

プレゼンスセンシングのログを用いた部屋状態の推定

檜尾 勇樹[†] 松本 真佑[†] 佐伯 幸郎[†] 中村 匡秀[†]

[†] 神戸大学 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

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

あらまし ホームネットワークシステムでは、人のプレゼンスを利用することでより高度なサービスが可能となる。我々は先行研究において、宅内におけるプレゼンスの一元的な取得・提供が可能となるフレームワーク、Continuous Presence Sensor Service Framework (CPSSF) を提案した。CPSSF ではセンサ付近に人がいるかどうかを表すプレゼンス尤度をデータベースに蓄積するが (プレゼンスログ)、その活用方法や有効性についてはまだ検討されていない。本稿ではプレゼンスログの活用方法の一つとして、プレゼンスログを元とした部屋状態の機械学習による推定について検討を行っている。また、部屋状態の推定を活用したサービス例についても考察を行っている。

キーワード プレゼンスセンシング、ホームネットワークシステム、プレゼンスログ、Web サービス、赤外線センサ、決定木

Estimating situations of a room using presence sensing log

Yuki KASHIO[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], Sachio SAIKI[†], and Masahide NAKAMURA[†]

[†] Kobe University, Rokkoudai 1-1, Nada, Kobe, Hyogo 657-8501 Japan

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

Abstract In the home network system (HNS), the advanced services can be provided by using human presence. In our previous research, we have proposed Continuous Presence Sensor Service Framework (CPSSF). CPSSF is a framework which estimates and provides human presence in houses. CPSSF stores presence likelihood, which express whether human is in near sensors, in database (presence log). However, use case and the efficiency of presence log are not have been discussed previously. In this paper, we discuss the method of estimating situation of rooms by using machine learning as one of the use case of presence log. Furthermore, we also discuss some services which uses estimating situation of rooms.

Key words presence sensing, home network system, presence log, Web services, infrared sensors, decision tree

1. はじめに

特定の位置に人やモノが居るかどうかを判断するプレゼンスセンシングは、機器の自動制御やスマートサービスに幅広く応用される技術である。自動ドアや自動照明をはじめとして、家電の節電制御や、オフィスにおける機器や空調の効率運転、ビルの廊下の照明制御など様々な局面で利用されている。我々の研究グループでは、次世代の宅内環境、ホームネットワークシステム (HNS) [1] の研究を続けており、一般住宅内におけるプレゼンスセンシング手法について検討を行っている。

我々は先行研究 [2] [3] において Continuous Presence Sensor Service Framework (CPSSF) を提案し、実装を行っている。CPSSF は屋内に設置された複数のプレゼンスセンサの情報を一元的に集約し、他のアプリケーションから利用しやすい形で提供するフレームワークである。様々な種類のプレゼンスセン

サ (赤外線センサや圧力センサ、超音波センサなど) の特性の違いは CPSSF によって抽象化される。これにより、複数のプレゼンスセンサが混在するプレゼンス環境の実現、他アプリからのセンサ情報の再利用性確保といった利点が得られる。また、CPSSF は過去のプレゼンス情報 (プレゼンスログ) をデータベースに保持する仕組みを持っており、プレゼンスログを用いた別サービスへの応用も期待できる。

先行研究では CPSSF の提案と実装、および CPSSF を利用した応用サービスについて考察を行ったが、蓄積されたプレゼンスログの活用方法やその有効性の検討については今後の課題となっていた。プレゼンスログの活用方法の一つとして、食事中や外出中といった部屋状態 (コンテキスト) の自動推定への適用が考えられる。屋内における様々な部屋状態をプレゼンスログから自動で推定できれば、その場その状況に応じた機器の自動制御が可能となる。例えば、外出中という部屋状態を自動

推定し、点けっぱなし機器の電源オフする省エネサービスや、帰宅/外出という部屋状態をトリガとした自動的な照明やエアコンの電源オン/オフサービスなどが実現できる可能性がある。

本稿ではプレゼンスログの活用方法の一つとして、部屋状態の自動推定という問題に取り組む。より具体的には、ログを用いた部屋状態推定を、統計における判別問題と捉え、機械学習を用いて部屋状態の判別を行う。評価実験では、我々の研究室で蓄積された約4ヶ月のプレゼンスログデータを使い、判別手法として決定木を用いて、5種類の部屋状態の推定を試みる。実験の結果に基づき、各部屋状態の推定精度や、部屋状態推定結果の他サービスへの応用可能性について考察する。

