

令和元年6月12日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2013～2018

課題番号：25280026

研究課題名（和文）センサーソフトウェア工学の確立に関する研究

研究課題名（英文）Research on Establishment of Sensor-based Software Engineering

研究代表者

深澤 良彰（Fukazawa, Yoshiaki）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：30120934

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）： センサーを利用した各種のアプリケーション・ソフトウェア（以下、センサーソフトウェアと呼ぶ）が広く利用されるようになり、より高い生産性で、より高い信頼性をもったセンサーソフトウェアを開発することが急務となってきている。しかし、それを実現するための多くのソフトウェア工学的手法においては、センサーソフトウェアであることの特質を活かしきれていないと難しい。そこで、本研究では、これまで研究されてきている各種の手法の中で、対象ソフトウェアをセンサーソフトウェアに限定した場合に、どのような手法をどのように適応させていくべきであるのかについて明確にすることを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

センサー技術・アクチュエータ技術の発達により、物理世界と密に連携したアンビエントシステムを実現する基盤が整いつつある。このようなシステムは、不具合が生じた場合の社会的な影響が大きいため、従来のシステムと比べて、より高い信頼性が求められる。従って、高信頼なアンビエントシステムを実現するための開発手法を研究する必要性は高い。

これらについて、実問題を題材にしながら、明らかにしたことが本研究の意義である。

研究成果の概要（英文）： With the widespread use of various application software (hereinafter referred to as sensor software) using sensors, there is an urgent need to develop sensor software with higher productivity and higher reliability. However, in many software engineering methods for realizing it, it is difficult to say that the property of being sensor software can not be fully utilized. Therefore, in this research, among the various methods that have been studied so far, when the target software is limited to the sensor software, it is clarified clearly what kind of method should be adapted.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：モデル駆動開発 IoT セキュリティ パターン アスペクト プロダクトライン

1. 研究開始当時の背景

センサー技術・アクチュエータ技術の発達により、物理世界と密に連携したアンビエントシステムを実現する基盤が整いつつある。このようなシステムは、不具合が生じた場合の社会的な影響が大きいため、従来のシステムと比べて、より高い信頼性が求められる。従って、高信頼なアンビエントシステムを実現するための開発手法を研究する必要性は高い。

2. 研究の目的

高い生産性で、信頼性の高いソフトウェアを開発するための学問分野であるソフトウェア工学の領域においては、これまでさまざまな研究が行われ、多くの成果を得てきている。ソフトウェア工学においては、一般的に、対象とするドメインを狭く設定すれば、そのドメインの性質を利用することによって、高い成果が得られることが知られている。

本研究では、センサーを利用した各種のアプリケーション・ソフトウェア（以下、センサーソフトウェアと呼ぶ）に適用ドメインを限定した場合に、どのようなソフトウェア工学的手法が有効であるかを究明するとともに、センサーソフトウェアの開発に有効なソフトウェアについての研究を進め、公開することにより、多くの利用者に実際に利用してもらうことを目的とした。

本研究においては、研究対象とする開発支援ソフトウェアを、ソフトウェア自動生成技術に基づくものと、ソフトウェア再利用技術に基づくものとに分類して考えた。ただし、本研究を通して、センサーソフトウェアは、オブジェクト指向に基づいて開発されていくことを前提としている。

3. 研究の方法

本研究プロジェクトは、最終的に6年間であった。前記の各項目（サブテーマ）は、相互に関連をしており、かつ、各サブテーマについて順次研究・開発していったのでは、明らかに想定された年限では不足するし、全体の評価も不可能である。そこで、以下のように分担を行いながら、平行して研究を進めた。

- (1) センサーソフトウェア向けモデル指向ソフトウェア生成に関する研究（主担当：深澤、鄭）
- (2) センサーソフトウェアパターンに関する研究（主担当：鷺崎、高橋）
- (3) センサーソフトウェアにおける再利用部品の開発に関する研究（主担当：鄭、高橋）
- (4) センサーソフトウェア向きアスペクトに関する研究（主担当：鷺崎、高橋）
- (5) プロダクトラインを利用した体系的なソフトウェア再利用（主担当：鄭、白銀）

研究を進めていくために、東芝ソリューション株式会社、早稲田総研インターナショナル株式会社の協力を得ることについての承諾が得られている。また、海外の大学との連携として、中国西安市にある西安電子科技大学との連携を行った。

