

機関番号：32692  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20700027  
 研究課題名(和文) ユーザ多様性と構成多様性に対応したコンテキストウェアサービスフレームワーク  
 研究課題名(英文) Context-aware Service Framework Corresponding to Diversity of User and Composition  
 研究代表者  
 井垣 宏 (IGAKI HIROSHI)  
 東京大学・コンピュータサイエンス学部・助教  
 研究者番号：20403355

## 研究成果の概要(和文)：

ユビキタスコンピューティング分野において、コンテキストウェアサービスを提供するアプリケーションの開発が進みつつある。この種のサービスを提供する既存のアプリケーションの多くはセンサや制御機器と密に結合しており、ユーザごとの多様な要求への対応や、構成の異なる複数の HNS への適用が困難であるという問題が存在する。そこで本研究では、**ユーザ多様性と構成多様性**を考慮することでコンテキストウェアサービスを提供するアプリケーションにおける**開発容易性の向上と導入コストの低減**を実現するフレームワーク SMuP を提案した。

## 研究成果の概要(英文)：

Context-aware applications estimate contexts with various sensor devices. Generally, it is not easy to modify applications which incorporated an appliance and a sensor after deployment, because of tightly-coupled between the appliance and the sensor. In this research, we proposed a SMuP(Sensor Mashup Platform) which supports estimating mashup contexts using various sensor data. In SMuP, we can create virtual sensor services including mashup sensor properties by combining multiple sensor data. As case studies, we present that developers can implement applications easily with the result of estimated contexts by SMuP.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア工学，コンテキストウェア，ホームネットワークシステム，センサ，サービス指向アーキテクチャ

## 1. 研究開始当初の背景

ネットワーク、プロセッサ等の基盤技術の急速な進歩・普及に伴い、様々なセンサや家電等を利用して付加価値サービスをユーザに提供することを目的とした HNS とそのアプリケーションの開発が行われるようになってきた。最近では、ユーザ自身の状態や取り巻く環境の状態(コンテキスト)を複数のセンサが取得した情報から判断し、その場の状況に即した機器制御等の振る舞いを提供するコンテキストウェアサービスの提案・研究が進みつつある。

シンプルな例としては、人感センサとライトやセキュリティシステムを組み合わせたアプリケーションや、室内外の温度計を利用し自動運転の内容を決定するエアコンなどが既に普及している[1]。この例では、センサの検知できる値とそのセンサが配置された場所からコンテキストを解釈し、照明の ON やセキュリティシステムの駆動といった動作が自動的に決定されている。より複雑な例では、ユーザの血圧の状態、薬を定期的に摂取しているか、ユーザが倒れたりしていないか等のデータをセンサによって取得し、コンテキストによって他のユーザや救急車を呼ぶといったユーザの状態に適した行動を選択・決定し実行する生活支援システムなどが提案されている[2]。

このように、コンテキストウェアサービスを提供するアプリケーションは数多く開発されるようになってきたが、アプリケーションの利用・開発を支援するようなフレームワークの研究は未だ十分ではないのが現状である。そのため、既存のアプリケーションの多くが決められた機器の組み合わせにおいて固定的なサービスを提供するに留まっており、ホームネットワークシステムにおいて考慮されるべき以下の2種類の多様性に対応できていない。

**ユーザ多様性：**HNS 環境では、サービスを駆動する条件やサービス内の振る舞いがユーザごとに異なる(時には同じユーザでも)ことが多い。そのため、トリガとなる条件とサービスの振る舞いはそれぞれが柔軟に修正が可能でなければ多様なユーザ要求に対応することができない。

**構成多様性：**HNS におけるセンサや機器の構成は家庭ごとに異なる可能性が高い。また、センサや機器が途中で入れ替えられたり、追加されたりといった場合にも対応可能な高い拡張性をシステムが持っていないければ、HNS ごとく構成が変化するたびごとにアプリケーションの再開発が必要となる。

HNS に適用されるアプリケーションが多様なユーザ要求と多様な構成に対応していなければ、利用可能なユーザを制限し、アプ

リケーションの開発コストの増大を招く。結果として、コンテキストウェアサービスの普及を阻害する要因となる。

我々は先行研究において、様々な家電の相互接続を可能にする統一的な枠組[3]を Web サービス技術を利用して開発した。さらにその枠組を利用して実際にコンテキストウェアサービスを提供するアプリケーションの開発を行った[4]。しかしながら、コンテキスト収集時の機器とアプリケーションの間が密であったため、新しいサービスの提供や異なる機器構成時には少なからずアプリケーションの再開発が必要であった。これらの知見にもとづき、アプリケーションの構成を a)センサ管理部、b)条件判定部、c)サービス提供部の3つの要素に分割する。さらに3つそれぞれの要素について、2つの多様性に対応するための枠組みを調査・研究し、コンテキストウェアサービスを提供するユビキタスアプリケーション開発のためのフレームワークを確立する。