2. 準備

2.1 ホームネットワークシステム (HNS)

ホームネットワークシステム (HNS) は、宅内の家電や設備機器をネットワークに収容して、付加価値サービスを実現するシステムである。HNS では TV や DVD, 照明, エアコン, カーテン, 扇風機, 空気清浄機等の機器がネットワークに接続され、様々なサービス・アプリケーションが実現される。

我々の研究室では、サービス指向アーキテクチャ (SOA) を HNS に適用し、各家電の機能を Web サービスとして利用できる HNS 環境 CS27-HNS を開発している [6]。CS27-HNS では機器依存の制御方法や通信プロトコルを Web サービスでラップしており、全ての機器の機能を SOAP または REST 形式の Web-API として利用できる。例えば、テレビのチャンネルを6chにするには、`http://cs27-hns/TVService/setChannel?channel=6` といった URL にアクセスするだけで良い。

CS27-HNS を用いた付加価値サービスの例として、宅外からの機器制御、消費電力振り返り [7]、複数機器の連携サービス [8]、音声操作 [9] 等を開発している。また、温度センサや照度センサ等の環境センサを、Web サービスとして容易に配備可能とするセンササービスフレームワーク (SSF) [10] や、センサを利用したコンテキスト・ウェアサービスをエンドユーザが開発できるセンササービスバインダー (SSB) [11] も提案している。

2.2 HNS におけるプレゼンスセンシング

プレゼンスセンシングとは、特定の位置に人やモノが存在するかどうかを判断する技術であり、様々な分野で応用されている [12]。本稿では特に HNS 環境における人のプレゼンスセンシングに焦点を絞る。HNS 環境における人のプレゼンスセンシングは、在室判定 (人が部屋にいる/いない) や住人位置推定 (住人がどこにいるか)、到来イベント検知 (ドアに近づいた、玄関に入った、機器の前に来た) 等、宅内の人の動きや居場所を感知する有効な手段を与える。こうした人の動きや居場所の情報は、より人目線に立った HNS サービス・アプリケーションの実現に役立てられる。

2.3 Continuous Presence Sensor Service Framework (CPSSF)

我々は CS27-HNS において Continuous Presence Sensor Service Framework (CPSSF) を開発した [2]。開発した CPSSF

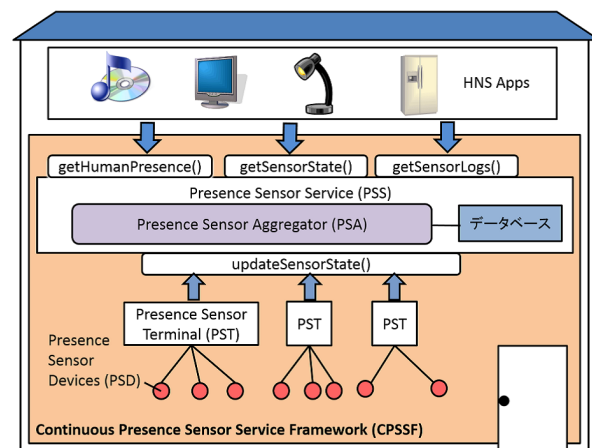


図1 CPSSF のアーキテクチャ

は複数のセンサから送られるセンサ情報を集約して管理し、他のアプリケーションに対して、プレゼンス尤度、及び過去のプレゼンス尤度を提供するサービスである。ここでのプレゼンス尤度とは、その場に人が存在している確率を表す値であり、各プレゼンスセンサが計測したの生のセンサ値から導出されるものである。

図1に先行研究で実装されたアーキテクチャ図を示す。CPSSF はプレゼンスを検知するプレゼンスセンサ・デバイス (PSD), PSD を監視し、センサの値から人がいると判断した時にセンサ情報を送るプレゼンスセンサ・ターミナル (PST), PST から送られるセンサ情報を受け取り他のアプリケーションにセンサ情報を提供するプレゼンスセンササービス (PSS) の3つから構成される。PSS はプレゼンスセンサ・アグリゲータ (PSA) をラップしている。PSA ではプレゼンス尤度の計算やセンサの情報の更新、データベースへ日付と時刻、その時の各センサのプレゼンス尤度の登録を毎秒行っている。

