

IoT を活用したスマート農業のための耐故障アーキテクチャの設計

2018SE106 横田真奈美

指導教員：沢田篤史

1 はじめに

近年、農業分野ではIoTによるデータ活用を行い、経営や生産工程の改善に取り組む動きが活発になっている [1]. 活用するデータの種類の種類は、温度や湿度などの数値データや農場の航空画像データなど、農家個人の利用形態によって異なる。農業従事者は各々が必要とする情報に合わせたセンサ選を行い、省力化や品質向上を目指す。

農業で用いるIoT機器には障害物や天候の影響から、取得データが失われてしまうという課題がある。大きなデータの欠損は作業計画や環境制御にずれを起し、作物の品質低下を引き起こす恐れがある。

本研究の目的は、スマート農業を支援するIoTアプリケーションの耐故障アーキテクチャの設計を行うことである。耐故障性を高めることで、欠損による障害が起きた場合に作物への影響を減らすことが可能になる。また、アーキテクチャ設計により、アプリケーション開発を行う際の基盤として用いることができるようになる。

アーキテクチャの設計はコンテキスト指向とアスペクト指向に基づいたPBRパターンを用いて行った。状況に応じた適切な対処は作物への悪影響を減らすことに繋がる。

設計したアーキテクチャから欠損データの補完を行うプロトタイプの実装を行い、結果の考察をした。既存の対処方法を用いた場合や他の耐故障アーキテクチャを利用した場合の比較と考察も行った。

2 農場環境データ取得における課題

農場環境のデータを集める際の通信方法は、有線通信か無線通信かのいずれかであり、現在は無線通信を使うことが多い。無線通信は確実な通信の保障がされないため、データの欠損をいかに防ぐかが課題となる。

農場環境においてデータの欠損が発生する理由は大きく次の二つである。

1. IoT 機器本体に異常が生じやすい
2. 障害物などで通信が不安定になりやすい

農場はIoT機器本体とその通信に大きなダメージを与える過酷な環境であることがほとんどである。現在までに理由2を中心に解決策の提示がされている。

井林ら [2] の提案する高信頼無線環境制御システムの実証実験の結果、通信方式の変更によってデータ欠損が減少することが分かった。通信方式の変更は通信が原因の場合にしか対処ができず、理由1の場合の対処はできない。この点について、障害発生時の対応を切り替えることでシステム全体の耐故障性を向上させて影響の最小化を行う。

3 スマート農業のための耐故障アーキテクチャの設計

3.1 アーキテクチャの設計概要

農場に必要な情報は作物や栽培環境ごとに異なり、ソフトウェアは書き換えが容易であることが望まれる。また、状況に応じた対処方法の切り替えにより、適切な対処を迅速に行うことができる。これらの考えから、コンテキスト指向とアスペクト指向に基づいた江坂ら [3] の提案するPBRパターンを用いて設計をする。

3.2 耐故障性を向上させるアーキテクチャの設計

設計したアーキテクチャを図1に示す。

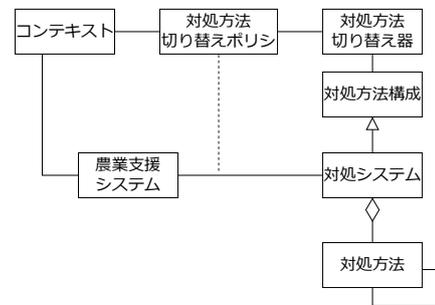


図1 PBRパターンを用いた耐故障アーキテクチャ

農業支援システムが対処システムに対処を要請し、ポリシーはその通信を横取りをすることで再構成を行う。設計したアーキテクチャの妥当性を確認するために、欠損部分の適切な補完を行う補完システムの設計を行う。

4 欠損データ補完システムの設計と実装

4.1 状況に応じた補完方法の切り替えを行うためのアーキテクチャ設計

3章で作成した耐故障アーキテクチャに基づいて欠損データ補完システムの設計を行った。静的構造を図2に示す。

図2の各コンポーネントについて以下に説明する。

- コンテキスト：補完方法を決定するための判断要素。本研究では天候、過去情報、時刻、端末番号を扱う。
- 補完方法：補完方法切り替えポリシーで決定された方法。
- 補完方法切り替えポリシー：コンテキストに応じた補完方法切り替えの振舞いを定義する。
- 補完方法切り替え器：補完方法切り替えポリシーからのメッセージに応じて補完方法を切り替える。
- 補完システム：決定された補完方法を用いて欠損部分

