレビのリモコンで「電源」ボタンを押したというリモコン操作ログだけでは、テレビが ON になったのか OFF になったのかを判別できない。また、チャンネルの「1」ボタンが押されたら 1 チャンネルが選局されたと判断できるが、数字ボタンではなくチャンネル選局の上下ボタンを押された場合はそのボタンの情報のみではチャンネルの状態が把握できない。各家電機器はボタン操作に対する状態変化を示す状態遷移表があるので、この遷移表とリモコン操作ログを照合しながら、リモコン操作ログから家電機器の状態ログにする。しかし、従来の赤外線リモコンによる家電機器の操作において、ユーザが赤外線リモコンを家電機器に向ける操作が不正確であるために、リモコンから家電機器に制御信号が届かないときがある。また、ユーザが高速にボタンを連続して押下したときに、家電機器がすべての信号に反応するとは限らない。このため、リモコン操作ログには実際の家電の動作に結び付かない余計なログが含まれる。ゆえに間接的に収集したリモコン操作ログから実際の家電の動作に結び付かない余計なログを削除する必要がある。これをデータクリーニング [9] と呼ぶ。収集したログの中から目的の情報を抽出する

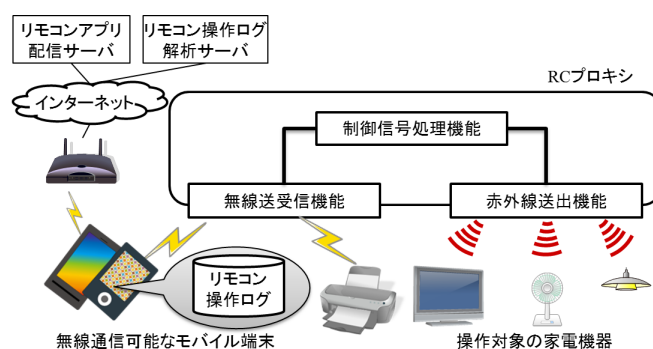


図 1 家電機器状態ログ収集システムのアーキテクチャ

Fig. 1 An architecture of the proposed system to log state transition of each household electronic appliances.

ために、不適切なデータを取り除くデータクリーニング方法が提案されている。たとえば、文献 [10] では、内部犯行の情報漏えいを検知するためにユーザの端末ログ（syslog）から危険行動に関わる操作ログのみを抽出する方法が提案されている。この場合の端末ログである syslog には、実際のユーザの操作と結び付かない各種のデーモンなどが出力するログが含まれる。そのため、危険行動に関わる操作ログのみを抽出する前に、これらの実際のユーザの操作と結び付かない余計なログを削除する必要がある。この場合のデータクリーニングでは、実際のユーザの操作と結び付かない各種デーモンなどのログヘッダが特定できる。そのため、単純なキーワードマッチングによりデータクリーニングが可能である。しかし、本研究で対象としているリモコン操作ログでは、すべてがユーザの操作に結び付いたログである。そのため、既存研究で行われているような単純なキーワードマッチングによるデータクリーニングは適用できない。

3. RC プロキシを用いた家電機器状態ログシステム

3.1 システムアーキテクチャ

2 章で述べられた関連研究における課題を解決するための要件は以下のとおりである。

- ① 導入コストを抑えたりリモコン操作ログ収集システムであること
- ② 各家電機器のリモコン操作ログを一元集約できること
- ③ リモコン操作ログに適したデータクリーニングができること

これらの要件を満たすために、本稿では、スマートフォンとリモコン信号プロキシ（以後、RC プロキシと呼ぶ）を用いた家電機器状態ログ収集システムを提案する。図 1 に本システムのアーキテクチャを示す。RC プロキシは無線送受信機能と赤外線送出機能を備えており、制御信号処理機能はモバイル端末から受信した家電機器の制御信号を、操作対象の家電機器が無線対応家電機器である場合は無線

表 1 状態ログへの変換

Table 1 Translation from remote controller operation log to state log of appliances.

