

環境負荷低減に貢献する センサ・アクチュエータ管理 プラットフォーム技術

山口 一郎・鈴木 孝明・津田 隼輔
齋藤 善彦・山田 勝彦

要 旨

近年、センサ・アクチュエータを利用したシステムが導入されつつあり、これらを活用して環境負荷の低減に貢献するサービスの実現が期待されています。しかしながら現状では、利用するセンサ・アクチュエータに応じて個別に最適なシステム構築が必要であり、コスト負担が大きく、サービスの普及の阻害要因となっています。そこで、われわれは、サービス普及を目指してコスト負担を低減する管理プラットフォーム技術の研究開発を進めています。本稿では、開発技術、また、これらに関する標準化の動向と活動状況について述べます。更に、コンビニエンスストアを対象として実施する実証実験の概要について紹介します。

キーワード

●環境負荷低減 ●センサ・アクチュエータ ●遠隔管理 ●プロビジョニング

1. はじめに

近年、住宅・職場・工場・公共施設・屋外フィールドなどに、多様な目的で各種のセンサ・アクチュエータ類が設置されています。更に、これらのセンサ類を活用して環境負荷の低減に貢献するサービスの実現が期待されています。

しかし、このような環境サービスの実現において、サービス事業者は、利用するセンサ・アクチュエータに搭載される機能や通信プロトコルに応じて、個別に最適なシステム構築が必要です。そのため、コスト負担が大きく、サービス普及の阻害要因となっています。したがって、標準的な機能とインタフェースを備え、多種多様なセンサ・アクチュエータの導入の容易性を高めるシステムが必要となります。

われわれは、サービス事業者の負担軽減を目指した管理システムアーキテクチャを定め、多種多様なセンサ・アクチュエータの導入の容易性を高める管理プラットフォーム技術の研究開発を行い、標準化と標準化要素の抽出を進めています。

本稿では、研究開発した技術について説明し、環境負荷低減の実証フィールドとしてコンビニエンスストアを対象とした実証実験の概要について説明します。更に、これらの開発技術と関連する標準化の動向と活動状況について述べます。

2. 管理システムアーキテクチャ

サービス事業者の負担軽減を目的とした管理システムアーキテクチャを定めました。図1は、センサ・アクチュエータ、ゲートウェイ、管理プラットフォーム、サービス事業者で構成されるアーキテクチャを示しています。ゲートウェイと管理プラットフォームは連携して、次の機能を実現します。

2.1 ネットワークサービス制御機能

多様な通信プロトコルをサポートするセンサ・アクチュ

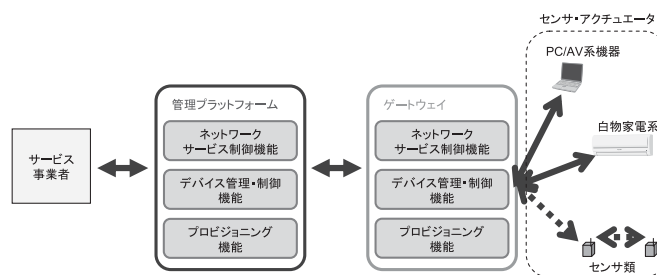


図1 管理システムアーキテクチャ

エータからのデータを収集・管理し、サービス事業者の要件に応じてデータを配送します。また、サービス事業者からセンサ・アクチュエータにアクセスするための制御も行います。

2.2 デバイス管理・制御機能

設置されるセンサ・アクチュエータ、また、それらで構成されるネットワークの遠隔管理を行います。

2.3 プロビジョニング機能

各センサ・アクチュエータを用いたサービスの提供において、必要な機能のみ配備します。

3. 管理システムアーキテクチャの技術課題

管理システムアーキテクチャを構成する機能には、管理プラットフォームを中心とした以下の課題があります。

3.1 ネットワークサービス制御機能の課題

センサ・アクチュエータからのデータ収集に関して、センサ・アクチュエータによって、データフォーマットや通信プロトコルなどが異なるため、個別に対応すると高コストとなります。そこで、汎用的なインターフェースの定義、また、通信プロトコルの選定が必要であり、課題になります。

次に、サービス事業者側からのセンサ・アクチュエータに対するアクセスに関して、センサ・アクチュエータ個々の通信アドレスを意識したシステム開発は、サービス事業者にとって負担が大きくなります。そこで、サービス事業者がセンサ・アクチュエータに容易にアクセスできるようなアドレス管理の実現が課題です。

