IoT システムの水平同期性異常検知のための RDF グラフ生成

RDF Graph Generation for Anomaly Detection using Horizontal Synchronization in IoT Systems

朴 柱仁　　上山 憲昭
Park Jooinh　　Noriaki Kamiyama
立命館大学 情報理工学部 情報理工学科
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

IoT システムのデータの完全性を確保する方法で最も注目されいるのはブロックチェーンを用いてタンパリングがなかったことを証明する方式である．データをブロックチェーンに登録することにより，登録後の改ざんがされてないことが確認されればデータが完全性を保っているとみなされる．しかし，センサーの物理的な誤動作，デバイスやネットワークに対する物理的な干渉，環境による異常数値等様々な要因でタンパリングがなくても信頼できないデータは多く存在する．これらの否タンパリング異常を検知するためにはデータそのものが正しいかを検証する必要があるが，比較対象がない一つのシステムの内部だけでは難しい．よって，本稿では個別の IoT システム同士のデータを比較可能にし，それらのデータを GCNN で解析することで水平同期が保たれているのかを検証することで異常検知を行うアーキテクチャを提案する．本稿では最初のモジュールである RDF グラフの作成部分についてのみ結果を示す．

2. 研究前提 本稿のアーキテクチャは現代より遥かに IoT システムの普及率が上がっている環境を想定している．現代では同じ時間，同じ対象に重複するデータを収集するデバイスを設置する場合は限られているが，発展が進めば重複するデータを持つ IoT システムが多くなり，異常検知に使えるまでになると考えている．

また，本稿では異なる IoT システムのセンサーデバイス同士が矛盾しないデータを保っている状態を水平同期性，IoT システムが保持しているデータが現実の現象を正しく反映している状態を垂直同期性として定義し，水平同期性に齟齬が生じた状態を検知するアーキテクチャを提案している．

水平同期を用いて異常検知を行う場合データの齟齬はそのまま異常として扱われるが，現実では同じ現象を違う二つのデバイスが観測した場合ある程度の数値の誤差が生じる．しかし，これらの誤差は数値化しづらい自然現象等が原因であり，膨大なデータが存在するシステムでは大きな影響を与えない．よって，本稿では IoT システムが観測した現象が同じなら全く同一のデータを入力したものとして仮定する．

3．提案検知システムのフレームワーク

図 1 に本稿で提案するフレームワークの全体の流れを示している．データ取得には eWoT を使う [1]．eWoT は TD(Thing Description) と WoT-Mapping を使って異なる API，フォーマット，モデル等を使う IoT デバイス同士から互換性が確保された Ecosystem を作ることができる．全体の IoT システムに対して SPARQL クエリーを行うことができ，従来の IoT 互換性アプローチと異なり IoT デバイスからのデータが集中化される必要がなく，Federated アプローチのように SPARQL エンドポイントが活性化されている必要もない．次に，SPARQL クエリーで取得したデータと Semantic Extractor を使ってセマンティックリッチな RDF グラフを作成する [2]．

Semantic Extractor は REST ライブラリーからデータをクローリングし，RDI グラフを作成，デバイスとデータからグラフにセマンティック情報を追加することでセマンティックリッチなグラフを生成しその SPARQL エンドポイントを提供するツールである．

Semantic Extractor は Syntax Processor, Semantic Annotator, Correlation Analyzer で構成されており，Syntax Processor でデータの Syntax 情報を抽出，Semantic Annotator で Subject, Object, Predicates, Class, Property を繋ぐ作業を行い，Correlation Analyzer でデータパターンによるリンクを作る．これにより物理的・データ的な相互関係のデータが含まれた RDF グラフが生成される．

最後にグラフのデータをモニタリングするために GCNN を使う．[3] ではトランスフォーマーベースニューラルネットワークと GCNN（Graph Convolutional Neural Networks）を使って異常検知を行っている．入力値となる対象 IoT システムの

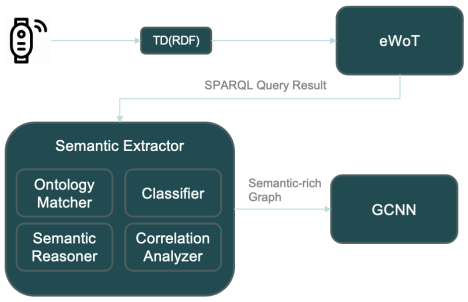

図 1: フレームワーク

データに加えてセマンティックグラフも入力し，それらを元にデータを予測する．予測したデータと同じ時間に取られたデータに一定以上の差がなければ異常はないものとして扱うやり方である．そこに，様々な IoT システムを用いて生成したセマンティックリッチなグラフとデータを元にした予測データと観測結果から異常検知をおこうことができる．

4. 実行結果 稼働中の IoT システムの入力を最大限模倣するためには公開されている SPARQL endpoint を使用し提案しているフレームワークの通りに eWoT のクエリー結果からグラフを作成するのが最も効果的である．しかし，本稿では小規模な Semantic-rich なグラフを例として見せるため文献 [2] のデータを使用し図 2 のような出力を得ている．

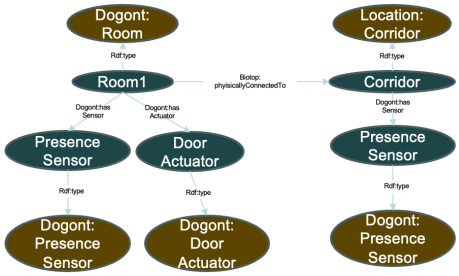

図 2: RDF グラフ

謝辞 本研究成果は JSPS 科研費 21H03436 と 23H03388 の助成を受けたものである．ここに記して謝意を表す．

参考文献

[1] Cimmino A, Poveda-Villalón M, García-Castro R. ”eWoT: A Semantic Interoperability Approach for Heterogeneous IoT Ecosystems Based on the Web of Things”, Sensors. 2020
[2] W. Li, G. Privat and F. Le Gall, ”Towards a semantics extractor for interoperability of IoT platforms,” 2017 Global Internet of Things Summit (GIoTS), Geneva, Switzerland, 2017
[3] A. Ba, F. Lorenzi and J. Ploennigs, ”Monitoring of IoT Systems at the Edges with Transformer-based Graph Convolutional Neural Networks,” 2022 IEEE International Conference on Edge Computing and Communications (EDGE), Barcelona, Spain, 2022