データクリーニング後の リモコン操作ログ		状態ログ	
時間	押下されたボタン	電源の状態	視聴番組
2011/2/8 22:43:46	電源	電源 ON	
2011/2/8 22:44:13	デジタル-3CH	電源 ON	地デジ 3ch
2011/2/8 22:44:18	デジタル-6CH	電源 ON	地デジ 6ch
2011/2/8 22:54:23	チャンネル-アップ	電源 ON	地デジ 7ch
2011/2/8 22:54:32	チャンネル-アップ	電源 ON	地デジ 8ch
2011/2/9 23:33:45	電源	電源 OFF	地デジ 8ch

で、操作対象の家電機器が赤外線対応家電機器である場合は赤外線で送信する役割を担っている。これにより、赤外線受信対応の家電機器および無線受信対応の家電機器の両方を操作できる。

本システムは従来の赤外線対応の家電機器のような既存の家電機器や普及しつつあるスマートフォンあるいはタブレット端末を利用できるので、システムの導入に必要なのは RC プロキシとなる。導入コストを抑えるためには、RC プロキシの省メモリ化および CPU の低廉化が求められる。そこで、本システムの中で RC プロキシを、近年、処理速度も速く、記憶容量も高いスマートフォンのスレーブ的な役割とする。それにより、RC プロキシの処理負荷を低減することで低コスト化を図る（要件①）。スマートフォンにダウンロードする本システム向けリモコンアプリケーションに、各家電機器の操作に適したボタン配置やボタンのラベルになったユーザインタフェースのデザインだけでなく、各家電機器を操作するのに必要な制御信号の情報を蓄積する機能を持たせる。加えて、1つのスマートフォン上で各家電機器を操作できるので、各家電機器のリモコン操作ログをスマートフォン内部のメモリに一元集約できる（要件②）。こうすることで、RC プロキシは、スマートフォンから送られた制御信号のとおり、無線信号あるいは赤外線信号を送信する。次に RC プロキシの制御信号処理機能の処理負荷を低減するために、スマートフォンから RC プロキシに送信される情報には、送信先が無線対応家電機器か赤外線対応家電機器かを示すタグと制御信号が含まれる。RC プロキシの制御信号処理機能はタグを確認するだけで送信種別を決定できる。送信先が無線対応家電機器ならば、RC プロキシは単なるルータの役割をし、対象となる家電機器に受信した制御信号を送信する。また、送信先が赤外線対応家電機器ならば、制御信号のフォーマットを信号レベルでとらえたデータ配列に置換したものを使う。それによりその配列どおりに赤外線を発光すればよく、RC プロキシの高機能化が避けられる。

本システムにおいて、RC プロキシと各家電機器間は赤外線で片方向通信するので、収集されたリモコン操作ログは家電機器に影響を与えなかった余計なログが含まれる。

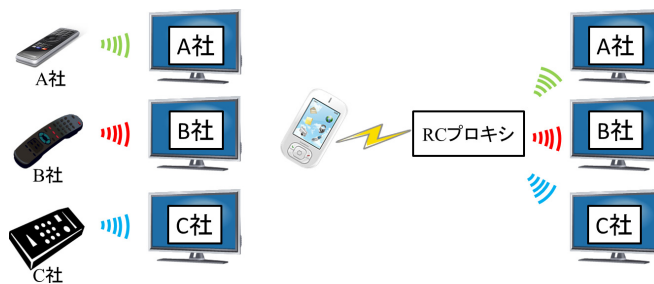


図 2 従来の家電操作と提案システムの家電操作の違い

Fig. 2 A difference between a conventional system and the proposed system.

本稿では、リモコン操作ログと家電機器それぞれの状態遷移表、および家電機器を操作するときのユーザの行動特性を用いてデータクリーニングする（要件③）。そのデータクリーニングされたログを、状態遷移表を用いて状態ログにする（表 1）。

最後に、上記で述べたアーキテクチャを実装するための課題を下記に示す。

- 赤外線制御信号フォーマットを規定
- リモコン操作ログの状態遷移とユーザの行動特性を用いたクリーニングの実装
- RC プロキシのハードウェアの設計
- 容易なシステム構築

これらの課題を解決する方式を 3.2 節 3.5 節に示す。

3.2 赤外線制御フォーマットの規定

メーカーや機種によって赤外線による制御信号のフォーマットが異なる。図 2 の左図のようにリモコンと家電機器の関係が 1 対 1 対応であれば、各リモコンから各メーカーによって規定されたフォーマットの赤外線制御信号を送信すればよい。しかし、本システム（図 2 の右図）のように、リモコンと家電機器の間を仲介する RC プロキシを用い、かつ RC プロキシは異なるメーカーの家電機器を操作できるようにする場合、リモコンから RC プロキシへ何らかの形で家電を制御する情報を伝達する必要がある。2 種類の情報の形態が考えられる。1 つは操作対象のメーカーとそのメーカーの家電機器に対する操作の種別を組み合わせた形態であ

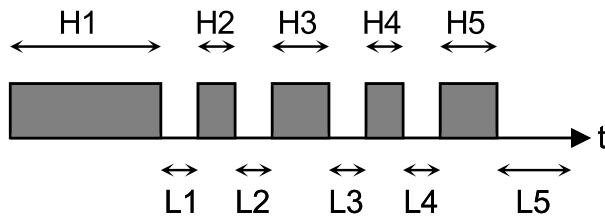


図 3 赤外線制御信号の波形イメージ

Fig. 3 A wave pattern of an infra-red signal.

