



**Title:** Integrated Architecture for Cloud and IoT with Logical Sensors and Actuators - Logical IoT Cloud  
(論理センサと論理アクチュエータを使ったクラウドと IoT の統合アーキテクチャ - 論理 IoT クラウド)

**Authors:** Takayuki Kushida, Yuka Kato  
串田 高幸 (東京工科大 教授)、加藤 由花 (東京女子大 教授)

**Journal:** Lecture Notes in Networks and Systems

**掲載年月:** 2024 年 11 月

**研究概要:** この論文は、クラウドと IoT の統合システム管理のアーキテクチャとして論理センサと論理アクチュエータと呼ばれるソフトウェアのオブジェクトで構成された論理 IoT クラウド(Logical IoT Cloud: LIC)を提案している。LIC は、複数の仮想センサで構成された論理センサ(LS) と複数の仮想アクチュエータで構成された論理アクチュエータ (LA) が一般のクラウド資源に加えて使用することができる。これらの LS と LA は、クラウドネイティブ環境でソフトウェアオブジェクトとして実装されていて、対応する物理センサと物理アクチュエータの機能を API 経由で提供している。この LIC で LS と LA を使用することでミッションクリティカルな IoT アプリケーションをサポートすることができるようになる。このミッションクリティカルな IoT アプリケーションは、LS を使ってセンサーデータを収集して、データ解析した結果をもとに LA に一連の実行コマンドを送ることで物理アクチュエータを制御することができる。

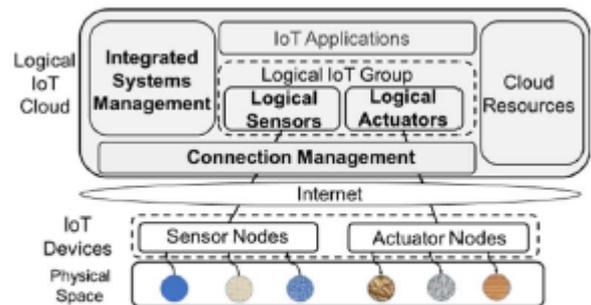


図 Architecture of Logical IoT Cloud

**研究背景:**クラウドは、IT システムの共通インフラとして、すでに数多くの基幹システムで採用されている。一方で IoT アプリケーションは、サイバーフィジカルシステム(CPS)として物理センサでデジタル化されたデータをもとにアプリケーションで解析をして、その結果によって制御コマンドが生成されて、物理アクチュエータに送られて、実環境を制御している。

IoT アプリケーションは、このような一連の処理によって IoT サービスをユーザに提供している。IoT アプリケーションをクラウド上で実行する場合に、物理センサや物理アクチュエータを通常の CPU、メモリ、ストレージ、ネットワークのクラウド リソースと同じリクエストで提供できるようにするために、クラウドと IoT の統合システム管理の機能が必要になる。また、ミッションクリティカルなサービスを提供するための IoT アプリケーションにおいて、物理センサと物理アクチュエータとそれらをサポートするソフトウェアに対しては高可用性と信頼性が必要になる。この背景からクラウドと IoT の統合システム管理するためにクラウドの基盤技術によるサービスの提供が必要になっている。

**研究成果:**この論文の成果は、IoT アプリケーションが論理センサと論理アクチュエータが定義された論理 IoT クラウドのアーキテクチャ(LIC)を提案したことである。LIC では、論理センサがグループ化された論理 IoT グループを構成できるようになったことで、クラウドユーザが論理 IoT グループを一般のクラウドリソースである CPU、メモリ、ストレージ、ネットワークとともに同時にリクエストして使うことができるようになっている。さらに IoT アプリケーションは、この論理 IoT グループにアクセスすることで高信頼性で高可用性の論理センサと論理アクチュエータを論理 IoT クラウド上で使うことができるようになったことである。

**社会的・学術的なポイント:**IoT ではセンサとアクチュエータを使うことで、実際の環境のコンピューティングサービスをユーザに提供することができる。しかし、センサとアクチュエータは、物理的な制限や利用が限定されるために、IoT のアプリケーションソフトウェアは、一般にこれらの制限と限定にもとづいて開発される。この論文では、すでに実用化されるクラウドのインフラストラクチャのサービスの一つとして、論理センサと論理アクチュエータをソフトウェアオブジェクトとして定義して、アプリケーションからアクセスできるようにする方法を提案している。論理センサと論理アクチュエータが生成できる論理 IoT クラウドを使うことによって、ミッションクリティカルな IoT アプリケーションをクラウド上で運用することができるようになる。

## 用語解説:

**クラウド:**ネットワーク経由で遠隔にあるコンピュータ資源である CPU, メモリ, ストレージ, ネットワークをサービスとして利用するための仕組みである。ユーザは、クラウドを使うことによって自らハードウェアを所有して構成する必要がなく、Web を使ってリクエストすることによって即座にコンピュータ資源を使うことができる。

**IoT:**モノのインターネットと呼ばれていて、多種多様なハードウェアがネットワーク経由で接続されて利用できるようになっている。IoT を使ったアプリケーションは、実環境のデータをもとにデータ解析の処理をして、解析結果をもとにして実環境に作用をおこなう。

**センサ:**実環境にある物理量を電気信号にして、それをデジタルデータに変換するためのハードウェアデバイスである。センサデバイスとも呼ばれる。センサは、デジタルデータを使って設定や制御するためのレジスタがあり、これらを適切に設定することでセンサから柔軟にデータ収集することができる。例えば、温度や湿度のデータを収集するためのセンサがある。

**アクチュエータ:**デジタルデータとしてのコマンドの制御信号を受け取って、実環境の物理的な作用に変換するためのハードウェアデバイスである。このデバイスには動作を設定するためのレジスタがあり、このレジスタの値を適切に変更することによって、デバイスの柔軟な制御が可能になる。例えば、アクチュエータとしてサーボモータがアクチュエータである。

**CPS (サイバーフィジカルシステム):**実環境をフィジカル空間として、デジタル化されたコンピュータでの環境をサイバー空間と呼ぶ。フィジカル空間からの状況を取得すること、サイバー空間で処理すること、フィジカル空間に作用することを構成して構築したシステムのことである。実環境での状況のデータ収集をデジタル化することから、サイバー空間でそのデータ解析をして、実環境に対して作用するためのコマンド実行の、一連の流れと、それらの処理を繰り返し行うことによるフィードバックループがあるシステムである。実環境の状況をデータ収集するためにセンサが使われて、実環境に作用するためにアクチュエータが使われる。