

審査の結果の要旨

氏名 ヴァレンティナ バリャク

本論文は、「Framework for Fault Tolerance in Dense Data Centric Wireless Sensor Networks (高密度データ無線センサネットワークのための耐故障性フレームワークの提案)」と題して、英文で記されており、5章から成る。無線センサネットワーク (Wireless Sensor Network : WSN) から高精度なセンサデータを得られる時間を向上させることを目的として、エラー分類に基づき、センサデータのエラーを除去するフレームワークを提案している。WSNは、センサデータを得るためのインフラとして活用が期待される一方で、稼働時間の経過と共に得られるセンサデータに様々な種類のFaultが混入し、精度が低下することが知られており、実運用する際の障害となっている。これまでに、特定種類のFaultを検知し、各センサノードの補正を実行時に行う手法は提案されているが、実システムから得られるセンサデータには複数種類のFaultが混在しており、従来の検知・補正手法によるFault除去には限界があった。

そこで、本論文では、Faultの分類モデルに基づいて、複数種類のFaultが混在するセンサデータに対するFaultの検知・分類・補正を行うフレームワークを提案している。本論文の提案は次の3点である。まず、(1)Fault検知・分類・補正を行うフレームワークのアーキテクチャを提案した。また、(2)既知の4種類のFaultを対象とした分類モデルを提案した。さらに、(3)分類・補正の精度を向上させるための学習機構を提案した。本論文では、これら3点を備えたフレームワークを無線センサネットワークの実システムに対して適用し、その有効性を評価している。

本論文は以下の5つの章から構成されている。

第1章では、研究概要を述べている。第2章では、研究の背景や既存研究を述べており、本研究の位置づけを明確化している。

第3章では、Fault検知・分類・補正フレームワークを提案している。複数種類のFaultが混在するセンサデータからFaultを除去するためには、どの種類のFaultがセンサデータ内に含まれているかを判定するFault分類と、判定されたFaultの種類に応じた補正を行う必要がある。本章ではまず、検知・分類・補正フレームワークのアーキテクチャ詳細を説明している。本フレームワークはFaultの検知部、分類部、補正部から構成され、各部間のフローを規定している。各構成要素は既存のアルゴリズムを組み込み可能なようにフレームワークのホットスポットとなっており、対象とするFaultの種類に応じて異なるアルゴリズムを適用可能となっている。複数のFaultを扱う場合、特にFaultの分類部において、Faultの分類モデルが必要となる。そこで、本章では、既存研究でその存在が知られているBias, Drift, Malfunction, Randomという4種類のFaultを対象としたFault分類モデルを定義している。各Faultの種類毎の特性に基づき、発生の連続性、データ変化パターンのマッ

チング、発生頻度を組み合わせた決定木として分類モデルを定義している。この分類モデルを用いることで、統計的パターン認識など既存のアルゴリズムを用いて Fault の分類が可能になる。分類モデルに基づき、Fault の混入が判定された場合、Fault のモデルに基づきセンサノードの分類・補正を行う。その際に学習機構を組み込むことで、モデル上のパラメータを実行時に推定し、Fault の分類・補正精度の向上を図っている。

第4章では、第3章で示したフレームワークの実装例と、その実装を用いた評価を述べている。本章での実装では、検知部では、近隣ノードによる投票や、データの時系列解析による検知アルゴリズムによる実装が、分類部・検知部では、統計的パターン認識を用いた分類アルゴリズムによる実装が示されている。また、評価では、実システムから得られたデータセットを用いたデータ分析、シミュレーション評価、さらには実機を用いた評価に基づいて、分類モデルを用いた Fault 分類の精度評価、学習機構による補正精度評価、本フレームワークを用いることによる総合的な Fault 除去能力の評価を行っている。本評価によって、高精度のセンサデータが得られる稼働時間が向上することを示している。例えば、ある実験設定では稼働時間を18%、実時間で約3日間向上させることを示し、提案手法の有効性を示している。

最後に、第5章で、本論文の内容とまとめている。

以上のように、本論文では、高精度なセンサデータを得られる時間を向上させるという目標に対して、Fault の分類モデルに基づいて、センサデータに含まれる複数種類の Fault を実行時に検知・分類・補正するというアプローチに基づき、エラーを除去するフレームワークを提案したものである。本手法の有効性は、実システムから得られたデータセットを用いたシミュレーションや、実機での実験に基づいて現実的且つ有効であることが示されており、WSN の実運用に対して貢献するものである。以上のように情報工学における創造的実践の観点でも価値が認められる。

よって本論文は博士（情報工学）の学位請求論文として合格と認められる。