る。たとえば、「A 社+電源」や「B 社+音量アップ」などがあげられる。もう一方は、赤外線の制御信号を信号レベルでとらえたデータ配列に置き換えたものを利用する形態である。前者の場合、受け取った情報を RC プロキシが解釈して赤外線制御信号に変換する必要がある RC プロキシに負荷がかかる。加えて、その処理を行うために、各メーカーの制御信号の情報を前もって蓄積するため、メモリなどのリソースに影響を与えたり、新たな機器追加のたびにその機器の制御信号の情報を更新する必要があるなどの操作が必要となったりする。新しいフォーマットの赤外線の制御信号が必要な場合、随時、蓄積する情報をアップデートする手間も生じる。一方、後者であれば、受信した制御信号をその配列のとおり赤外線を発光すればよく、RC プロキシの負荷が少ない。そこで本研究では後者の方式を採用した。以下、赤外線制御信号フォーマットの規定方法について述べる。

多くのリモコンの赤外線信号は、図 3 のようなパルス信号の波形により伝送されている。図中、H1, H2... は赤外線が発光されている時間（発光時間長）、L1, L2... は発光されていない時間（非発光時間長）を示している。この発光している Hn の部分や発光していない Ln の部分、あるいは Hn と Ln の両方に着目し、その時間長で 0/1 を識別している。そこで、発光時間長と非発光時間長をデータ配列とし、先頭にその全体個数を示すようなデータ記述フォーマットを規定した。

〈データ記述フォーマット〉

データ個数, Hn 時間長, Ln 時間長, ...

- ・データ個数：自身を入れたデータ数
- ・Hn 時間長：n 番目の発光時間長 (μsec)
- ・Ln 時間長：n 番目の非発光時間長 (μsec)

このような記述方法により、任意の赤外線制御信号のフォーマットでも記述することが可能となる。図 4 はある 3 社のテレビの電源操作の赤外線制御信号を規定したデータ記述フォーマットで示したものである。本システムで収集した、あるテレビ（図 4 の A 社）のリモコン操作ログを図 5 に示す。日付、時刻の後に続くデータ列が赤外線制御信号となっている。図 4 の A 社の赤外線制御信号と同じデータ列が、図 5 の 1 行目にも記録されていることから、1 行目の操作内容は電源ボタンが押されたことが分かる。

A 社	50,357,163,54,32,54,119,56,30,54,32,54,33,53
B 社	50,349,160,46,42,43,122,43,42,43,122,43,42,4
C 社	34,914,437,69,44,69,44,69,44,69,44,69,44,69,4

図 4 各社の赤外線制御信号の違い（“電源” ボタンの場合）

Fig. 4 Differences of each maker's infra-red signal.

2010/02/08, 23:07:31,	50, 357, 163, 54, 32, 54, 119, 56, 30, 54, 32, 54, 33, 53, 33, 54, 32, 54
2010/02/08, 23:07:32,	50, 358, 163, 53, 33, 56, 117, 54, 33, 53, 33, 53, 33, 54, 32, 54, 33, 53
2010/02/08, 23:07:40,	50, 362, 160, 54, 32, 57, 116, 54, 32, 57, 30, 53, 33, 54, 32, 54, 32, 54
2010/02/08, 23:07:43,	50, 362, 160, 54, 32, 57, 116, 54, 32, 57, 30, 53, 33, 54, 32, 54, 32, 54
2010/02/08, 23:07:47,	50, 362, 160, 54, 32, 57, 116, 54, 32, 57, 30, 53, 33, 54, 32, 54, 32, 54
2010/02/08, 23:07:49,	50, 362, 160, 54, 32, 57, 116, 54, 32, 57, 30, 53, 33, 54, 32, 54, 32, 54

図 5 規定された赤外線制御信号フォーマットで収集したリモコン操作ログの一部

Fig. 5 A part of remote controller operation logs collected by prescribed infra-red signal format.

