

ユビキタスセンサネットワークにおけるプライバシー保護と 高品質サービスを実現するユーザ要求抽出インタフェースの試作

中川 紘志[†] 一枚田 隆史[†] 加藤 弘一[†] 勅使河原 可海[‡]

^{†,‡}創価大学大学院工学研究科

Email: [†]{e08m5219, e08m5202, kokatou}@soka.ac.jp, [‡]teshiga@t.soka.ac.jp

あらまし ユーザに意識をさせずにセンシングにより情報を取得し、快適なサービスを提供するユビキタスセンサネットワーク空間の実現の上で、ユーザのプライバシーにおける懸念を拭うことが重要な課題となる。これまで、プライバシー影響度やサービス品質などの指標を定式化し、これらの値を考慮して利用サービスや取得情報を選択することでユーザ要求を抽出する方式を検討してきた。本稿では、プライバシー影響度、およびサービス品質の要素であるサービス期待値の指標を組み込んだ簡易的なユーザ要求抽出インタフェースの試作について述べる。そして、利用実験を通して、本インタフェースが容易かつ直感的にユーザ要求を抽出できることを示す。

Prototype Development of the Interface for Extracting User Requirements to Achieve Privacy Protection with High-Quality Services in Ubiquitous Sensor Networks

Hiroshi Nakagawa[†] Takashi Ichimaida[†] Koich Kato[†] Yoshimi Teshigawara[‡]

^{†,‡}Graduate School of Engineering, Soka University

Email: [†]{e08m5219, e08m5202, kokatou}@soka.ac.jp, [‡]teshiga@t.soka.ac.jp

Abstract: It is important to solve privacy concerns for achieving ubiquitous sensor network spaces that provide comfortable services without regard for user's intentions by acquiring information with sensing objects. In our research, we have studied an extracting method of user requirements. Our method formulates privacy impact and service quality, and we select services that users want to use and information that users provide for services in order to determine user's requirements. In this paper, we develop a prototype of the interface for extracting user's requirements that contain privacy impact and service rate. We confirm this interface can extract user's requirements easily and intuitively through the experiments by using the prototype.

1. はじめに

近年の電子・通信機器やセンサ技術の発展に伴い、ユビキタス社会の到来が期待されている。この実現形態の一つとして、いたる所に設置されたセンシングデバイスが人や物、環境情報などを自動で検出し、利用者に対し快適なサービス提供を行うセンサネットワーク空間がある

[1]. そして、人や環境などから多種多様な情報を取得し、利用者に対して適切なサービス提供を行うための研究・開発が多く行われている。

しかし、センサネットワーク空間において、状況に応じた柔軟なサービスを提供するためには、センシングによって多くの情報を収集する必要がある。このとき、センサが無作為に情

報を収集した場合、利用者は自分の情報を取得される機会が多くなり、プライバシーに対する不安を抱くと予想される[2]。さらに、取得情報の管理における安全性や、空間管理者の信頼性に関しても、不安を抱くと考えられている[3]。

本研究は、ユーザのプライバシー保護と十分なサービス提供が可能な安全で快適なセンサネットワーク空間の実現を目的とする。これまで、プライバシー影響度やサービス品質などの指標を定式化し、これらの値を考慮して利用サービスや取得情報を選択することによりユーザ要求を抽出する方式を検討してきた[4]。本稿では、プライバシー影響度と、サービス品質の要素であるサービス期待値の指標を組み込んだ簡易的なユーザ要求抽出インタフェースを開発し、利用実験を通じて、本方式が容易かつ直感的にユーザ要求を抽出できることを示す。

2. 研究の全体像と位置づけ

2.1 想定環境

本研究では、空間内に設置されたセンサが情報を取得し、その情報からコンテキストが生成され、コンテキストからサービスが提供されるセンサネットワーク空間を想定する。また、代替が可能な程度の多様な情報を取得できるだけの、十分な種類や数のセンサが設置されている。さらに、取得した情報や生成したコンテキストはサーバ上に保持され、サービスごとに実行に必要な情報のみを提供する。

2.2 研究の全体像と本稿の位置づけ

センサネットワーク空間の利用や制御の流れとして、まずユーザが利用したいサービス、保護したい情報といった要求を決定する。そして、その要求に基づいてサービス提供と情報の保護ができるよう、センサ制御や情報変換などを行う。この全体の流れに対し、本稿では前者のユーザ要求の決定方法について述べる。一方、ユーザ要求に応じたセンサ制御については、本研究室において別途検討を行っている[5]。図1に研究の全体像を示す。