先行研究では PSD として、Phidgets 社の motion センサ [13] を用いてプレゼンスセンシングを行った。以下に本稿で必要となるプレゼンスセンサ・アグリゲータ (PSA) について説明する。

2.3.1 プレゼンスセンサ・アグリゲータ (PSA)

PSA は CPSSF の中心的役割を担うコンポーネントである。PSA では、まず複数の PST から送られてくるセンサ情報を集約し管理する。さらに、各 PSD 近傍のプレゼンス尤度を推定し、最終的にプレゼンスログをデータベースに蓄積する。

PSA は各 PSD のセンサ情報とアドレス (URL) を持っている。センサ情報は [PST の Id (pstId), PSD の Id (psdId), 場所情報, センサ値, 最終更新日付, 最終更新時刻] から構成される。それぞれの PST は、PSA に [pstId, psdId, センサ値, 場所情報] を渡すことで、通知を行う (実際には Web-API 経由で実行する)。この通知が実行されると、PSA は該当する PSD のセンサ情報を更新 (存在しなければ新規作成) する。その際、最終更新時刻を記録する。また、各 PSD のセンサ状態は PSA に pstId と psdId を与えることで取得できる API を備えている。

また、PSA は人のプレゼンスを推定する機能を実装している。この機能は PSA に pstId と psdId が与えられると、pstId と psdId に対応する PSD のセンサ状態の最終更新時刻から、プレゼンス尤度を推定し、-1（不在）～100（必ず居る）の数値で返している。プレゼンス尤度の値は PST からセンサ情報が送られて来た時、センサ情報の pstId と psdId に対応した PSD のプレゼンス尤度の値が 100 になる。その後、センサからの通知が無い場合プレゼンス尤度の値は事前に定められた割合で減少していく。減少している時に再び同じセンサから通知が来た場合、プレゼンス尤度の値は 100 となる。プレゼンス尤度の減少は-1 までとし、プレゼンス尤度が-1 の時センサ付近に人はいないと判断する。

PSA から返されるプレゼンス尤度は毎秒データベースに登録されている。表 1 にデータベースに蓄積されている情報（プレゼンスログ）のデータ構造を示す。プレゼンスログはログの Id, pstId, 登録された日付, 登録された時刻, presence から構成される。presence とは psdId とプレゼンス尤度の組の複数の集合から構成される。

3. プレゼンスログを用いた部屋状態の自動推定

3.1 部屋状態の推定の目的

本稿における部屋状態の推定とは、屋内における様々な状況を判別分析等の機械学習により推定することを指す。具体的な部屋状態としては、食事中や外出中、就寝中など様々な状況が考えられる。

屋内における様々な部屋状態をプレゼンスログから自動で推定できれば、その場その状況に応じた機器の自動制御が可能となる。例えば、外出中という部屋状態を自動推定し、点けっぱなし機器の電源オフする省エネサービスや、帰宅という部屋状態をトリガとした自動的な照明やエアコンの電源オンサービスなどが実現できる可能性がある。このように、機器の自動制御が可能となることで、今以上に柔軟なサービスの開発が可能となり、サービスの適応範囲が拡大すると考えられる。また、サービスが部屋状態に合った振る舞いを行うようになることで、より便利で快適な生活空間を作ることが可能になると考えられる。

以降では、部屋状態推定に必要な判別分析手法と入力データ、およびその評価基準について説明する。

3.2 判別分析手法

部屋状態の推定に用いることの出来る判別分析手法としては、線形判別手法や分類木等様々な手法が存在するが、本稿では最も直感的に理解しやすい決定木を用いる。

決定木とは対象物の属性について質問を繰り返していき、最終的にある種の判断を実現する知識の表現方法である [14]。決定木は以下の特徴を持っている。

- 事前の事例分布や誤差に何らの分布も過程しないノンパラメトリックな統計手法である [14]。
- 非線形モデルを用いた推定手法である [14]。
- ノイズが多いトレーニングデータ（クラスや特徴の雑音）を扱うために発達した分野である [15]。
- 構築されたモデルは木構造を持っているので、直観的に