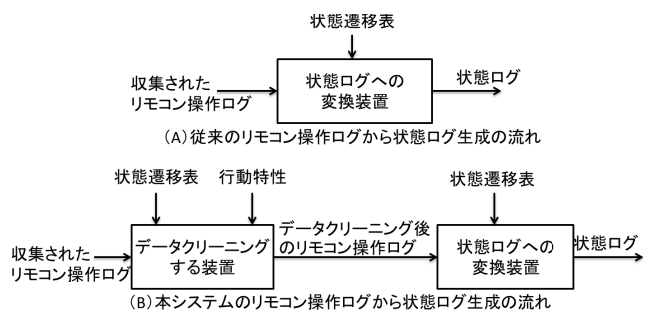


図 6 リモコン操作ログから状態ログに変換する流れ

Fig. 6 A flow of translation from remote controller logs to state transition logs.

3.3 リモコン操作ログの状態遷移と行動特性を用いたデータクリーニングの実装

本節では、リモコン操作ログのデータクリーニング方法に関して述べる。リモコン操作ログは実際の家電機器の操作と結び付かない操作ログが含まれているので、従来の状態ログ生成方法（図 6 (A)）では、精度の高い状態ログにならない。そこでこの問題を解決するために、図 6 (B) に示すように収集されたリモコン操作ログと家電機器の状態遷移表を比較し、ユーザの家電機器操作時の行動特性に基づいてデータクリーニングする方法を提案する。具体的に述べる。収集したリモコン操作ログの流れと対象家電機器の状態遷移表とを比較することで、家電機器の操作と結び付いていない可能性の高い部分を抽出する。さらに、抽出した分に対して、家電機器操作時のユーザの行動特性に基づいて矛盾があるかどうかを判定することでデータクリーニングする。

ここでは、家電機器の操作と結び付かない電源のボタンのログがあった場合に生じる電源の ON/OFF の状態が逆転する問題について詳細に述べる。この問題に着目したのは、実際にリモコンの操作があった場合でも電源 OFF 状態ではそのリモコン操作ログはユーザのボタンミスと判断し、状態ログの精度の低下に大きく影響を与えるからであ

る。以下、デジタル TV を対象とした電源の ON/OFF 状態の補正方法について述べる。

まずリモコン操作ログと状態遷移表を比較したときに、電源が OFF 状態で何度も電源ボタン以外のボタンが押されていたら電源の ON/OFF の状態が反転している可能性がある。家電機器の反応が遅いときにユーザが意識的に連続してボタンを押す行動特性や、ユーザが 1 度しかボタンを押していないと思っても無意識に連続してボタンを押す行動特性に着目すると、短時間の間に連続してボタンが押されたときは 1 つの電源の制御信号しか家電機器が反応していない可能性がある。ゆえに、短時間に連続して押された電源ボタンを 1 つの制御信号と見なす。また、ユーザは電源 ON 状態にしてから短時間内に電源以外のボタンを押す行動も考えられる。そこで、1 つと見なした電源ボタンの状態が電源 OFF 状態と判定されてから短時間内に電源ボタン以外のリモコン操作が何度も押されていたら、電源の ON 状態にする。

次に、電源 ON 状態で長時間、どのボタンも押されていないなかったら、電源の ON/OFF の状態が反転している可能性がある。このとき、ユーザの行動特性として番組には制限された時間があり、長時間、1 度もチャンネルを変えずに見ることは少ないと考えられる。ゆえに、電源 ON 状態でも、そのあと、長時間、電源が OFF にもならず、他のボタンも押されていないなかったら、電源 OFF 状態とする。上記で述べたことを考慮し本稿では下記のようなルールベースのアルゴリズムを実験で適用する。

- A) リモコン操作ログの中に連続して電源の制御信号が存在し、かつその間隔が短い（本実験では 15 秒に設定）場合は、1 つの制御信号と見なす。このとき、制御信号の時刻は対象とする電源の制御信号の中で最後の時刻に設定する。間隔の設定時間以外のすべての電源の制御信号に対してこのルールが適用される。
- B) 電源 OFF 状態で、30 秒間以内に電源の制御信号以外の制御信号が送信されている場合は電源 ON 状態に変更する。
- C) 電源 ON 状態で制御信号が追加されるたびに、次の制御信号までの時間間隔を計測し、その時間間隔が 6 時間以上の場合は、追加される前の制御信号の時間で電源 OFF 状態にする。

3.4 RC プロキシのハードウェアの設計

RC プロキシを家庭内の部屋に導入するにあたり下記の要件を満たすように RC プロキシのハードウェアの設計を考える必要がある。

- (1) RC プロキシを赤外線対応の家電機器に届く位置に設置できること
- (2) 部屋のデザインもしくは家電機器のデザインにできる限り影響を与えない位置に RC プロキシを設置できる



図 7 RC プロキシのハードウェアの例

Fig. 7 Examples of the remote control proxy.