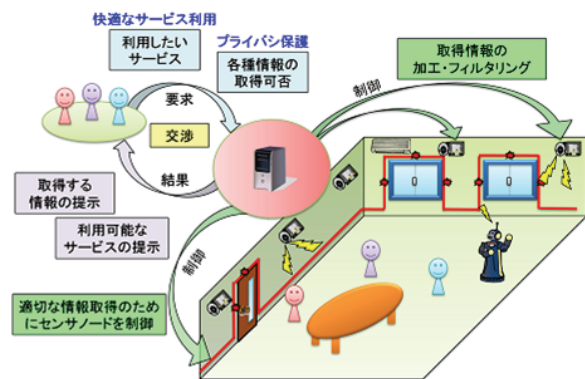


図1 研究の全体像。

3. 提供情報決定方法

3.1 代替可能な情報の整理

抽出したユーザ要求通りに情報を取得し、サービス提供を行うことが理想的である。しかし、提供可能な情報のみではサービスの品質が著しく低下する場合や、サービスの提供自体が不可能となる場合があり、ユーザの満足するサービスを提供できなくなってしまう。そこで、情報の代替性について分析し、同等のサービス提供するために利用可能な情報を明確にする[4]。

3.2 ユーザ要求の抽出

提供サービスや取得情報は空間によって異なるため、利用したいサービスや保護すべき情報といったユーザの要求を事前に定義することが難しく、またユーザの要求自体が曖昧な場合もある。さらに、プライバシー保護のために提供可能な情報を制御した場合、サービス実行に必要な情報が不足する可能性がある。

そこで、空間において利用可能なサービスと取得される情報をユーザに提示し、ユーザはサービス利用とプライバシーのバランスを考慮して、利用サービスと提供可能情報を選択する。このとき、3.1節で述べた情報の代替関係をシステム内で管理することで、ユーザは複雑な関係を意識せずに自身の要求を定義することができる。

ユーザ要求の抽出方法として、ユーザが利用したいサービスと保護したい情報を網羅的に選択することで要求を抽出する方法と、保護し

たいプライバシー情報のみ抽出する簡易的な方法を考える[4]. これら2つの方法を状況に応じて適宜使い分け、ユーザ要求の抽出を行う。

4. プライバシー保護とサービス品質の定量化

4.1 サービス期待値

サービスの品質を評価する項目として、サービス期待値を定量化する。サービス期待値は、利用したいサービスが、提供可能情報のみを使用した場合にどの程度提供可能であるかを評価するもので、次式で定義する。

$$\text{サービス期待値} = \frac{\text{提供可能なサービス}}{\text{利用したいサービス}}$$

4.2 プライバシー保護の有効性

プライバシー保護の有効性を示すために、センシングによるプライバシー影響度を明確にする必要がある。そこで、リスク評価・分析を行う際のリスク値の算出式を利用する[6].

プライバシー保護の有効性を示す指標として、プライバシー影響度 PI (Privacy Impact) を定義する。ユーザは取得されるそれぞれのプライバシー情報に対して価値 V (Value) を設定し、その情報が取得される割合 P (Percentage) から次式で求める。

$$PI = V \times P \quad (0 \leq V \leq 1)$$

価値 V は、取得されたくない情報ほど1に近い値が割り当てられる。 PI の値が0に近いほど、ユーザのプライバシー保護の有効性が高いと言える。

プライバシー影響度をセンサ、コンテキストにおいてそれぞれ算出することで、ユーザはどの情報がプライバシーに対し脆弱かを判断できる。また総和や平均値により、空間利用全体を通してプライバシーがどの程度守られているかを把握できる。

4.3 サービス品質とプライバシー影響度を考慮したユーザ要求の抽出

サービス品質やプライバシー影響度の評価結果から、ユーザはサービス品質を向上させたい、プライバシー影響度を低くしたいというよ

うな要求が生じうる。しかし、これらはトレードオフの関係にあり、両立することは難しい。

そこで、プライバシー影響度やサービス品質の値に対して閾値を設け、プライバシー影響度が閾値以下で、かつサービス品質が閾値以上となるような提供可能情報と利用サービスを決定する。