最後に、大量のセンサ・アクチュエータからのデータ受信と管理が想定されるため、大量のデータ受信処理をするうえでのスケーラビリティ確保が課題です。

3.2 デバイス管理・制御機能の課題

センサ・アクチュエータによって異なる管理プロトコルが実装されるため、管理情報も異なります。したがって、機能

実現のために個別で対応すると高コストになります。そのため、共通化した管理プロトコルの選定と汎用的な管理情報のモデル化が必要で、課題になります。

3.3 プロビジョニング機能の課題

センサ・アクチュエータなどを用いたサービス（以降、デバイス利用サービスと略す）の利用を促進するためには、さまざまなデバイスとサービス事業者との通信を中継するゲートウェイ内部に、多種多様なデバイスとサービスのサポート機能が必要となります。具体的には、デバイスのドライバソフトウェアや、サービス事業者のサービスソフトウェアなどが必要となります。

一方で、一般ユーザが購入するだろうゲートウェイは、コスト面などから、計算能力や記憶能力などに制限があります。したがって、さまざまなデバイス利用サービスを提供するために、多くのソフトウェアを事前にゲートウェイ内に配備することは望ましくありません。

そこで、接続するデバイスとサービスに応じて、動的にゲートウェイにソフトウェアを配備させる方法が課題です。

4. 管理プラットフォームを中心とした開発技術

管理システムアーキテクチャの普及を目的として、第3章で述べた管理プラットフォームを中心とした各課題を解決する技術開発を行いました。本章では、開発技術を紹介します。

4.1 ネットワークサービス制御機能

多種多様なセンサ・アクチュエータに対応するため、センサ・アクチュエータのデバイス種別などを含めたメッセージフォーマットを定義しました。なお、IETF（インターネット技術標準化委員会）やETSI（ヨーロッパ電気通信標準化協会）などでは、センサ・アクチュエータも関連するM2M通信について、httpプロトコルベースでの技術検討が進められているため、ゲートウェイと管理プラットフォーム間通信においてhttpプロトコルを採用しました。

次に、センサ・アクチュエータにアクセスするためのアドレス管理について、管理プラットフォームではサービス事業者が要求するアドレス情報と、センサ・アクチュエータの遠

隔管理で取得するデバイスのアドレス情報の組情報を管理する機能を開発しました。本機能によって、サービス事業者のセンサ・アクチュエータへのアクセスを実現します。

また、大量のセンサ・アクチュエータからのデータ収集に関して、多数のゲートウェイから送信される大量のセンサデータを、スケーラビリティを確保しながら効率的に受信処理するために、分散並列処理方式のデータ収集機能を開発しました。

4.2 デバイス管理・制御機能

遠隔管理技術として、BBF（Broadband Forum）では、ゲートウェイなどの機器の遠隔管理機能について、TR-069プロトコル¹⁾を定めています。TR-069を用いた遠隔管理システムでは、ネットワーク外部に配備されたACS（Auto-Configuration Server）と呼ばれるサーバが、ゲートウェイなどを遠隔管理します。

更に、BBFでは、検討中のPD-174として、TR-069をサポートしないデバイス（非TR-069デバイス）の遠隔管理のために、TR-069をサポートする機器を中継機とした遠隔管理機能の標準化を進めています。非TR-069デバイスとしては、センサデバイスの標準プロトコルとして知られるZigBeeやZ-Waveを備えたデバイスなどが挙げられます。

われわれは、今後、普及が進むと推測されるZigBeeデバイスの遠隔管理について、デバイスの管理制御機能の技術開発を行いました。開発した技術概要及びACSによるZigBeeデバイスの遠隔管理概要を **図2** に示します。