こと

- (3) 部屋のレイアウト変更に対応できること

(1), (2) の要件を満たすために、見通しの良い天井から赤外線信号を部屋内の家電機器に送出できるシーリングライト一体型 RC プロキシ（図 7(A)）を試作した。この装置は赤外線送出モジュールを 8 つの方向に装着することで、赤外線の到達範囲を広げており、シーリングライトのライトに供給する電力を用いることができる。しかしながら、部屋に必ずしもシーリングライトがあるとは限らない。そこで (1), (2) だけでなく (3) を満たすために、デジタルフォトフレームやインターネットラジオプレーヤとして使われる小型端末に赤外線発光機能を搭載した装置を試作した（図 7(B)）。持ち運びしやすく、部屋ごとに使いやすい位置に設置できるという利点がある。ただし、この装置は赤外線が届かないエリアが存在するため、設置場所によって RC プロキシから各家電機器に赤外線が届かない危険性を持つ。そこで、家庭ごとに家電機器の配置や RC プロキシの設置可能な状況そして利用ユーザの好みに応じて、RC プロキシのハードウェアを選択し設置することを前提とする 4 章での実験では図 7(B) を用いた。

3.5 容易なシステム構築

システムの設定から家電機器の操作までの流れを説明する。

1. 設置するすべての RC プロキシを家庭内の無線 LAN に接続。
2. スマートフォンを家庭内の無線 LAN に接続。
3. 操作対象の家電機器に対応したリモコンアプリをスマートフォンにインストール。
4. 操作したい家電機器に制御信号が届く RC プロキシをリモコンアプリに設定。
5. 操作したい家電機器の数だけ 3 4 の作業を実施。
6. 操作対象の家電機器のリモコンアプリを起動し、操作。
7. アプリケーションの選択によって操作対象の機器を変更。

このように、RC プロキシを設置し、リモコンアプリケーションをダウンロードし、操作対象の RC プロキシをアプリケーションに設定するだけで容易に利用できる。

4. システム評価

4.1 実験目的

Wi-Fi 通信可能なモバイル端末と RC プロキシを用いた家電機器状態ログ収集システムによる家電機器の操作性およびリモコン操作ログの収集精度を評価する実験を行った。実験では、操作対象の家電機器に最も複雑な操作を要するデジタル TV を対象とした。

4.2 被験者

日常生活で頻繁にデジタル TV を利用する東京都の 5 世帯を集めた。各世帯に本システムを配布し、日常生活で利用しているデジタル TV の操作を、本システムで提供された無線通信可能なモバイル端末で利用してもらった。各世帯の家族構成と、操作対象のデジタル TV のメーカーおよび機種を下記に示す。

- 世帯 A：(父 42 歳，母 33 歳) (PANASONIC 37Z3500)
- 世帯 B：(父 52 歳，母 47 歳，長男 19 歳，次男 17 歳，長女 12 歳) (東芝 REGZA Z7000)
- 世帯 C：(父 43 歳，母 42 歳) (PANASONIC 32A950L)
- 世帯 D：(父 33 歳，母 33 歳) (東芝 TH42PZ80)
- 世帯 E：(父 46 歳，母 43 歳，長男 16 歳，次男 13 歳) (東芝 TH-P42G2)

4.3 実験装置

各世帯に設置された具体的なシステムについて述べる(図 8)。RC プロキシとして、無線 LAN デバイスである Chumby [11] に赤外線 LED を加え、家電機器を操作するための制御信号を送出できるように改造した装置を用いた。家電機器の操作端末として、第 3 世代の iPod Touch を用い、各世帯で使われているデジタル TV に合わせたリモコンアプリケーションを前もってインストールしておいた。普段利用しているリモコン端末と同じ配置にキーが配置され、キーが表示しきれない部分はフリック操作により画面をスクロールできるようにした(図 9)。つまり、普段利用しているリモコンの機能はすべて利用できるようにした。ユーザが押したボタンの制御信号と操作時間はリモコン上に蓄積され、リモコンアプリの画面上にあるログ送信ボタンを押すと、収集したリモコン操作ログがネットワーク上のデータベースに送信される。