5. 試作インタフェースを用いた実験

本章では、プライバシー影響度とサービス期待値を組み込んだ簡易的なユーザ要求抽出インタフェースを用いて実験を行う。

5.1 試作インタフェースの概要

要求抽出画面では、図2のように、空間内において利用可能なサービス、使用されるセンサ、コンテキスト情報などがチェックボックスと共に提示される。また、取得されるそれぞれのプライバシー情報の価値を設定することができる。また、サービスの詳細や、使用するセンサがどのような情報を取得するかなどの説明を提示することができる。

要求抽出後、図3のように、利用可能サービスや提供可能情報、プライバシー影響度などが表示される。ユーザはプライバシー影響度に着目し、適切なプライバシーの閾値を決定する。これにより、プライバシー影響度の高い情報の取得・利用を避けることができる。

ここで、閾値を設定すると、本来利用したかったサービスが利用できなくなる場合がある。そこで、ユーザはサービス利用とプライバシー保護のいずれを優先するかを、サービス期待値やプライバシー影響度をもとに調整し、ユーザが納得した段階でユーザ要求として決定する。

なお、この要求はユーザポリシーとして生成される。ユーザポリシーは、利用したいサービス、利用するセンサ、利用しないセンサ、プライバシー影響度などをCSV形式のファイルとして出力し、これらのデータをもとにセンサ制御を行う[7].

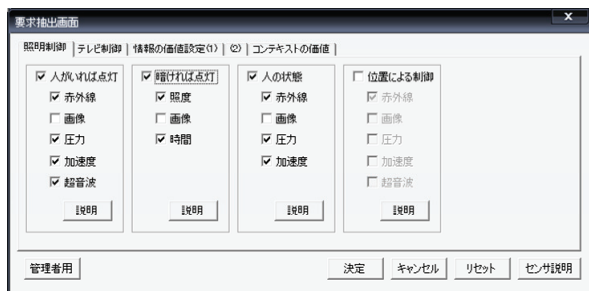


図2 要求抽出画面

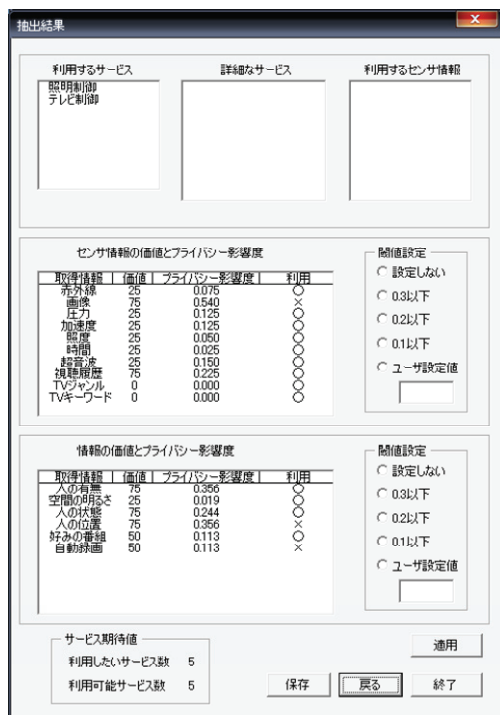


図3 抽出結果

5.2 実験概要

実験は、本研究室の学生2名で行った。被験者Aは空間を詳細に理解しており、被験者Bは空間を初めて利用するユーザと想定する。また、本実験で対象とするサービスは照明制御とテレビ制御であり利用情報と共に表1に示す。

実験手順として、まず、本インタフェースを利用する前に、質問用紙を用いて、各サービスを利用するかどうか、センサ情報とコンテキストの取得を許容するかどうか、それぞれの情報のプライバシーに対する意識(5段階)の項目について、ユーザに選択してもらう。

その後、本インタフェースを使用して、ユー

表1 サービスとセンサ・コンテキスト情報

照明制御	センサ情報	コンテキスト情報
人がいれば点灯	赤外線	人の有無
暗ければ点灯	画像	人の状態
人の状態により制御	圧力	空間の明るさ
位置による制御	超音波	人の位置
	照度	好みの番組
	時間	自動録画
テレビ制御		
人がいればON	加速度	
自動録画	視聴履歴	
好みの番組	TVジャンル	
人の状態によるテレビ制御	TVキーワード	

