

# コンテキスト指向ソフトウェアの実行前検査に関する考察 —スマートホームシステムを題材として—

2019SE068 山下航輝

指導教員：張漢明

## 1 はじめに

インターネットが普及した現在，IoT 機器は幅広く利用されている．そのソフトウェアを開発するにあたり，コンテキストに基づいた IoT システムのソフトウェアアーキテクチャが提案されている [1]．コンテキスト指向ソフトウェアは，状況によって振舞いに変化するシステムをモジュール化するための方法を取り込んだソフトウェアのことである [2]．本研究の目的は，VDM を用いてコンテキストに基づいた IoT アプリケーションアーキテクチャの妥当性確認支援技術を考察することである．コンテキストとして表して作成された IoT アプリケーションアーキテクチャが，実際に対応する振舞いが正しく変化することを確認する．アーキテクチャの妥当性確認の支援技術を考察する．アーキテクチャの妥当性確認の方法を検討するにあたって，スマートホームシステムを事例とする．

## 2 関連技術

### 2.1 コンテキスト指向プログラミング

コンテキスト指向プログラミングとは，コンテキストに依存する振舞いをモジュール化するために開発されたプログラミングの手法である．コンテキスト指向プログラミング言語では主に，コンテキストに依存した振舞いを記述するための層 (layer) をはじめとした言語要素を提供している．

### 2.2 コンテキスト指向に基づくソフトウェアアーキテクチャ

IoT システムのためのコンテキスト指向に基づいたソフトウェアアーキテクチャが提案されている [1]．ソフトウェアにおいて相互運用性と柔軟性は重要な要素であり，それを満たすような開発をするにあたって工学的な基盤の構築されている．提案されているソフトウェアアーキテクチャの動的な適応の基本構造を図 1 に示す．

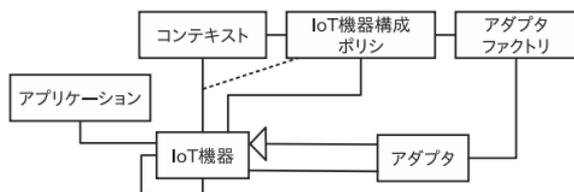


図 1 動的な適応の基本構造

図 1 は，PBR パターンと Adapter パターンを用いてい

る．これにより，コンテキストの変更に対応し，それによる機器の再構成を記述している．

### 2.3 VDM を用いたコンテキスト指向ソフトウェアアーキテクチャ

コンテキストを考慮した組込みシステム向けプロダクトライン開発方法 [3] とは，コンテキストの変化による不正確さを防ぐため，フィーチャ分析によりコンテキストラインを定義したプロダクト仕様を構成する方法である．また，コンテキストに対する VDM の仕様記述やその妥当性の確認をテスト実行によって行っている．

## 3 事例：スマートホームシステム

ここでは，文献 [1] で提示されているスマートホームシステムについて説明する．スマートホームシステムとは，家電など複数の IoT 製品を統括するシステムである．

### 3.1 洗濯完了通知アプリケーション

IoT アプリケーションについて，洗濯完了通知アプリケーションを例とする．洗濯機が洗濯を完了したとして利用者に通知するアプリケーションである．その際，利用者に適切な出力機器に変更することを振舞いの要求とする．

### 3.2 アプリケーションの動作

利用者が通常的位置にいる場合，スマートスピーカによる音声出力での通知を行い，位置が居間である場合 TV 画面による文字出力での通知を行うこととする．これにより利用者の目的や嗜好に合わせて柔軟な対応を可能にする．

### 3.3 クラス図

スマートホームシステムのソフトウェアアーキテクチャを図 2 に示す．「コンテキスト」が変化することで，「IoT 機器」が動的に再構成される．

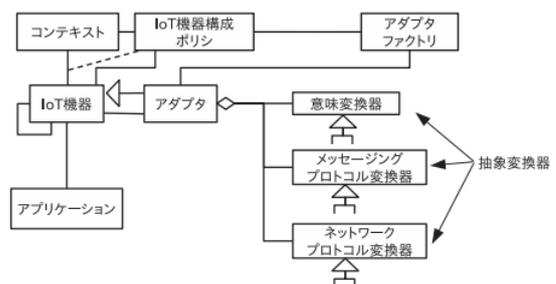


図 2 スマートホームシステムのソフトウェアアーキテクチャ

## 4 VDM を用いた記述

洗濯完了通知アプリケーションのソフトウェアアーキテクチャに対して、振る舞いが妥当であるかを VDM を用いて記述することにより確認する。

### 4.1 記述の方針

VDM-SL を用いる。IoT アプリケーションのソフトウェアアーキテクチャによる PBR パターンを基に、型などを定義したのちにメッセージのやり取りを VDM-SL で仕様を記述する。