4.4 実験手順

各世帯の代表者に 4.3 節で述べた実験装置の設置および設定方法を前もって説明した。ユーザは実験装置を受け取り、各自でシステムの設置および設定を行った(図 10)。実験開始後、普段利用していたリモコンの代わりに配布したモバイル端末を用いて、普段どおりにデジタル TV を利

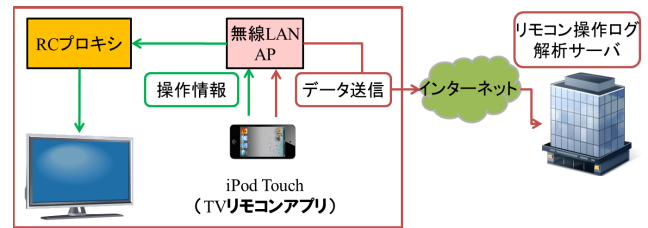


図 8 実験システム

Fig. 8 An experimental system.



図 9 リモコンアプリ，表示画面

Fig. 9 A remote controller application and display of the application.

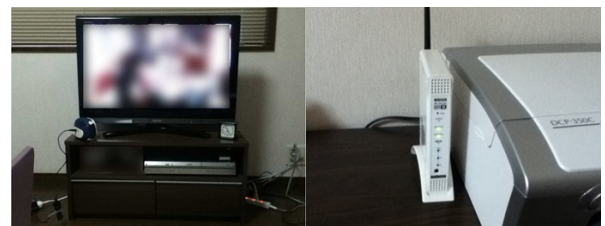


図 10 システムの設置例

Fig. 10 An example of setting the proposed system.

用してもらった。1 日 1 回，ログ送信ボタンを押下し，データベースにリモコン操作ログをアップデートしてもらった。実験期間は 22 日間であった。

本システムによって得られたリモコン操作ログの収集精度を検証するためには，ユーザが視聴した番組に関する情報が必要である。本実験では，各世帯の番組表雑誌を配布し，対象となるデジタル TV で視聴した番組をチェックしてもらった。

4.5 実験結果

各世帯から収集された番組表雑誌から得られた各ユーザの視聴番組の履歴を世帯ごとに統合することで，実験の対象となったデジタル TV で視聴された番組の履歴（以後，正解データと呼ぶ）を作成した。次に，リモコン操作ログを従来の状態ログの生成方法（図 6(A)）と本システムが提案する状態ログの生成方法（図 6(B)）それぞれで状態ログを生成した。評価方法として捕捉率を定義した。捕捉率とは，正解データの中に状態ログで示される番組がどの程度存在するかを示した指標である。正解データと状態ログ

表 2 状態遷移表に基づいて状態ログ作成したときの捕捉率

Table 2 A capture rate when making state logs based on a state transition table.

(% (正解データ内に状態ログの視聴番組が存在した数/正解データの視聴番組数))

世帯 A	世帯 B	世帯 C	世帯 D	世帯 E
74% (125/170)	51% (111/219)	40% (59/147)	51% (89/173)	67% (153/228)

表 3 補正ルールを加えたときの捕捉率

Table 3 A capture rate when adding correction rules.

(% (正解データ内に状態ログの視聴番組が存在した数/正解データの視聴番組数))

世帯 A	世帯 B	世帯 C	世帯 D	世帯 E
88% (150/170)	94% (206/219)	73% (107/147)	81% (140/173)	84% (192/228)

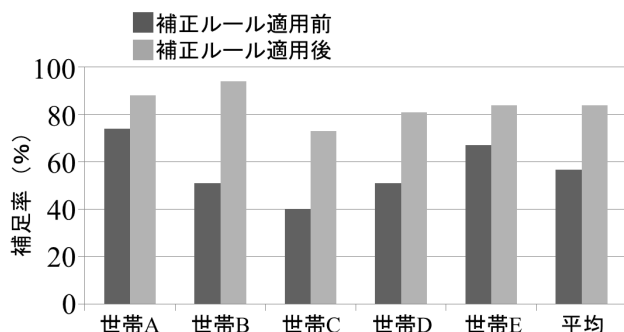


図 11 捕捉率の比較

Fig. 11 A comparison of capture rates.

を比較して得られた捕捉率を表 2, 表 3 に示す. 表 2 と表 3 を比較した結果を図 11 に示す. 補正ルールを加えた方が, 捕捉率は高くなった.