4. 研究成果

まず、ソフトウェア自動生成技術としては、システム開発の設計記述表現にコンピュータが解釈可能な「モデル」を採用することで高品質のソフトウェアを実現しようとするモデル駆動開発（MDD: Model-Driven Development）技術に焦点を絞った。モデル駆動ソフトウェア開発は、現時点では、一般的には十分な実用性を有しているとは言い難い。これに対して、センサーソフトウェアという限定を加えることにより、どこまで実用可能になるのかを、本研究において明らかにした。そこでは、物理的影響も含めたソフトウェア・システムの構造・振舞いのモデル化をすることが必要となり、この点も研究において、追求しなければならない点であった。MDA（Model-Driven Architecture）において必要となる、コンピュータに依存しないモデル CIM（Computation-Independent Model）、プラットフォームに依存しないモデル PIM（Platform-Independent Model）、プラットフォームに依存したモデル PSM（Platform-Specific Model）という3種類のモデルをどのように定義するのも大きな問題であり、これを解決した。

次に、ソフトウェア再利用技術については、センサーソフトウェアに対して、以下のようなオブジェクト指向再利用技術を応用しながら、それらを1つのセンサーソフトウェア開発環境として統合して利用者に提供することを目的とした。

具体的には、現時点で、以下のオブジェクト指向再利用技術を対象とした。

（A）設計・実装等のノウハウの再利用

ソフトウェア開発におけるノウハウは、各種のパターン指向ソフトウェア技術として、まとめられてきている。そこでは、アーキテクチャ・パターン、デザイン・パターン、実装パターンなど、ソフトウェア開発のどの段階で使用する、どのような粒度のパターンなのかによって分類が行われ、パターンライブラリが作成されてきている。

本研究においては、センサーソフトウェアの開発と限定した場合の各種のパターンを収集した。これらの中には、組込みソフトウェア用のパターンと重複するものもあると考えており、それとの関係も明らかにした。

（B）主として実装時に用いるさまざまな再利用

再利用部品には、その適用は難しいものの、一度適用されれば、大きなメリットを産む粗粒度の再利用から、適用（再利用）は頻繁に行われるが、その一度の適用によって得られるメリットはそれほどでもない細粒度の再利用まで、その粒度による分類が可能である。粗粒度の再利用の代表例が、オブジェクト指向フレームワークであり、細粒度の再利用の代表例が、コンポーネント、クラスライブラリ、パッケージ等である。

具体的には、本研究では、センサーソフトウェアにおいて、どのような粒度のものが最も有効であるのかについての検証を行った。粒度の細かいものとしては、課金プログラム、ログ取得プログラム、認証処理プログラムなどがある。これらについての標準と考えられるものを明らかにして、その標準的なインタフェースを決定した。

(C) 新しいモジュール化による再利用

「ポスト・オブジェクト指向」という名のもとに、さまざまなソフトウェア開発技法が提案されてきている。これらの中で、本研究においては、アスペクト指向に焦点を絞った。この理由は、アスペクト指向に関する研究は急速に進んできており、その有効性について、ある分野においては広く認められてきているからである。

アスペクト指向においては、何を横断的なアスペクトとしてソフトウェアを開発していくのが、その成功の鍵を握る。通常は、ロギング機能や GUI 機能などがその例とされているが、センサーソフトウェアにおいては、どのようなアスペクトを考えていくことにより、自然な関心の分離 (Separation Of Concerns) ができるかを明らかにすることがこの焦点となる。

(D) 体系的な再利用

大規模かつシステムティックなソフトウェア部品の再利用方式として着目をされているプロダクトライン方式のソフトウェア開発に対して、我々は、既存のソフトウェアからのプロダクトラインの構成法、最適なコアアセットの表現法、明確なスコーピング手法の確立などについての研究を行い、その有効性を検証してきた。本研究においては、この成果を活かし、上記で開発された種々の再利用部品を、プロダクトラインとして一体化し、その利用支援システムを構築することで、利用者に提供する。また、この過程において得られる知見をまとめた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 5 件)

① Kei Ito, Joseph W. Yoder, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, “A Pattern Language for Knowledge Handover When People Transition”, LNCS Transactions on Pattern Languages of Programming, Vol. 4, pp.1-32, 2018.