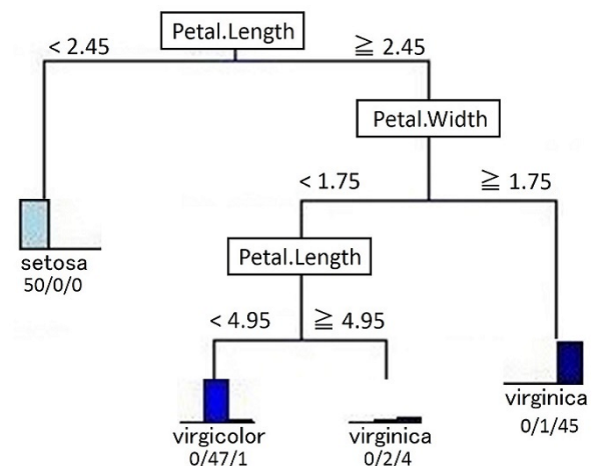


図 2 iris データを用いた決定木

理解しやすい [16]。

決定木により生成された二分木の一例を図 2 に示す。iris は変数として、がく片の長さである Sepal.Length, がく片の幅を表す Sepal.Width, 花びらの長さを表す Petal.Length, 花びらの幅を表す Petal.Width, 品種名を表す Species を持っている。図 2 は目的変数に品種名, 説明変数にその他全ての変数を指定して生成された決定木（二分木）である。この二分木では最初に、花びらの長さという変数で分岐する。もし花びらの長さが 2.45 を下回った場合（分岐の左側）“setosa”であると推定される。図に併記されたヒストグラムは、木の構築に用いられた学習データが実際に何個その分岐を辿ったかを表している。さらに、花びらの長さが 2.45 以上の場合、さらに花びらの幅によって分岐し、幅が 1.75 以下の場合（分岐の右側），“virginica”と判別される。このように決定木は、学習データの持つ様々な特性（花びらの長さや幅など）に基づいて、目的変数を判別する。

3.3 判別分析への入力データ

表 2 に部屋状態の推定に用いる学習データの例を示しており、表 2 は前章で述べたプレゼンスログ（表 1）を加工して作成されたものである。この学習データは、変数として各 psdId のプレゼンス尤度の値とプレゼンス尤度の平均と分散、一定期間前からのプレゼンス尤度の平均と分散、部屋の状態のラベルを保持している。

各 psdId のプレゼンス尤度の値は、プレゼンスログに記載された presence の中身と等価である。プレゼンス尤度の平均と分散は、各 psdId のプレゼンス尤度から算出される。この平均と分散により、部屋で人の散らばり具合を調べることが出来る。一定期間前からのプレゼンス尤度の平均と分散は一定期間内にある時刻のプレゼンスログから各 psdId のプレゼンス尤度を取得し、平均と分散が算出する。この変数はミーティング中といった長期に渡って行われる、部屋状態の推定に有効であると考えられる。また、この変数は期間が変わると別の変数として扱う。例えば、10 秒前からのプレゼンス尤度の平均と分散と 20 秒前からのプレゼンス尤度の平均と分散は別の変数として

表 1 プレゼンスログのデータ構造

ログの Id	登録された日付	登録された時間	psdId	presnce
ObjectId("539f0697e4b014")	2014-06-13	16:55:50	149180	[1:-1, 2:20, 3:100, 4:50, 5:-1,6:-1]
ObjectId("539f0697e4b015")	2014-06-13	16:55:51	149180	[1:100, 2:10, 3:90, 4:30, 5:-1,6:-1]
ObjectId("539f0697e4b016")	2014-06-13	16:55:52	149180	[1:90, 2:0, 3:80, 4:20, 5:-1,6:100]

表 2 部屋状態の推定に用いるデータ例

psd1	psd2	psd3	psd4	psd5	psd6	プレゼンス尤度の平均	プレゼンス尤度の分散	10 秒前からの各センサの プレゼンス尤度の平均	10 秒前からの各センサの プレゼンス尤度の分散	部屋の状態
90.0	19.0	100.0	90.0	-1.0	-1.0	49.5	1976.9	29.1	1471.1	ミーティング中
70.0	0.0	100.0	90.0	90.0	-1.0	43.0	1984.7	33.5	1679.2	ミーティング中
60.0	-1.0	100.0	80.0	90.0	-1.0	54.7	1695.2	39.9	1793.1	ミーティング中