## 2. 研究の目的

高齢化社会の到来に伴い、家電の制御を適切に行うことができないユーザが増加している。実際に、室温が過度に上昇したにも関わらず、エアコンや換気システムを起動しなかったために熱中症になってしまったという事例が2007年においても多々報告された[5]。このような現状から、異常状態をセンサなどからコンテキストとして検知し、適切な振る舞いを提供することが可能なコンテキストウェアサービスとそのアプリケーション開発を支援する枠組みの意義は非常に大きい。

しかしながら、コンテキストウェアサービスに関する研究は、ほとんどが個別のサービスに関する提案で、アプリケーションフレームワークやミドルウェアに関するものは少ないのが現状である。[6]はユーザの登録したルールに基づいて、センサデータの評価を行い、対応するサービスを駆動するためのミドルウェアを提案しているが、センサデバイスの変更が登録されたルールに与える影響や実行されるサービスの振る舞いがセンサに与える影響については考慮されていない。本研究課題では、HNS アプリケーションが対応すべき多様性を前提とすることで、ユーザと開発者双方にとって有益なフレームワークを提案し、その有効性を検証することが可能である点が既存研究と比較した上での最大の特徴である。

研究の背景および目的の参考文献

[1]松下電工株式会社：ライフィニティ、

<http://biz.national.jp/Ebox/kahs/index.html> (2007).

[2]Nehmer,J., Becker,M., Karshmer,A. and Lamm,R.: Living Assistance Systems - An Ambient Intelligence Approach -, Proc. International Conference on Software Engineering, pp.43-50(2006).

[3]井垣宏, 中村匡秀, 玉田春昭, 松本健一: サービス指向アーキテクチャを用いたネットワーク家電連携サービスの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.2, pp.314-326(2005).

[4]Mitsui,K., Igaki,H., Takemura,K., Nakamura,M. and Matsumoto,K.:Exploiting Eye Gaze Information for Operating Services in Home Network System, In 2006 International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS2006), Vol.LNCS4239, pp.13-27(2006).

[5]四国新聞社: 熱中症 10 都府県で 18 人死亡 香川県内は 13 人搬送, [http://www.shikoku-np.co.jp/kagawa\\_news/social/article.aspx?id=20070818000107](http://www.shikoku-np.co.jp/kagawa_news/social/article.aspx?id=20070818000107) (2007).

[6]Shankar, C.S., Ranganathan, A. and Campbell, R.: An ECA-P Policy-based Framework for Managing Ubiquitous Computing Environments, The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services 2005(MobiQuitous 2005),pp.33-42(2005).

### 3. 研究の方法

研究開始当初の背景で述べた, a) センサ管理部, b) 条件判定部, c) サービス提供部の 3 つの構成要素を対象に, 順にユーザ/構成多様性へ対応するための仕組みを提案し, 評価を行う. 研究の初期段階では, まずアプリケーションが提供するセンサ駆動サービスのモデル化を行う. そのモデルに基づいて, 本研究課題において提案するアプリケーションフレームワークの支援範囲を決定し, 多様性に対応するための仕組みを a)~c) の構成要素ごとに開発する.

#### (1) コンテキストウェアサービスのモデル化

コンテキストウェアサービスはセンサによって取得される環境属性に関する条件(室温>27 等の環境属性で表現される条件式)とサービスが提供する機器操作等の振る舞い, 振る舞いと条件との間の関係の 3 つ組でモデル化が可能であると考えられる. この段階では, 詳細なモデルの定義と実際のセンサ駆動サービスとの比較・検証を行う. これにより,

提案フレームワークの支援対象と範囲を明確にし, 妥当性の評価が可能となる.

#### (2) センサ管理のための標準インタフェース定義

センサはその種類やベンダごとに固有のアクセス手法やデータ型を持っている. 既存のアプリケーションの多くはセンサごとの制御ロジックを内部に作りこんでいるためにセンサとの結合が密になっている. ここでは, Web サービス技術を利用し, どんなアプリケーションからでも標準的な方法でアクセス可能なセンサ用インタフェースを(1)のモデルをもとにして定義・開発する.