② Taketo Tsunoda, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Sakae Inoue, Yoshiiku Hanai and Masanobu Kanazawa, “Developer Experience Considering Work Difficulty in Software Development”, International Journal of Networked and Distributed Computing, 2018.

③ Junko Shirogane, Misaki Matsuzawa, Hajime Iwata and Yoshiaki Fukazawa, “Usability Evaluation Method of Applications for Mobile Computers Using Operation Histories”, IECE Transactions on Information and Systems, vol.E101-D, no.7, Jul., 2018.

④ Masatoshi Yoshizawa, Hironori Washizaki, Yoshiaki Fukazawa, Takao Okubo, Haruhiko Kaiya and Nobukazu Yoshioka, “Implementation Support of Security Design Patterns Using Test Templates,” Information, Special Issue on Evaluating the Security of Complex Systems, Vol.7, No.2(34), pp.1-19, 2016. DOI: 10.3390/info7020034

⑤ Kenji Tei, Ryo Shimizu, Yoshiaki Fukazawa and Shinichi Honiden, “Model-driven-development-based stepwise software development process for wireless sensor networks”

IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, Volume 45, Issue 4, pp.675-687, 2015. DOI: 10.1109/TSMC.2014.2360506.

〔学会発表〕（計 5 件）

① Yasuhiro Watanabe, Hironori Washizaki, Kiyoshi Honda, Yoshiaki Fukazawa, Masahiro Taga, Akira Matsuzaki, Takayoshi Suzuki and Takayoshi Suzuki, “Retrospective based on Data-Driven Persona Significance in B-to-B Software Development”, 40th International Conference on Software Engineering (ICSE 2018), New Ideas and Emerging Results (NIER) Track, Gothenburg, Sweden, May 27-Jun.3, 2018

② Taketo Tsunoda, Hironori Washizaki, Yosiaki Fukazawa, Sakae Inoue, Yoshiiku Hanai and Masanobu Kanazawa, “Empirical Study on Specification Metrics to Predict Volatility and Software Defects,” IEEE TENCON 2018, Jeju, Korea, Oct.28-31, 2018.

③ Moeka Tanabe, Kenji Tei, Yoshiaki Fukazawa and Shinichi Honiden, “Learning Environment Model at Runtime for Self-Adaptive Systems,” Proceedings of the Symposium on Applied Computing (SAC '17), pp. 1198-1204, Marrakech, Morocco, April 03 - 07, 2017. DOI: 10.1145/3019612.3019776

④ Shimon Nakamura, Hajime Iwata, Junko Shirogane and Yoshiaki Fukazawa, “Automatic Generation of an Operation Procedure Presentation System Reusing User’s Inputted Data”, International Conference on Human Computer Interaction Theory and Applications (HUCAPP 2018), Funchal, Madeira, Portugal, Jan. 27-29, 2018.

⑤ Kiyoshi Honda, Nobuhiro Nakamura, Hironori Washizaki and Yoshiaki Fukazawa, “Case Study: Project Management Using Cross Project Software Reliability Growth Model Considering System Scale,” 27th IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE 2016), Industry Track, Ottawa, Canada, Oct. 23-27, 2016.

〔図書〕（計 1 件）

Takanori Kobashi, Hironori Washizaki, Nobukazu Yoshioka, Haruhiko Kaiya, Takao Okubo and Yoshiaki Fukazawa, “Designing Secure Software by Testing Application of Security Patterns”, Exploring Security in Software Architecture and Design, IGI Global, Pages: 34, 2019.

DOI: 10.4018/978-1-5225-6313-6.ch006

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

<http://www.fuka.info.waseda.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：鷺崎 弘宜

ローマ字氏名：(WASHIZAKI Hironori)

所属研究機関名：早稲田大学

部局名：理工学術院

職名：教授

研究者番号（8桁）：70350494

研究分担者氏名：白銀 純子

ローマ字氏名：(SHIROGANE Junko)

所属研究機関名：東京女子大学

部局名：現代教養学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：00329161

研究分担者氏名：岩田 一

ローマ字氏名：(IWATA Hajime)

所属研究機関名：神奈川工科大学

部局名：情報学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：30409734

(2)研究協力者

なし