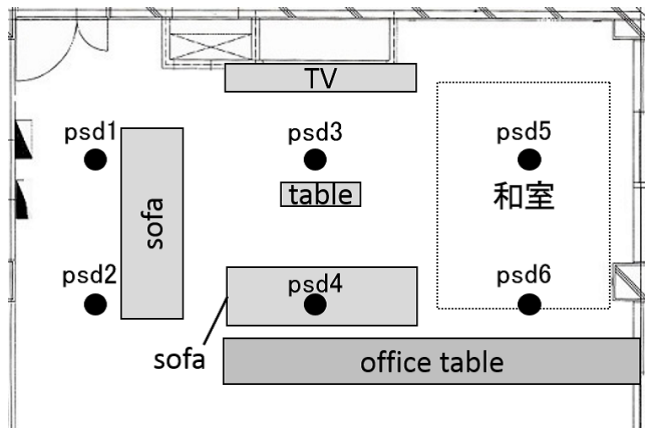


図 3 研究室のプレゼンスセンサ設置箇所

扱われる。部屋状態には推定したい部屋状態、推定したい部屋状態以外のどちらか一方がラベルとして与えられる。また、目的変数となる部屋状態は取得するプレゼンスログに応じたラベルを付けを行う必要があるため、手動で行った。

3.4 判別結果の評価基準

部屋状態を推定した結果の評価基準として、再現率 (recall)、適合率 (precision)、精度 (accuracy) を用いる。再現率とは推定した部屋状態のうち実際に推定したい部屋状態を含む割合である。再現率の値域は $[0,100]$ であり、値が高いほど判別モデルの見逃しが少ないと言える。適合率とは推定したい部屋状態のうち、正しく部屋状態を推定出来た割合である。適合率の値域は $[0,100]$ であり、値が高い程判別モデルが正確であると言える。これら再現率と適合率は一方が高くなると、もう一方が低くなりやすいというトレードオフの関係にある。精度とは予測した部屋状態全体と部屋状態がどれくらい一致しているか表す割合である。精度の値域は $[0,100]$ であり、値が高いほど判別モデルが正確であると言える。

4. 実験

4.1 実験環境

部屋状態推定の実験環境として、我々の研究室を用いる。図 3 に研究室のレイアウトを示す。研究室には系 6 個のプレゼンスセンサが設置される。研究室では、週に 2 度、定例ミーティングが行われており、また 2 週に 1 度程度の頻度で簡単な宴会が行われる。これらのイベント、すなわち推定対象となる部屋

状態は全て図 3 の空間で行われている。

6 個のセンサにはそれぞれ psd1 から psd6 までの psdId を与えている。psd1 は出入口付近、psd2 はソファポット付近、psd3 はミーティングに用いるテレビとテーブル付近、psd4 はソファとオフィステーブル付近、psd5 は和室、psd6 はオフィステーブルと和室付近に設置されている。

実験では研究室における 5 つの部屋状態について決定木を作成し、評価を行った。推定する部屋状態はミーティング中を表す“meeting”，ミーティングを始める準備をしていることを表す“start meeting”，宴会中を表す“banquet”，部屋に人が居ないことを表す“absent”，普段の部屋状態を表す“usual”である。

部屋状態の推定には研究室で蓄積された約 4ヶ月分のプレゼンスログのデータを用いる。

4.2 実験手順

以下に部屋状態を推定する手順を示す。

Step1. CPSSF のデータベースからプレゼンスログを取得する。

Step2. 取得したプレゼンスログから平均と分散を算出し、プレゼンスログを加工、表 2 のデータを生成する。

Step3. 任意の部屋状態を選択肢、その部屋状態のみをフィルタしたデータを生成する。

Step4. 加工したデータを cross validation により決定木を作成するために用いる学習データと、作成した決定木を評価するための評価データにランダムに分割する。cross validation とは全データからデータを無作為に選択し学習データを形成し、残りのデータで評価データを形成する手法である。