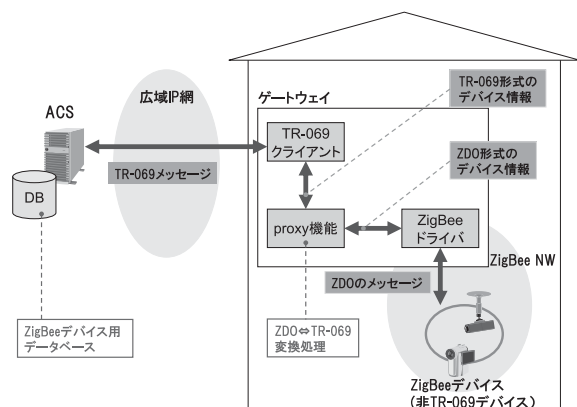


図2 デバイス管理制御機能の概要

開発したゲートウェイは、ZigBeeデバイスの持つ「ZDO」と呼ばれる管理機能を用いて、ZigBeeデバイスと管理メッセージを送受信し、ZDO機能の管理メッセージとTR-069の管理メッセージとの変換を行います。ゲートウェイ内のZigBeeドライバは、ZDO機能によりZigBeeデバイスの接続を検知し、デバイス情報を入手します。入手されたデバイス情報は、メッセージ変換機能を持つproxy機能へ渡され、ZDO形式からTR-069形式のメッセージに変換されます。変換されたメッセージは、実際にACSと通信を行うTR-069クライアントへ渡され、ACSへ通知されます。メッセージ処理及び変換処理は双方向処理のため、ACSとZigBeeデバイス間は双方向通信が可能となります。

ゲートウェイのメッセージ変換機能により、ACSはZigBeeデバイスを遠隔管理できます。例えばACSは、ZigBeeデバイスの経路情報や製造者コード、バッテリー残量、電波強度などを入手できます。特に、経路情報を基に、ZigBeeネットワークのトポロジ情報を管理することが可能となります。

4.3 プロビジョニング機能

OSGiアライアンスでは、「バンドル」と呼ばれるJavaプラットフォーム上で動作するプラグインソフトウェアと、バンドルのプラットフォームについて規定しています。バンドルは、必要に応じて機能を有効にできます。

われわれは上記の特徴に着目し、デバイス接続時にバンドルを自動で有効化するプロビジョニング機能を開発しました。バンドルはプラグインが可能のため、ゲートウェイ上のソフトウェアとして適切です。デバイスの接続によって自動的にサービスが利用可能になる動作例を **図3** に示します。

ゲートウェイ内のプロビジョニング機能は、デバイス接続時に、デバイスが必要とするバンドルを選択し、管理プラットフォーム内のプロビジョニング機能のバンドル管理部にバンドル配信を要求します。具体的には以下のとおりです。

- (1) ゲートウェイ内のデバイス管理・制御機能は、デバイスの接続の検知及びデバイス情報を入手します。
- (2) 同デバイス管理・制御機能は、ゲートウェイ内のプロビジョニング機能にデバイス情報を通知します。
- (3) 同プロビジョニング機能は、データベースから、デバイス情報を基に必要とされるバンドルを選択します。
- (4) 同プロビジョニング機能は、管理プラットフォーム内の

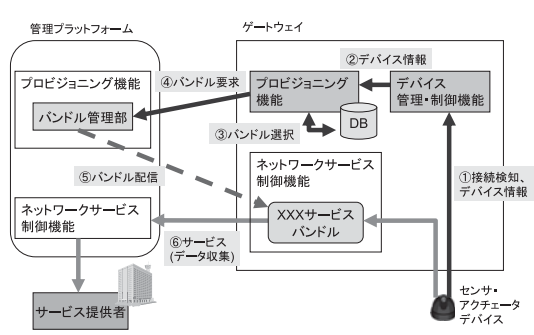


図3 プロビジョニング動作例

バンドル管理部に、選択したバンドルの配信を要求します。
 (5) 同バンドル管理部はゲートウェイにバンドルを配信します。

(6) サービス事業者は、ネットワークサービスの制御機能と配信されたバンドルを介してデバイスと通信し、ユーザにサービスを提供します。

プロビジョニング機能により、ゲートウェイのリソース問題と、多種多様なデバイスの利用サービスのサポート問題を解決します。更に、一般ユーザは、デバイスの接続から自動的にデバイス利用サービスを利用可能となります。例えば、センサデバイスをゲートウェイに接続すると、自動的に適切なデータ解析サービス事業者へセンサデータが届けられ、データ解析の結果を受け取ることができます。

5. コンビニエンスストアでの実証検証

コンビニエンスストアにて、開発した機能の検証及び、環境負荷のモニタリングを行っています。

5.1 検証システムの構成

開発技術の検証と環境負荷の低減効果の検証を行うために、近年、店舗数の拡大に伴い店舗の運用改善による環境負荷低減の必要性が検討されているコンビニエンスストアの店舗をテストベッドとした実験を行います。図4に本テストベッドのシステム構成を示します。

