

# IoTシステムのための耐故障性要求の獲得支援に関する考察

2013SE219 手島成美

指導教員：沢田篤史

## 1 はじめに

近年、私たちの身の回りにも IoT 技術を用いた機器が増え、車の自動運転につながる運転支援システムやスマートシティ、家電製品、医療機器にまで広がっている。

IoTシステムを開発する上で、非機能要求について十分に考慮する必要がある。非機能要求は、システム全体の特性として成功したかどうかの指標としても考えられる。そこで、開発の効率化となり得る IoT システムの非機能要求に対する手法や技術はより明確にする必要がある。

本研究の目的は、IoTシステムの耐故障性を考慮した開発の支援である。IoTシステムにおいて考慮すべき非機能要求の副特性は6つ挙げられる [1]。この中の耐故障性に着目して、要求獲得のための手法を提案する。そして、この提案を整理し明確化することにより目的の達成を目指す。

本研究では、IoTシステム開発における各アーキテクチャ構成要素の耐故障性に対する要求獲得の適用手法を明確にし、その事例検証をする。

## 2 IoTシステムにおける非機能要求

### 2.1 IoTシステム

IoTとは、「Internet of Things」の略であり、日本語では主に「モノのインターネット」と訳される。このIoTとは、コンピュータなどの情報通信機器だけでなく、世の中に存在する様々なモノに通信機能を持たせる技術である。IoTシステムの代表例としては、家電の遠隔操作やリストバンドを用いた健康管理システムなどが挙げられる。

### 2.2 IoTシステムのアーキテクチャ

IoTシステムの主な構成要素は、デバイス、ゲートウェイ、サーバ、アプリケーションの4つである [2]。IoTのための参照アーキテクチャは以下の図1が考えられる。

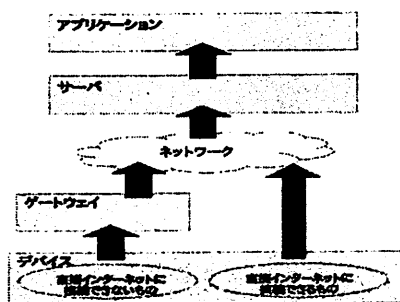


図1 IoTシステムの主な構成要素

### 2.3 非機能要求の分類

非機能要求は、システム開発上の要求のうち、システム要求などの機能面以外のもの全般を指す。この定義にはISO9126の国際規格が用いられ、品質を表す特性として6つの品質特性と27の副特性に分類されている。以下の表1にその分類を示す。

機能性	信頼性	使用性
合目的性	成熟性	理解性
正確性	耐故障性	習得性
相互運用性	回復性	運用性
機密性	標準適合性	注目性
標準適合性		標準適合性
効率	保守性	可搬性
時間効率性	解析性	環境適応性
資源効率性	変更性	設置性
標準適合性	安定性	共存性
	試験性	置換性
	標準適合性	標準適合性

表1 非機能要求の分類

### 2.4 IoTシステムにおける非機能要求

IoTシステムにおいても非機能要求を考慮する必要がある。ISO9126における27の副特性のうち、IoTシステムで特に考慮すべき副特性は、正確性、相互運用性、機密性、耐故障性、時間効率性、資源効率性の6つである [1]。

本研究では、特にIoTシステムにおける耐故障性について考える。IoTシステムは、多くのセンサやアクチュエータ、デバイスを用いている。また、IoTシステムはネットワークに接続されていることから、ネットワークの不安定さも考慮する必要がある。そのそれぞれが故障、停止した場合でも正常に動作する必要があり、その為に各構成要素の耐故障性に特に注目してシステムを作る必要があると考えた。

IoTシステムにおいて各構成要素の耐故障性を考えるとき、アプリケーションについてはクライアントに依存する為、本研究では考えないものとする。

## 3 IoTシステムのための耐故障性要求獲得手法

### 3.1 IoTシステムにおける耐故障性に対する技術

IoTシステムにおける耐故障性に対する技術として、多重化がある。この技術の手法として、N-versionとRecovery Blockの2つが挙げられる。N-versionとは、異なるモジュールに対して同一の機能要件の動作を実行し、結果を判定する手法である。またRecovery Blockとは、あらかじめ複数のモジュールを用意しておき1つ目のモ

ジュールを実行し、もしエラーが発生した場合、別のモジュールを実行する手法である [3].

### 3.2 IoT アーキテクチャの構成要素と耐故障性要求との対応表

IoT システムの主な構成要素 (図 1) のそれぞれに対して、N-version と Recovery Block を用いた対策を考えた (表 2). この一覧を示すことで、開発者の開発効率の向上を目指す.