Step5. 学習データを用いて決定木を作成する。決定木の作成は R の mvpart ライブラリを用いて行った。なお、Step3. で任意の部屋状態のみがフィルタされているため、生成される決定木は二値判別の木となる。例えば、部屋状態=“banquet”がフィルタされた場合、“banquet”か否かという二値の判別木となる。

Step6. 評価データを用いて作られた決定木の評価を行う。決定木の評価は R のライブラリである caret を用いて行った。caret では作成された決定木の分岐条件にもとづいて、評価データにあるデータをそれぞれ推定したい部屋状態であるかないかを推定を行う。

Step7. 推定結果とデータに書かれている部屋状態を用いて

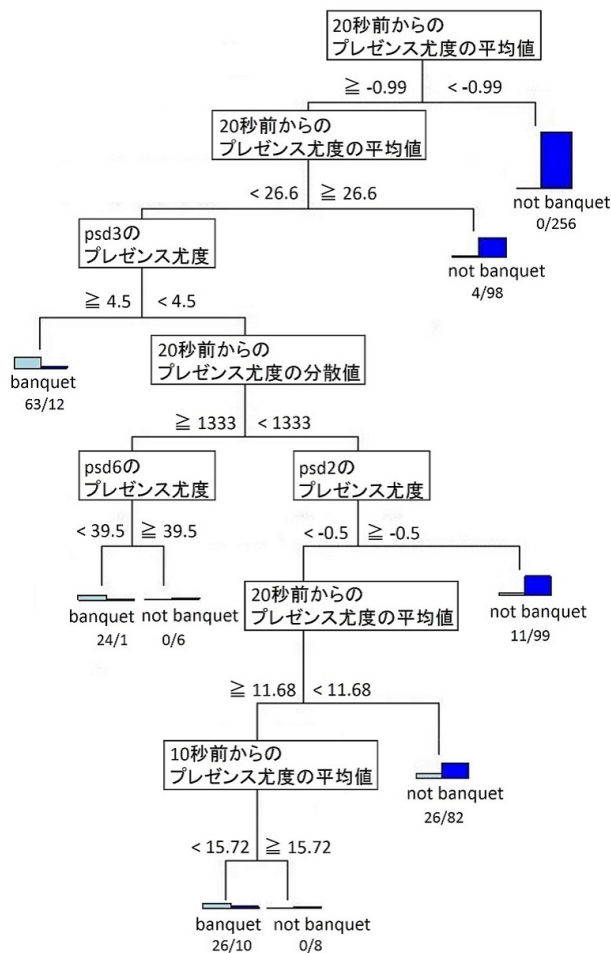


図 4 宴会中の推定を行う決定木の例

クロス集計を行い、再現率、適合率、精度を求める。

4.3 実験結果

図 4 に作成された決定木の一つを示す。この決定木では部屋状態が“banquet”か否かという二値判別を行っている。この決定木では初めに 20 秒間のプレゼンス尤度の平均値で分類している。20 秒間のプレゼンス尤度の平均値が-0.99 以下の時、宴会以外の部屋状態と推定している。これはプレゼンス尤度が-1 の時当てはまり、部屋に人が居ないことを示している。また、20 秒間のプレゼンス尤度の平均が 26.6 以下で psd3 のプレゼンス尤度が 4.5 以上の時は宴会中と推定している。これは psd3 のセンサ付近には机があり、宴会中に人がよく通る場所だからと考えられる。プレゼンス尤度の平均が低いのは宴会中に動く人が少なく、プレゼンスセンサが反応しないためである。

図 5 に 5 つの部屋状態に対する推定した結果を示す。図 5 から“usual”以外は精度の値が 80%を超えており、高い水準で部屋の推定が出来ていると考えられる。また、“absent”、“start meeting”の部屋状態は、適合率と再現率の値が高いことが確認出来る。一方、“usual”の再現率の値は極端に低いことが確認出来る。