本システムでは、各店舗に各種センサやカメラを設置し、冷蔵庫や空調など店舗内の設備機器の温湿度データや消費電力量データ、及び店員の行動や機器の稼働状態をデータ化し

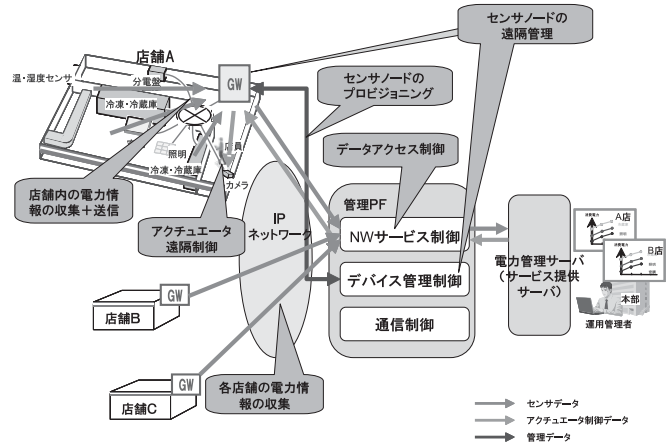


図4 テストベッドのシステム構成

て管理プラットフォームで収集します。収集したデータは、サービス事業者のサーバである電力管理サーバに送信します。電力管理サーバは、消費電力量と店舗の機器の稼働状態などを統合的に運用管理し、店舗における電力の消費状況を確認できるサービスを提供します。また、必要に応じて電力管理サーバは、管理プラットフォームを通じて店舗のカメラなど機器の遠隔制御を行います。

5.2 検証内容

開発した各機能が統合的に動作することで、店舗の運用改善による環境負荷の低減が可能となることを検証します。すなわち、各店舗の電力消費量や温湿度情報などを収集し、フランチャイズ本部など遠隔地でモニタリングするサービスにより、環境負荷の低減が可能となることを確認します。また同時に、開発した各機能の動作の検証を行います。検証内容は、次のとおりです。

・ ネットワークサービス制御機能

効率的に各種の温湿度や消費電力量データを収集し、収集したデータを電力管理サーバへ送信します。

・ デバイス管理制御機能

センサデバイスのトポロジ状態などを管理し、サービスの継続性の確認やサービス提供時のトラブル対応などを容易に実現します。

・ プロビジョニング機能

カメラなど機器の接続に応じて、遠隔制御に必要なバンド

ルを配信してゲートウェイに配備します。

6. 検証技術の標準化

・ デバイス管理制御機能

BBFでは、省エネルギーに関する議論が開始され、多種多様なセンサ・アクチュエータに関する標準化の検討が進められています。そのなかで、デバイス管理制御機能について、われわれが開発したZigBeeデバイス対応の管理メッセージ変換技術をPD-174に反映させる提案を進めています。また、ZigBeeデータモデルについても提案作業を開始しています。

・ プロビジョニング機能

プロビジョニング機能における標準化では、OSGiアライアンスにて、配信されるバンドルが備えるべきAPIのうち、特にZigBeeデバイスへのアクセス用APIを提案中です。

7. まとめ

本研究開発では、センサ・アクチュエータを利用した環境サービスの普及促進を目的としたシステムの管理アーキテクチャを策定し、多種多様なセンサ・アクチュエータの導入の容易性を高める機能とインタフェースを備える管理プラットフォーム技術を提案しました。また、提案した技術を実装し、コンビニエンスストアにて実証実験を行っています。実証実験を通して、店舗から得られる消費電力や温湿度情報の解析を行い、環境負荷の低減の検証を行っています。また、管理プラットフォームの技術検証を行い、センサ・アクチュエータの遠隔管理技術、及びプロビジョニング技術に関して標準化の検討を進めています。

最後に、本提案技術により、幅広い環境サービスの提供を低コストで実現することができます。すなわち、今後、環境サービスの普及拡大が期待されます。

8. 謝辞

本研究開発の一部は、総務省「ネットワーク統合制御システム標準化など推進事業」の成果の一部です。

*ZigBeeは、ZigBee Alliance, Inc.の登録商標です。

*Z-Waveは、Sigma Designs, Inc.の登録商標です。

参考文献

- 1) Broadband Forum, CPE WAN Management Protocol v1.1
http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-2.pdf

執筆者プロフィール

山口 一郎
システムプラットフォーム研究所
主任

津田 華輔
ITハードウェア事業本部
応用アプライアンス事業部

山田 勝彦
システムプラットフォーム研究所
主任研究員

鈴木 孝明
システムプラットフォーム研究所

齋藤 善彦
ネットワークソフトウェア事業本部
ネットワークサービスシステム事業部
マネージャー