#### (3) 条件判定用アーキテクチャの確立

コンテキストウェアサービスでは条件の判定をアプリケーションが行う場合, センサの検知する値を常に監視し, 値の変動によって条件が真になったかどうかを常に評価しつづける必要がある. そのため, センサの種類や数が増えると条件判定に要する処理と通信の負荷が全てアプリケーションに集中する. 本研究では負荷の分散とそれに伴う拡張性の向上を目的とし,

Publish/Subscribe 型のメッセージ交換パターンを応用した条件判定部の提案を行う. この段階では, (1) で定義したモデルと比較対象のセンサ駆動サービスの例にもとづいて, 定性的に負荷分散の程度を評価すると同時に(2)で策定した標準インタフェース定義の改善を図る.

### 4. 研究成果

コンテキストウェアセンササービスフレームワーク SMuP の提案

本研究では, これまでに温度センサ, 照度センサなどのセンサデバイスを Web サービスとして公開するためのセンササービス基盤「SMuP」を提案した. サービス化されたセンサ(センササービス)はセンサ固有の制御ロジックを内部に隠蔽し, 標準的な API を公開する.

例えば, getValue インタフェースでは, 現在のセンサ値を取得することができる.

register インタフェースではコンテキスト推定の為の条件式の登録を行うことができる. また, 登録されたコンテキストを subscribe インタフェースで Publish/Subscribe 型メッセージ交換におけるトピックとして購読処理を行うことで, 条件式の値が真になったときに notify を行うことができる.

例えば, 温度センササービスに対して「暑い」というコンテキスト名で「温度>27°C」という条件式を登録し, 購読処理を行うことで,

「暑い」というコンテキストを推定することができる。

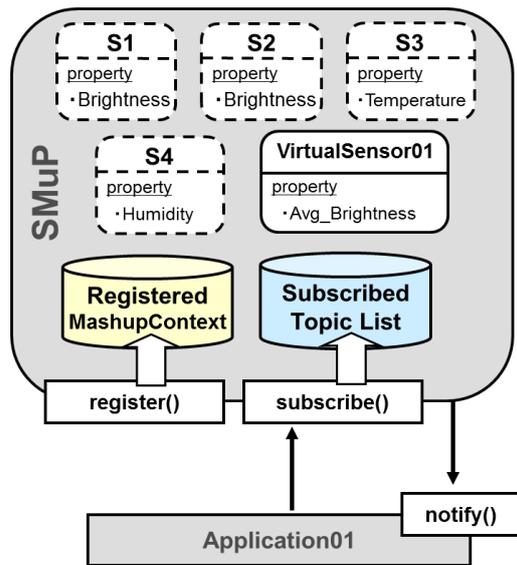


図 1 SMuP による仮想センサ作成例

しかしながら、センササービスでは上記の「暑い」などのように、自身で測定可能なプロパティに関するコンテキストしか推定できず、複数センサのプロパティを利用するような複雑なコンテキストの推定を行うのは困難であった。

SMuP では、既存のセンササービスをマッシュアップすることで仮想センササービスを作成し、より複雑なコンテキストの推定を行うことができる。

図 1 に仮想センササービスの作成例を示した。SMuP にはあらかじめ S1 から S6 までのセンササービスが登録されている。照度を測定することができる S1 と S5 のセンササービスを組み合わせることで「平均の照度」を測定することのできる VirtualSensor01 を作成している。

このようにして作成された仮想センササービスからは、SMuP の getValue インタフェースを通じてそのプロパティの値を取得することが可能である。SMuP ユーザは容易にプロパティの値を再利用し、アプリケーションを開発することができる。

また SMuP は、複数のセンサが持つプロパティを横断的に扱うことを目的として、SMuP 自身が register および subscribe インタフェースを公開する。

register インタフェースでは、例えば、温度を測定する S2 と湿度を測定する S3 のセンサを利用した「温度>27°C && 湿度>70%」といったような条件式を登録することができる。登録された条件を subscribe インタフェースによって購読処理を行うことで、当該コ

ンテキストが真になったときのみ notify をさせることが可能となる。

このように、SMuP を利用することで既存のセンササービスや仮想センササービス間にまたがる横断的なコンテキスト推定の為の条件式の登録、利用が容易に行える。

実際に SMuP を利用して、HNS 上で複数のセンササービスおよび仮想センササービスが容易に開発可能となることが確認できた。今後は SMuP フレームワークを用いた付加価値アプリケーション開発をさらに容易化するための UI の構築や定量分析を進めていきたい。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① Hiroshi Igaki and Masahide Nakamura  
Modeling and Detecting Feature Interactions among Integrated Services of Home Network Systems  
IEICE Transactions on Information and Systems 査読有 E93-D-4 2010. p.822-833

〔学会発表〕(計 33 件)