4.6 考察

実験結果より, 本システムが提案する状態ログの生成方法の方が高精度な状態ログを取得できることが確認された. つまり, 本システムで収集されたリモコン操作ログには家電機器の操作に影響を与えなかったログが含まれていると考えられる. 特に本実験においては, リモコン操作ログを精査した結果, 電源の制御信号が連続して複数存在することが多く発生したことによる電源のボタンの数が合わないことが影響していることも確認された.

電源の制御信号の数が増えた原因について考察する. 被験者に行ったアンケートの中に, タッチスクリーンによるボタン操作は押した感覚がないため何度も同じボタンを押してしまうことがあったことや, 電源を押してからデジタル TV の反応が遅いため, 何度も電源ボタンを押してしまったことが記述されていた. これはシステムの反応性を改善することで解決できると考えられる.

本実験では, デジタル TV を対象に実験を行ったが, 本システムのアーキテクチャはエアコンなどの他の赤外線

対応家電機器に応用することが可能である. 赤外線で通信する以上, スマートフォンに 3.2 節での赤外線フォーマットで制御信号を前もってリモコンアプリケーションに含めていれば操作できるからである. ただし, 他家電機器のリモコン操作ログの補正方法に関して 3.1 節で述べた考え方は同じ方針でよいが, 各家電機器によって家電操作時のユーザの行動特性は異なるので, 各家電機器に合わせる必要があると考えられる.

本システムの操作性に関するアンケート結果について述べる. デジタル TV にリモコンを向けなくてよい点, 小型で持ち運びが便利な点が受け入れられた. 一方で, 本人が意識していないところでボタンを押してしまう点, 感触がないため, 何度もボタンを押してしまう点, および持たずすぐに利用できる通常のリモコンと比べて, 画面を立ち上げ, アプリを選択し, そのうえでボタンを押す操作が使いにくいという点が指摘された. 今後は, リモコンアプリは初期画面上でも利用できるように設定できるなどのスマートフォンに合わせたインタフェースデザインを検討していく必要がある.

本システムの設置および設定を各世帯のユーザ自身に行ってもらった結果, 問合せなく設置および設定できた. ただし, 電源供給する場所に困ったというアンケート記述があった. これはバッテリーで長期間対応できることが求められることを示唆している.

5. 今後の課題

今後より捕捉率を高めるためには, 制御信号がデジタル TV に届かないことで影響を受けやすい操作であっても捕捉できるようにすることが望ましい. たとえば, 電子番組表やミニ番組表を用いた視聴番組の選択する操作や入力切替え操作である. これらの操作はメニュー上のカーソルを動かし, 選択したい項目で決定ボタンを押す操作であり, 制御信号を見失うことでカーソルの移動先も見失う. 電源の ON/OFF の状態推定よりも複雑であり, 今後の課題と考える.

捕捉できた範囲で確認することができたユーザの視聴傾向について述べる. 番組表に視聴番組を記入する際にすべて視聴した番組かそれとも一部のみ視聴した番組かも並行してチェックしてもらった. ザッピングの回数が少ない場合は, すべて視聴した番組となる傾向があった. 逆に, ザッピングが多い場合は, 一部のみ視聴した番組を選択する傾向があった. このことからザッピングの頻度が少ないほど番組に対する興味度が高いことを示唆していると考えられる. また, 番組はつけっぱなしであっても, ユーザがそれを視聴したと認識していないケースも存在し, その番組の選択の前にはザッピングが行われている傾向があった. 現状の捕捉率であっても, このように本システムはユーザの傾向を得られる可能性があるため, 被験者を増やして今後

詳細に検討する必要がある。

デジタル TV 以外の家電機器のユーザの行動特性を把握し、リモコン操作ログを補正する具体的なアルゴリズムについて検討する必要がある。

6. おわりに

ユーザに負担かけることなく、好みや状況に応じた家電制御を可能とするアンビエントな家電操作環境の実現に向けて、様々な家電機器を制御し、かつユーザの好みや状況を把握するのに必要な様々な家電機器の状態ログを収集する方法の必要性を述べた。この問題に対して、スマートフォンと RC プロキシを用いた家電機器状態ログ収集システムを提案した。提案したシステムを実際に各世帯に配布し、本システムのリモコン操作ログの収集精度を、デジタル TV を対象に評価した。リモコン操作ログ向けのデータクリーニングを組み込むことで高い精度の状態ログを得ることができた。今後は、他の家電機器も含め状態ログの収集評価および被験者を増やして、実際に収集可能なユーザの好みや意図に関して検討していく。