	N-version	Recovery Block
デバイス(センサ)	複数のデバイスを同時に実行し、何らかの基準で正常なデバイスからの値を計算する。	複数のデバイスについて 1 つ目のデバイスから値を取得し、エラーが出たときに次のデバイスから値を取得する。
ゲートウェイ	複数のゲートウェイを同時に実行することはできないので不可。	複数のゲートウェイについて 1 つ目のゲートウェイを実行し、エラーが出たときに次のゲートウェイを実行させる。
サーバ(値の登録)	複数のサーバにデータを登録し、値の登録をする。	複数のサーバについて、1 つ目のサーバにデータを登録し、エラーが出たときに次のサーバへの登録を行う。
サーバ(値の削除)	値が必要な場合、複数のサーバの中から正常なサーバから値を取得する。	複数のサーバについて 1 つ目のサーバからデータを取得し、エラーが出たときに次のサーバからの取得を行う。

表 2 構成要素と耐故障性要求の対応表

ただし、本研究では 1 つのセンサから複数のゲートウェイにデータを送信することは、困難なものとする。したがって、センサから複数のゲートウェイにデータを送信ことができない為、ゲートウェイには N-version の手法が適用できないことがわかる。

## 4 温度センサシステムを用いた事例検証

### 4.1 温度センサシステム

ここでは、南山大学名古屋キャンパス S 棟の各部屋の温度管理をするシステムについて考える。各部屋に温度センサとゲートウェイを設置し、各部屋から集まったデータを管理するサーバを設置する。この時、それぞれにどの手法を用いるのかを前章を元に整理し、アーキテクチャを提案する。

### 4.2 耐故障性要求獲得の例

前章の表 2 に基づいて、温度センサシステムについての耐故障性要求の獲得を行う。要求獲得の方法として、どの構成要素に多重化を適用するか、その場合、どの要求獲得手法を適用するかを決定し、このシステムのアーキテクチャを設計する。

例えば、デバイス、ゲートウェイ、サーバそれぞれに多重化技術を適用する場合について挙げる。前章の表 2 に基づくと、ゲートウェイは N-version の手法を用いることができないので、Recovery Block の手法を適用する。残りの構成要素に関しては、それぞれ手法を選択する必要がある。ここでは、デバイスであるセンサには、より高い精度を重視したいので、N-version の手法を適用する。サーバには、より速い速度を重視したいので、Recovery Block の手法を適用する。この時の概要を以下の図 2 に示す。

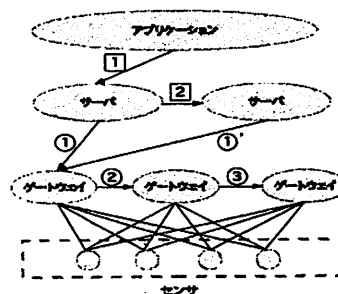


図 2 適用例の概要

### 4.3 考察

IoT システムの開発において考慮すべき非機能要求の要求獲得手法の明確化を行った。これにより、IoT システムの開発における効率の向上が見込めると考えた。IoT システムにおいて考慮すべき非機能要求のうち耐故障性要求に対しての要求獲得の手法を明確化した。耐故障性要求獲得の技術である多重化を 2 つの技術に分離し、各構成要素との対応表を作成した。この明確化された表を元にして開発を行うことで、対処方法が明確になり、開発効率の向上が実現できるようになる。しかし、今回の事例検証ではセンサに特化したシステムの事例であり、アクチュエータを含むなど他のシステムでは用いることができないことも考えられる。

### 5 おわりに

本研究では、IoT システム開発における各アーキテクチャ構成要素の耐故障性要求の獲得について、適用技術の明確化を提案した。これにより、IoT システムの開発において耐故障性要求に対する各アーキテクチャ構成要素の適用技術が明確になり、開発効率の向上を実現することができた。今後の課題として、本研究と同様に残りの 5 つの非機能要求に対しての明確化とその事例検証が挙げられる。

### 参考文献

- [1] Lawrence Chung, Brian A. Nixon, Eric Yu, John Mylopoulos: *Non-Functional Requirements in Software Engineering*. Kluwer Academic, Boston/Dordrecht/London, 2000.
- [2] 河村雅人, 大塚 紘史, 小林佑輔, 小山武士, 宮崎智也, 石黒佑樹, 小島康平: 『絵で見てわかる IoT/センサの仕組みと活用』. 翔泳社, 2015.
- [3] 中村 暢 達: データベース接続層の拡張による ICT サービスの信頼性向上の研究. 奈良先端科学技術大学院大学, 2007. Available: [https://library.naist.jp/mylmedio/dllimedio/showpdf2.cgi/DLPDFR005790\\_P1-172](https://library.naist.jp/mylmedio/dllimedio/showpdf2.cgi/DLPDFR005790_P1-172)