ザの利用したいサービスや、利用する情報、情報に対する価値など質問用紙への回答で得られた結果を参考に入力し、要求に対するプライバシー影響度やサービス期待値、センサやサービスの選択結果などを提示する。そして、これらの指標や、提示されるサービスやセンサの取得情報の説明をもとに、利用サービスと使用センサを見直すことで、要求を決定する。

そして、本インタフェース使用前と使用後と比較し、それぞれユーザの意思を正確に反映した要求として抽出できるのか、また要求抽出の容易性について確認する。

5.3 実験

(1) 被験者A

質問用紙での選択結果と本インタフェースを利用した際の結果を表2に示す。

利用センサやコンテキストについて、本インタフェース使用前で結果が変化した。この理由として、ユーザはプライバシー影響度が0.3以上のものを利用したくないと考え、加速度センサの利用をやめた。また、ユーザが望むサービスには不要な情報を取得するセンサやコンテキストの存在を理解することで、それらの利用の制限ができた。

また、利用サービスについて、本インタフェース使用前に要求していたサービスに対し、本インタフェース使用後もユーザの望むサービス提供が実現可能になっている。提供可能情報もユーザの望むサービスが全て実現できる理由は、代替可能な情報を選択しているためである。

表2 試作インタフェース使用前後の抽出結果
(被験者 A)

試作インタフェース使用前			使用後	
	サービス	利用	利用	プライバシー
照明制御	人がいれば点灯	○	○	
	暗ければ点灯			
	人の状態により制御			
	位置による制御	○	○	
TV制御	人がいればON			
	好みの番組	○	○	
	自動録画	○	○	
	人の状態によるテレビ制御			

センサ情報	利用	プライバシー意識	利用	プライバシー影響度
赤外線	○	低い	○	0.150
画像		かなり高い		0.684
圧力	○	普通	○	0.250
加速度	○	普通		0.375
照度	○	かなり低い		0.000
時間	○	かなり低い		0.000
超音波	○	普通	○	0.300
視聴履歴		高い	○	0.250
TVジャンル	○	高い	○	0.075
TVキーワード		普通	○	0.050

コンテキスト情報	利用	プライバシー意識	利用	プライバシー影響度
人の有無	○	普通	○	0.350
空間の明るさ	○	かなり低い		0.000
人の状態		高い		0.300
人の位置	○	高い	○	0.150
好みの番組	○	高い	○	0.075
自動録画	○	普通	○	0.075

表3 試作インタフェース使用前後の抽出結果
(被験者 B)

試作インタフェース使用前			使用後	
	サービス	利用	利用	プライバシー
照明制御	人がいれば点灯	○		
	暗ければ点灯	○	○	
	人の状態により制御	○	○	
	位置による制御			
TV制御	人がいればON			
	好みの番組	○	○	
	自動録画			
	人の状態によるテレビ制御	○	○	

センサ情報	利用	プライバシー意識	利用	プライバシー影響度
赤外線	○	低い	○	0.075
画像		かなり高い		0.540
圧力	○	かなり低い	○	0.125
加速度	○	かなり低い	○	0.125
照度	○	かなり低い	○	0.050
時間	○	普通	○	0.025
超音波		わからない	○	0.150
視聴履歴	○	高い	○	0.225
TVジャンル	○	高い	○	0.000
TVキーワード	○	高い	○	0.000

コンテキスト情報	利用	プライバシー意識	利用	プライバシー影響度
人の有無	○	高い		0.356
空間の明るさ	○	かなり低い	○	0.019
人の状態		かなり高い	○	0.244
人の位置	○	高い		0.356
好みの番組	○	高い	○	0.113
自動録画	○	普通		0.113

(2) 被験者 B

質問用紙での選択結果と本インタフェースを利用した際の結果を表3に示す。

利用サービスについて、本インタフェース使用前に要求していたサービスに対し、使用後はサービス提供できる数が減少した。被験者 B は質問用紙への回答時に、センサ・コンテキスト情報の取得によるプライバシーへの影響をよく理解できていなかった。しかし、本インタフェース使用后、プライバシー影響度が数値で表示されたことで、直感的に数値を把握することができた。その結果、サービスの利用よりもプライバシー影響度を重視し、サービス期待値を低下させてでもプライバシー影響度を下げることが望んだ。