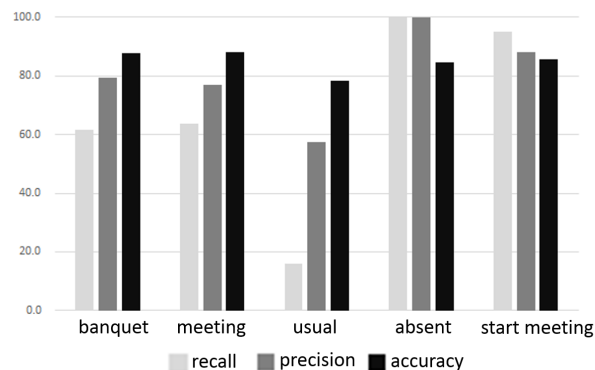


図 5 評価結果

5. 考察

5.1 実験結果に対する考察

図 5 の結果より、“usual”の部屋状態の推定結果は他の部屋状態と比較し、再現率で 40%以上、適合率で 20%以上低いことが分かる。この原因として、部屋状態の分類において“usual”は他の 4 つの部屋状態に分類されなかった、人が通った、休憩している、など様々な部屋状態を包含しているため、“usual”の学習過程において、決定木を一意に定めることができなかったと考えられる。部屋状態の推定結果を用いる他のサービスへ活用するには、より細かく部屋状態进行分类するといった再現率と適合率の値を改善する必要がある。

“absent”の再現率と適合率が 100%を示していることが分かる。この原因として、部屋に人がおらず、プレゼンス尤度の値が常に-1 と一定の値を示しているため、特徴が分りやすく、他の部屋状態との差別化が明確であったためと考えられる。

“start meeting”の再現率と適合率が 80%を超えており、実験に用いた部屋状態のなかで 2 番目に高い値を示している。この原因として、ソファと TV、和室付近で短い時間の間に人が激しく動くため、全てのプレゼンスセンサのプレゼンス尤度の平均が他の部屋状態より高く、他の部屋状態との差別化が出来ていると考えられる。

“meeting”と“banquet”はどちらも同じ場所を利用し、長時間行われている部屋状態であり、瞬間のプレゼンス情報だけでは、推定が難しい状態であると言える。このような分離が困難な状態の推定において、時間方向にプレゼンス情報を拡張することに相当するプレゼンス尤度の平均、分散を加えることが有効だと考えられる。本実験においてもこれらの情報を用いることで、“meeting”と“banquet”の適合率がそれぞれ 4.3%, 3.6%向上することが実験の結果明らかになった。このことから、30 秒前、1 分前などより長期的な区間で各センサのプレゼンス尤度の平均、分散などの統計的情報を決定木作成において用いることで、適合率と再現率の向上が期待できる。

本研究では部屋状態の推定を行う際、R の mvpart ライブラリを用いて決定木を作成したが、random forest といった他の推定手法を用いることで各部屋状態における再現率と適合率、

精度の値が改善される可能性があると考えられる。また、本研究ではプレゼンスログの全データ数が約 1,500 と少なかったが、各部屋状態のデータをより集めることで各部屋状態における再現率と適合率、精度の値が改善される可能性があると考えられる。

5.2 応用サービスの考察

ここでは部屋状態の自動推定を用いたサービス例について考察を行う。

5.2.1 ブロッキングサービス

部屋の状態がミーティング中など他の物事に邪魔されたくない場合用いられるサービスである。このサービスは例えばミーティング中に電話が掛かってきた時に保留にするといったひとつの物事に集中したい状態の時にそれ以外の物事に対処することが可能となる。

5.2.2 環境作りサービス

このサービスは部屋の状態に応じた環境を作るのに用いられる。例えば、ミーティングを開始する状況と推定し、部屋の電気が点いてない場合電気を点けるサービスが実現出来る。電気以外にもエアコンやテレビをつけるといったサービスにも用いられる。また、部屋が利用されていない時に電気が点いていた場合電気を消すといったサービスも実現出来る。

5.2.3 振り返りサービス

このサービスは多様な目的で利用される部屋がどのように利用されているか調べることに用いられる。部屋が利用率が分かるようになることで最も使われることの多い部屋の状態に合わせて部屋の環境を整備することが可能になる。

6. おわりに

CPSSF は、プレゼンスセンシングを一元的に集約、利用を行うフレームワークであり、プレゼンスログのサービス活用法については、CPSSF 活用した応用サービスのみ検討されていた。