### 4.2 VDM 概要

VDM(Vienna Development Method) とは、仕様を記述し、その仕様の検証を行うための形式手法の一つである。形式言語は自然言語に対して曖昧さがなく、振舞いを厳密に記述することができる。意図しない欠陥を防ぐために用いられる。ソフトウェア開発において、仕様を設計する前にその妥当性を確認することができる。本研究では、VDM の一つである VDM-SL を使用する。

### 4.3 VDM を用いた記述例

洗濯完了通知アプリケーションの動的適応を基に、VDM-SL を用いて記述する。型定義、値定義で示した一部を示す。

```
types
  利用者位置型 = token;
  IoT 機器型 = token;
  洗濯完了通知ポリシー型 = map 利用者位置型 to IoT 機器型;
operations
  洗濯完了 : () ==> 送信情報型
  洗濯完了 () == 洗濯完了通知 ();
  洗濯完了通知 : () ==> 送信情報型
  洗濯完了通知 () == IoT 機器へ送信 (変換器アダプタ群 (洗濯完了通知先))
```

人感センサで感知するコンテキストや再構成ポリシーが所持する IoT 機器の対応に用いられる型、操作を定義している。

## 5 考察

コンテキスト指向に基づいたソフトウェアアーキテクチャの VDM 記述の意義について考察する。

### 5.1 コンテキスト指向記述のための情報の整理

コンテキストの関連する情報は状態定義に表現されることがわかった。

```
state sm of
  洗濯完了通知ポリシー : 洗濯完了通知ポリシー型
  利用者位置コンテキスト : 利用者位置コンテキスト型
  洗濯完了通知先 : IoT 機器型
  変換器アダプタ群 : map IoT 機器型 to 送信情報型
init s == s = mk_sm(初期洗濯完了通知ポリシー, デフォルト位置, デフォルト通知先, 初期変換器アダプタ群)
```

コンテキスト指向に関わる情報として、「コンテキスト」「ポリシー」「変換アダプタ群」「アダプタ群への通知」に必要な情報の構造が明示されている。

コンテキスト指向におけるメッセージの実行順序に関わ

る「ポリシーのメッセージの横取り」と「変換アダプタ群への通知」は、操作定義において順番が記述されている。

### 5.2 VDM 記述のための指針

コンテキスト指向ソフトウェアアーキテクチャの記述から VDM を用いて記述する指針を示す。

- アーキテクチャの構成要素の型を記述する
- ポリシの横取りとアダプタへの通知のタイミングを記述する

アーキテクチャの構成要素である「コンテキスト」「IoT 機器構成ポリシー」「アダプタ」「アダプタの起動情報」を型で必要な概念を記述する。活性化に相当するポリシーがメッセージを横取りするタイミングと、動的な構成に通知するタイミングを操作記述に追記する。本来であればこのタイミングは分離して記述すべきであるが、ここでは直接 VDM の操作記述に追記する。また VDM 記述において、コンテキスト指向のモジュールである層が、利用者位置コンテキストの型に対応し、層の活性化は、利用者位置コンテキストの変更と人感センサ横取りの操作によって実現している。

### 5.3 関連研究との比較

2. 3 小節で紹介したコンテキストベースの記述への VDM の利用例では、コンテキストに関する部分の VDM による表現を、フィーチャ分析を用いてコンテキストラインとしてクラスで記述されている。コンテキストに依存する振る舞いはシステムラインに記述されている。それに対し本研究ではアーキテクチャから必要な要素をアーキテクチャパターンから記述している。

## 6 おわりに

IoT アプリケーションアーキテクチャの妥当性確認支援技術を考察するために、スマートホームを事例に挙げ、VDM を用いた記述を検討した。今後の課題は、タイミングの記述を分離する方法を検討することである。記述を分離するためには、分離した記述を+マクロなどを用いた VDM の生成器を作成などが考えられる。

## 参考文献

- [1] 横山史明, 沢田篤史, 野呂昌満, 江坂篤侍, “IoT の柔軟な相互運用性を実現するソフトウェアアーキテクチャの提案”, 情報処理学会論文誌, Vol. 62, No. 4, pp. 995-1007, 2021.
- [2] 紙名哲生, “文脈指向プログラミングの要素技術と展望”, コンピュータソフトウェア, Vol. 31, No. 1, pp. 3-13, 2014.
- [3] 鶴林尚靖, 金川太俊, 瀬戸敏喜, 中島震, 平山雅之, “コンテキストベース・プロダクトライン開発と VDM++ の適用”, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 8, pp. 2492-2507, 2007.