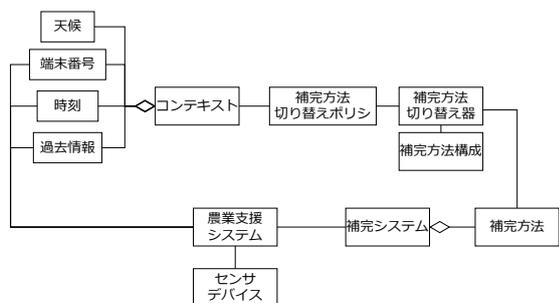


図2 欠損データ補完システムの静的構造

表1 補完方法の決定

規準	補完方法
設定した同環境 デバイスと端末番号が同じ	他センサの参照
設定した期間の 過去データが存在する	過去データの参照
上2つに当てはまらない	線形補完 多項式補完 最近傍補完

の補完を行う。

- 農業支援システム：センサからデータを受け取り、利用者への可視化を行う。

動的振舞いについて説明する。農業支援システムは補完が必要と判断したとき、補完システムにメッセージを送る。補完方法切り替えポリシーはその通信を横取りし、コンテキストを更新して値を受け取る。コンテキストに応じて補完方法切り替えポリシーで判定を行い、補完方法を再構成する。ポリシーは表1のように決定する。再構成された補完方法を用いて欠損値の補完を行い、農業支援システムに値を渡す。

4.2 補完システムのプロトタイプ実装

4.1節で作成したアーキテクチャを元にプロトタイプシステムの実装をJavaで行った。環境データの取得はROHM製のSensorMedal-EVK-002とRaspberry Pi4を用いた。取得したデータが書き込まれたCSVファイルを読み込むことでコンテキストを更新する。天気と過去情報はすでに取得されているものとして扱う。

実装の結果、センサからの値変化に応じて柔軟な補完方法の切り替えが実現できることが分かった。

5 考察

本研究では、補完方法を切り替えてデータ補完を行うプロトタイプのアーキテクチャ設計を行った。補完方法の切り替えによりデータの誤差を最小限に抑えることができる。

先行して機械学習を利用したデータの予測を行う研究[4]がされている。予測結果は適切なデータ補完も可能に

し、欠損による影響の最小化が見込まれる。しかし、機械学習の利用には膨大な学習データが必要であり、学習データの量によっては有効性が示されないことがある。

既存の耐故障アーキテクチャとしてNバージョンプログラミングとリカバリブロックが挙げられる。これらを用いた場合は処理数や処理時間の増加が予想され、欠損データへの対処が遅れる可能性がある。

適切なポリシー記述を行うには、環境数値変化を正確に把握する必要がある。例えば気温を補完するとき、時間や日照時間からどのような値変化が生じるかを分析する。

PBRパターンを用いた設計により、ポリシーと再構成の振舞いを独立して記述することができ、保守性の高いシステムの作成が可能になる。これによりセンサを変更したり、利用者のニーズに応じた設定変更が容易になる。

6 おわりに

本研究では、スマート農業を支援するIoTアプリケーションの耐故障アーキテクチャの設計を目的としている。

農場環境下で無線通信を用いたデータ取得を行う場合、様々な理由からデータ欠損が生じてしまう問題がある。この問題には通信方式を変更する対処が取られていたが、IoT機器本体に原因がある時は対処ができない。

この課題に対して、PBRパターンを用いたアーキテクチャを設計して耐故障性を高める方法を提案した。データの欠損に対して状況に応じた対応を取ることで、利用者への影響を最小限にできる。

プロトタイプとして欠損データ補完システムの作成を行い、補完方法を動的に変更して補完できることが分かった。PBRパターンにより作物や栽培環境に応じたポリシー記述の変更が容易になり、保守拡張性を高めることができる。

今後の課題として適切なポリシー記述を行うための仕組み作りが挙げられる。利用者自身がポリシー設定をできるようなユーザインタフェースの開発により利用者への適切なサービス提供が可能になる。

参考文献

- [1] 安岡澄人, “スマート農業の推進”, 農林水産省, 日本ロボット学会誌, Vol. 35, No. 5, pp.362-365, 2017.
- [2] 井林宏文, 兼田千雅, 李鵬昆, 鈴木雄也, 今原淳吾, 大石直記, 黒田正博, 峰野博史, “施設園芸環境向け高信頼無線環境制御システムの検討と分析”, 情報処理学会論文誌, コンシューマ・デバイス&システム, Vol. 5, No. 4, 10-20(Oct.2015).
- [3] 江坂篤侍, 野呂昌満, 沢田篤史, “インタラクティブシステムのための共通アーキテクチャの設計”, コンピュータソフトウェア, Vol. 35, No. 4, pp. 3-15, 2018.
- [4] 兼田千雅, 井林宏文, 鈴木雄也, 黒田正博, 大石直記, 峰野博史, “SW-SVRを用いた施設園芸環境向け知的制御システムの評価”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-GN-93, No.13.