

IoT システムのゲートウェイにおける 実行履歴を利用した運用プロファイル生成手法

中村将仁[†] 岸知二[†]

早稲田大学 創造理工学研究科 経営システム工学専攻[†]

1. 序論

1.1. 研究背景

近年 IoT(Internet of Things)システムが広がりつつあるが、それに伴いそのテストの重要性も高まっている。ソフトウェア信頼性を評価する方法として、運用プロファイルを作成し、それを用いてテストを行う運用プロファイルテストがあるが、これは IoT システムにも有効であると考えられる。しかし、IoT システムではゲートウェイに複数種類のデバイスが、デバイスの種類ごとに複数個接続されているような状況が想定されるため、運用プロファイルの効率的な作成が課題となる。

そこで、本研究では IoT システムの実行履歴をゲートウェイで収集することで、エッジ側の負担を減らしつつ、各種のデバイスの運用プロファイルを一度に生成する手法を提案する。加えて生成した運用プロファイルを用いた、ゲートウェイから見たデバイスとのやりとりをテストする手法を考察する。

1.2. 背景知識

1.2.1. 運用プロファイル

運用プロファイルとは外部からのタスクとそのタスクの発生確率を示したものである[1]。運用プロファイルを表現する際、状態遷移とその遷移に発生確率を付与したものが使われることがある。運用プロファイルの一例を図 1 に示す。この図における外部からのタスクとは A, B, C, D の遷移が相当する。

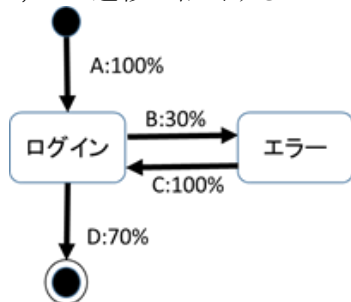


図 1. 運用プロファイルの例

運用プロファイルを用いることで発生確率の高い部分を重点的にテストすることや、発生確率は低いが

重要な機能の欠陥を発見するといったテスト[2]を行うことができる。すなわちユーザの利用特性をテストに用いることができる。利用特性に基づく運用プロファイルテストを仕様書等に基づくテストと補完的に用いることで、信頼性に影響を与える欠陥が発見しやすくなることが報告されている。

1.2.2. IoT

IoT は様々なモノがインターネットを通じて繋がるという概念のことで、モノのインターネットと呼ばれる。IoT システムの一般的な構成図を図 2 に示す。送られたセンサデータ等を集める場所がクラウド、センサやセンサが組み込まれたデバイスはエッジと呼ばれる。また、センサ側とクラウド側のプロトコルを中継する機器はゲートウェイと呼ばれ、ゲートウェイにセンサデータの処理機能等を持たせることもある。IoT システムの一例として、センサによって室内の温度を測定し、測定したデータをクラウドに送ることで、室内の温度をスマートフォンなどで外部から確認できるといったシステムが挙げられる。

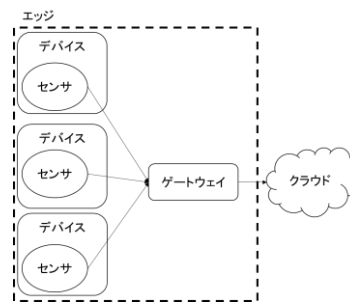


図 2. IoT システム構成例

2. 従来研究

運用プロファイルテストは Musa[1]によって提案されたもので、運用プロファイルを用いて信頼性を評価できることは研究によって示されている。高木ら[2]は、利用確率が高い部分のみでなく低い部分もテストできるような方法を提案している。

IoT に関連する運用プロファイルテストの研究として、Ai ら[3]の研究がある。[3]では自立制御システムを運用プロファイルで表現する難しさについて指摘し、運用プロファイルにシナリオモデルの考えを用いることで解決した。他にも運用プロファイルテストは、航空機器や医療用ソフトウェアのテストに用いられている。

Operational Profile Generation Method Using Execution Log at Gateway of IoT System

[†] Department of Industrial and Management Systems Engineering CSE Graduate School, Waseda University

3. 提案手法

3.1. 問題分析

IoT システムに対して実行履歴から運用プロファイルを生成するにあたり IoT 特有の問題と、運用プロファイル生成の問題を考慮する必要がある。

- (1) デバイスの実行履歴を収集する際に、デバイスにコードを埋めこむとエッジ側に負担がかかる。
- (2) ゲートウェイで実行履歴をとる場合には、様々なデバイスとゲートウェイはやりとりしているため、デバイスの識別を行う必要がある。
- (3) デバイスごとの実行履歴から、デバイスの種類ごとに運用プロファイルを生成する必要がある。