本稿ではプレゼンスログの活用方法の一つとして、部屋状態の自動推定について検討を行った。我々の研究室で蓄積された約 4ヶ月のプレゼンスログデータを使い、判別手法として決定木を用いて、5種類の部屋状態の推定を試みた。この結果、本実験においてプレゼンスログを元にした決定木による状態推定は、約 80%以上の精度で判別が行えることが明らかになった。一方で、複数の状態を含む状態においては再現率、適合率の観点において推定結果の低下が顕著であり、実際のサービスに利用するには改善が必要であると言える。

今後の課題として、決定木アルゴリズムの変更、状態分類の最適化など状態推定の精度向上と、推定結果を用いたサービスの開発を行うことがあげられる。

文 献

- [1] “スマートハウス構築のためのホームネットワークとは”, <http://i.impressrd.jp/e/2011/05/27/1137/>, (accessed at 2014/10/30)
- [2] 樫尾 勇樹, 佐伯 幸郎, 松本 真佑, 中村 匡秀, “ログ情報活用に向けたプレゼンスセンササービスフレームワークの拡張,” 電子情報通信学会技術報, vol.114, no.150, pp.011-016, July 2014.
- [3] 樫尾 勇樹, 渡邊 雄一, 松本 真佑, 佐伯 幸郎, 中村 匡秀, “ホームネットワークシステムにおけるプレゼンスセンシングのためのサービスフレームワークの提案,” 電子情報通信学会技術報, vol.113, no.210, pp.001-006, September 2013.
- [4] NTT コムウェア, “NTT コムウェアの研究・開発”, https://www.nttcom.co.jp/research/area/001_oll/, (accessed at 2014/10/30)
- [5] IBM, “スマートな新聞ビジネス実現に向けて”, <http://www-06.ibm.com/industries/jp/tel-med/media/topics/newspaper/03.html>, (accessed at 2014/10/30)
- [6] Masahide Nakamura, Akihiro Tanaka, Hiroshi Igaki, Haruaki Tamada, and Ken-ichi 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, January 2008.
- [7] 井垣 宏, 瀬戸 英晴, 福田将之, 松本 真佑, 中村匡秀, “家庭における省エネ促進のための電力消費振り返りサービスの実装と評価,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J95-D, no.4, pp.778-789, April 2012.
- [8] 中村 匡秀, 関本 純一, 井垣 宏, 松本 健一, “家庭のエンドユーザを対象としたホームネットワーク機器連携サービス作成支援システム,” ヒューマンインターフェース学会論文誌 「ユニバーサルデザイン」 特集号, vol.11, no.4, pp.369-379, November 2009.
- [9] Shimpei Soda, Masahide Nakamura, Shinsuke Matsumoto, Shintaro Izumi, Hiroshi Kawaguchi, and Masahiko Yoshimoto, “Implementing Virtual Agent as an Interface for Smart Home Voice Control,” In Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC2012), pp.342-345, December 2012.
- [10] Masahide Nakamura, Shuhei Matsuo, Shinsuke Matsumoto, Hiroyuki Sakamoto, and Hiroshi Igaki, “Application Framework for Efficient Development of Sensor as a Service for Home Network System,” International Conference on Services Computing (SCC2011), pp.576-583, July 2011.
- [11] Masahide Nakamura, Shuhei Matsuo, and Shinsuke Matsumoto, “Supporting End-User Development of Context-Aware Services in Home Network System,” In Roger Lee, editor, Studies in Computational Intelligence, pp.159-170, Springer, 2012.
- [12] “センシング技術 IMES 測位”, <http://eetimes.jp/ee/articles/1106/13/news014.html>, (accessed at 2014/10/30)
- [13] “phidgets 1111 User Guide”, http://www.phidgets.com/docs/1111_User_Guide, (accessed at 2014/10/30)
- [14] 金田 重郎, “決定木学習: 実用機を迎えたノンパラメトリック統計手法”, http://cicsj.csj.jp/17_4/17_4-09.pdf, (accessed at 2014/10/30)
- [15] “決定木学習”, https://cis.k.hosei.ac.jp/~rhuang/Miccl/AI-2/AI-2-L9_J.pdf, (accessed at 2014/10/30)
- [16] “High FAI システムトレード”, <http://highfai.com/datamining/article5502.html>, (accessed at 2014/10/30)