5.4 考察

提供可能情報について、被験者 A, B ともに、インタフェース使用前で「利用する」から「利用しない」へと変更された情報がある。1つの理由は、ユーザが望むサービスにはその情報が必要なかったためである。そのため、プライバ

シー影響度が0の情報でも利用していない。もう1つの理由として、被験者はプライバシー影響度とサービス期待値の指標を考慮し、要求をカスタマイズしたことが挙げられる。被験者は共に、プライバシー影響度の数値を確認し、どの程度まで許容するかを各々の観点で決定した。またプライバシー影響度の閾値の変更に伴って、サービス期待値も変わるため、両者の兼ね合いを考慮し、被験者 A はサービス期待値を、被験者 B はプライバシー影響度を重視し、このような抽出結果になった。

一方で、本インタフェース使用前後で「利用しない」から「利用する」へと変更されたものがあつた。これは、試作インタフェースにはサービスやセンサ情報の説明があつたため、説明を理解することでユーザのプライバシーの意識が変化したことや、プライバシー影響度、サービス期待値の指標を参考にしたためだと考えられる。

被験者からは、(a) 自身の要求が具体的な数値となり、それをもとに修正できてよかった、

(b) 本インタフェースを使うことで要求が抽出しやすくなった、というコメントや、(c) 本インタフェースは抽出結果画面において、どのセンサ情報やコンテキスト情報がどのサービスに影響するか理解しにくかった、(d) プライバシー影響度の数値が実際にはどの程度なのか理解しにくいといった指摘が得られた。

6. まとめと今後の課題

本稿では、ユーザの望むサービスの享受とプライバシー保護の実現を目指し、プライバシー影響度、およびサービス品質の要素であるサービス期待値の指標を組み込んだ簡易的なユーザ要求抽出インタフェースの試作について述べた。また、利用実験を行い、情報の代替関係の考慮と複数の指標を提示する本インタフェースにより、ユーザの意思をより正確に反映して要求を決定できることを示した。

今後の課題は以下のとおりである。

(1) プライバシー影響度の検討

コンテキストは複数のセンサ情報から生成できるため、センサによってコンテキストのプライバシー影響度が異なる。そのため、センサ情報との対応関係を考慮した、コンテキストのプライバシー影響度の算出方法を検討する。

(2) 実環境での適用実験

実際のセンサネットワーク空間において、サービスやセンサの特性を分析、整理し、ユーザの要求抽出を行う。そして、ユーザ要求を反映させ、センサ制御、サービス実行に関する実験を行い、プライバシー保護の達成度合いやサービス品質に関する評価を行う。このとき、サービス品質の評価指標である要求達成度、誤提供率[4]についても評価し、フィードバックの指標として用いることでユーザの要求をより正確に反映できるようにすることを目指す。

(3) ユーザポリシーの活用

様々な空間や環境においてユーザにとって快適な空間を実現するために、空間の種類や性質に対応させた柔軟なユーザポリシーの利用

方法について検討する。その方法として、ユーザに複数のポリシーを持たせ、空間ごとに使い分ける方法や、性質ごとに自動的に認識させる方法など考えられる。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業「私立大学社会連携研究推進事業」(平成18年度～平成22年度)：研究課題「測位/光神経複合センサノードによるユビキタス・モニタリング・ネットワークの開発とその産業応用への展開」の一環として実施したものである。記して、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 総務省, 平成17年版 情報通信白書.
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h17/index.html>
- [2] 中村博之: ユビキタスマーケティングにおけるプライバシー問題, NRI 知的財産創造 2004年1月号.
<http://www.nri.co.jp/opinion/chitekishisan/2004/pdf/cs20040110.pdf>
- [3] 総務省, 平成16年版 情報通信白書.
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h16/index.html>
- [4] 中川紘志 他: センサネットワークにおけるプライバシーとサービス品質を考慮した提供情報決定方式の検討, DICOMO2008, pp.1956-1963, 2008.7
- [5] 一枚田隆史 他: センサネットワークにおけるプライバシー保護とサービス提供を実現するセンサ制御方式の検討, DICOMO2008, pp.205-213, 2008.7
- [6] 個人情報保護法対策室, プライバシーコンサルティングのコラム.
<http://www.nec-nexs.com/privacy/column/consul-column/024.html>
- [7] 一枚田隆史 他: センサネットワークにおけるプライバシー保護と高品質サービス提供を実現する最適センサ組合せ決定システムの試作, CSS2009 (発表予定)