(1)の問題に対しては、ゲートウェイで集めたセンサデータ等を解析することで、エッジ側の負担を減らす。

(2)の問題に対しては、通信のプロトコルを考慮することでデバイスを識別する。

(3)の問題に対しては、実行履歴を利用することでデバイスごとに運用プロファイルを生成する。同種類のデバイスは類似した利用をされることを仮定し実行履歴を統合した後、運用プロファイルを生成する。

3.2. 想定するシステム構成

本研究ではデバイスとゲートウェイ間の通信は無線を想定している。接続に使われるプロトコルの中でBLE(Bluetooth Low Energy)を対象とする。IoT システムには、デバイスからゲートウェイを介さずに直接クラウドに接続するシステムも存在するが、エッジ側の負担を減らすことを目的としているため考慮しない。

3.3. 運用プロファイルの生成

提案手法は 4 つのステップで構成される。研究の全体像を図 3 に示す。この図ではデバイス A と A' が同種類、デバイス B が異なる種類のデバイスである。

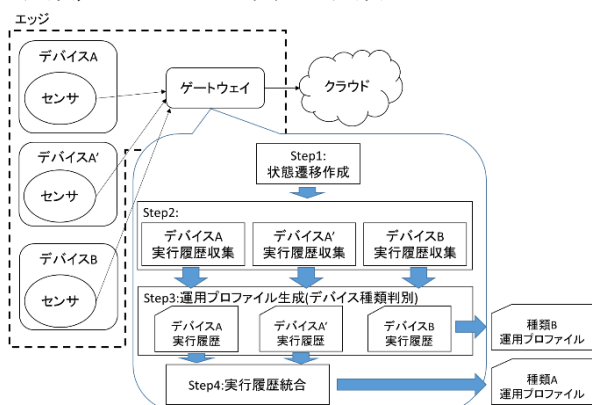


図 3. 研究全体像

Step1. 状態遷移作成

ゲートウェイに存在する、センサデータをクラウドに送る処理を行うプログラムから、ゲートウェイから見たセンサの利用手順を示した状態遷移

を作成する。状態遷移は IoT システムの仕様書に沿って作成する。

Step2. 実行履歴収集

ゲートウェイで得られる通信データから実行履歴を収集する。通信データは今回対象としている BLE のパケットフォーマットに従っている。BLE でパケットとして送信されるデータの中に含まれる、Advertising Channel PDU より ID または名前を得ることで、通信データが送られてきたデバイスを判別する。

Step3. 運用プロファイル生成(デバイス種類判別)

デバイスの種類を判別し、運用プロファイルを生成する。判別ルールを手動で作っておき、それによって Step2 で得られた ID や名前から自動で判別する。

Step4. 実行履歴統合

Step3 までで作られたデバイスごとの実行履歴を統合、確率を付与し、運用プロファイルを生成する。一般に IoT システムでは同じ種類のエッジがいくつかあると考えられるため、それらを統合することで確率の信頼性を高めることができると期待される。

3.4. テスト手法

生成された運用プロファイルを用いたテストとしては、利用確率の高い部分を重点的にテストする手法がある。また、複数のデバイスに対して同時にテストを行う手法も考えられる。これらの手法を組み合わせることで、テストにかかるコストを抑えつつ、重要部分のテストができると考えられる。

4. 結論

本稿では、収集した実行履歴から運用プロファイルを生成する方法を示した。

今後は本手法を実際の IoT システムに適用しながら、手法の洗練を行いたい。その中で適切な判別ルールの検討や、自動化できる部分と手動が必要な部分の見極めを進めたいと考えている。

参考文献

- [1]Musa, J.D.「The Operational Profile, Reliability and Maintenance of Complex Systems」, NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences, Vol.154, pp.333-344, 1996.
- [2]高木智彦, 橋本慎一郎, 八重樫理人, 古川善吾, 「拡張運用プロファイルに基づく最適化されたテストスイートの生成手法」, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.2, pp.557-565, 2012.
- [3]Ai, J., Zheng, F., Shang, J. 「A scenario modeling method for software reliability testing」, 2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI 2012), IEEE, pp. 2429-2433, 2012.