謝辞 実験の準備、実施および実験データの分析にご協力いただいた構造計画研究所の皆様に、そして被験者として実験にご協力いただいた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 渡部智樹, 青木良輔, 井原雅行, 小林 稔, 阿部匡伸: 「リモコン信号プロキシ」を用いた機器操作ログ収集システム, 電子情報通信学会技術研究報告 LOIS, 23-28 (2010).
- [2] ECHONET エコーネットコンソーシアム, 入手先 <http://www.echonet.gr.jp/index.htm>.
- [3] ECHONET SPECIFICATION 第一部 ECHONET の概要, 入手先 <http://www.echonet.gr.jp/spec/pdf/v321/SpecVer321.01.pdf>.
- [4] iRemocon SITE | GLAMO INC., available from <http://i-remocon.com/>.
- [5] Abe, M., Morinishi, Y., Maeda, A., Aoki, M. and Inagaki, H.: A Life Log Collector Integrated with a Remote-Controller for Enabling User Centric Services, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol.55, No.1, pp.295-302 (2009).
- [6] 中道 上, 上野秀剛, 安藤昌也: IrRC-Logger: ユーザの意図分析を目的としたリモコン操作記録システム, インタラクシオン 2007 論文集, Vol.2007, No.4 (2007).
- [7] 中道 上, 上野秀剛, 安藤昌也: IrRC-Logger: リモコン操作履歴に基づく実験的ユーザ行動分析, インタラクシオン 2009 論文集 (2009).
- [8] 渡部智樹, 青木良輔, 小林 稔, 阿部匡伸: リモコン操作時間間隔に着目した TV 番組選択に関する一考察, FIT2010 (2010).
- [9] 石川佳治, 黒川沙弓, 張 建偉, 北川博之: データクリーニングを統合した抽出システムの提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106, No.150, pp.61-66 (2006).
- [10] 豊田真智子, 櫻井保志, 小林 透, 市川祐介: 端末操作ログから情報漏えい検出, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.10, pp.1234-1246 (2010).
- [11] Chumby (チャンビー) 日本公式サイト | 株式会社ジーク

ス, 入手先 <http://www.chumby.jp/>.

- [12] Nakamura, Y., Ito, T., Tezuka, H., Ishihara, T. and Abe, M.: PersonalizeTV-program an Recommendation Based on Life Log, *IEEE Conf. Consumer Electronics* (2009).
- [13] 渡部智樹, 小林 稔, 阿部匡伸: ユーザの操作を記録し活用するライフログリモコン, NTT 技術ジャーナル, Vol.22, No.7, pp.16-19 (2010).



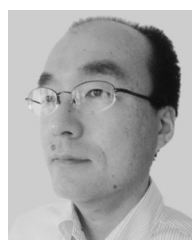
青木 良輔 (学生会員)

2005 年東北大学工学部機械知能系卒業。2007 年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。同年 NTT サイバーソリューション研究所に入社。現在、同研究所に勤務し、ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。2011 年東北大学大学院情報科学研究科博士後期 3 年の課程に入学し、在学中。ヒューマンインタフェース学会, IEEE 各会員。



渡部 智樹 (正会員)

1992 年横浜国立大学工学部電子情報工学科卒業。1992 年 NTT ヒューマンインタフェース研究所に入社後、放送通信連携に関わる大規模データ集配信技術の研究開発に従事。現在、NTT サイバーソリューション研究所に勤務し、家電制御に関わる研究開発に従事。



小林 透 (正会員)

1985 年東北大学工学部精密機械工学科卒業。1987 年同大学大学院工学研究科修士課程修了。同年 NTT 入社。以来、ソフトウェア生産技術、ユビキタスコンピューティング、情報セキュリティ等の研究開発に従事。現在、NTT サイバーソリューション研究所、主幹研究員。電子情報通信学会, IEEE 各会員, 博士 (工学)。



小林 稔 (正会員)

1988 年慶應義塾大学工学部計測工学科卒業。1990 年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話(株)入社。NTT ヒューマンインタフェース研究所にて CSCW の研究に従事。1994 年より 1996 年まで米国マサチューセツ

工科大学大学院 (Program in Media Arts and Sciences) 修士課程修了。主に映像を用いたコミュニケーションメディア, バーチャルリアリティ, マルチモーダルインタフェース等の研究に従事。現在, サイバーソリューション研究所ヒューマンインタラクションプロジェクト主幹研究員。ACM, IEEE Computer Society, 電子情報通信学会, 画像電子学会, 日本バーチャルリアリティ学会, 可視化情報学会各会員。博士 (工学)。