- ① 江上 公一, まつ本 真佑, 中村 匡秀, 井垣 宏 適応型ユビキタスサービスの開発を支援するユビキタスクラウドの提案, 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会 2010 年 8 月 23 日 国立情報学研究所, 東京
- ② 稲田卓也, 池上弘祐, まつ本真佑, 中村匡秀, 井垣 宏 センサ駆動連携サービスのためのサービス競合検出手法に関する検討, 電子情報通信学会 人工知能と知識処理研究会 2010 年 8 月 23 日 国立情報学研究所, 東京
- ③ Hiroshi Igaki, Hideharu Seto, Masayuki Fukuda, and Masahide Nakamura Mashing Up Multiple Logs in Home Network System for Promoting Energy-Saving Behavior, 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies 2010 年 6 月 16 日 Damai Beach Resort, Kuching, Malaysia
- ④ 鎌田 早織, 坂本 寛幸, 井垣 宏, 中村 匡秀 マッシュアップ API を用いた異なるライフログサービスの連携, 電子情報通信学会 LOIS 研究会 2010 年 3 月 5 日 沖縄県青年会館, 沖縄
- ⑤ 下條 彰, 福田 将之, 井垣 宏, 中村 匡秀 異なるライフログをマッシュアップするためのデータ変換・集約アクセス API の実装, 電子情報通信学会 LOIS 研

- 究会 2010年3月5日 沖縄県青年会館，  
沖縄
- ⑥ 坂本 寛幸，井垣 宏，中村 匡秀 SMuP：  
センササービスのマッシュアップを実現  
するサービス指向基盤，ウィンターワー  
クショップ2010・イン・倉敷 2010年  
1月21日 倉敷市芸文館，岡山
- ⑦ 松尾 周平，瀬戸 英晴，坂本 寛幸，井  
垣 宏，中村 匡秀 場所情報を用いたセンサ  
検索と類似条件提示によるコンテキスト構  
築支援環境：Sensor Service Binder 2.0，  
電子情報通信学会 IN研究会 2009年  
12月10日 神戸大学，兵庫
- ⑧ 坂本 寛幸，井垣 宏，中村 匡秀 センサ  
サービスのマッシュアップを実現するサ  
ービス指向基盤の提案，電子情報通信学  
会 IN研究会 2009年11月12日福岡工  
大，福岡
- ⑨ 福田 将之，瀬戸 秀晴，坂本 寛幸，井  
垣 宏，中村 匡秀 ホームネットワ  
ークシステムにおける電力消費振り返り  
サービスの提案，電子情報通信学会  
LOIS研究会 2009年11月12日岐阜大  
学，岐阜
- ⑩ 井垣 宏，中村 匡秀 クラウドコンピ  
ューティングのユビキタスサービスへの  
適用，情報処理学会 ソフトウェアエンジ  
ニアリングシンポジウム2009 2009年  
9月8日 東京女子大学，東京
- ⑪ Hiroshi Igaki，Hiroyuki Sakamoto，and  
Masahide Nakamura RSS Conversion  
Service for Integrating Web  
Information Resources and Home Network  
System，International Conference on  
e-Business 2009年7月8日 Milan，  
Italy
- ⑫ 井垣 宏，中村 匡秀 適応型ユビキタ  
スサービス実現のためのユビキタスクラ  
ウドの提案，電子情報通信学会 サー  
ビスコンピューティング時限研究専門委員  
会 2009年7月2日 国立情報学研究  
所，東京
- ⑬ 江上 公一，井垣 宏，中村 匡秀 ホーム  
ネットワークシステムにおけるサービス  
開発を容易化するネット家電標準データ  
モデル，電子情報通信学会 OIS 研究会  
2009年3月5日 沖縄(沖縄県青  
年会館)
- ⑭ 松尾 周平，井垣 宏，中村 匡秀 エンド  
ユーザーによるセンサー駆動サービスの  
構築支援環境の提案，電子情報通信学会  
OIS研究会 2009年3月5日 沖 縄  
(沖縄県青年会館)
- ⑮ 坂本 寛幸，井垣 宏，中村 匡秀 コンテ  
キストアウェアアプリケーションの開発  
を容易化するセンササービス基盤，電子  
情報通信学会 情報ネットワーク研究会

- 2009年3月4日 沖縄(残波岬ロ  
イヤルホテル)
- ⑯ 福田将之，井垣 宏，中村匡秀 他サー  
ビスとの連携を考慮した時間駆動型ホー  
ムネットワークサービス基盤の改良，電  
子情報通信学会 情報ネットワーク研究  
会 2009年3月4日 沖縄(残波岬ロ  
イヤルホテル)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

井垣 宏 (IGAKI HIROSHI)  
東京工科大学・コンピュータサイエンス学  
部・助教  
研究者番号：20403355

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：