

# M2M システムにおけるルールベースの自律分散機器制御方式

李 斌<sup>†</sup> 北上 眞二<sup>†</sup> 宮西 洋太郎<sup>‡</sup> 浦野 義頼<sup>†</sup> 白鳥 則郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup>早稲田大学大学院国際情報通信研究科 <sup>‡</sup>(株) アイエスイーエム

## 1. はじめに

人手を介さずにセンサや機器をインターネットに接続し、様々なサービスを提供する M2M (Machine-to-Machine) システムが注目を集めている。M2M システムでは、サーバがすべての機器データを収集し、サーバから機器を遠隔制御していた。しかし、このようなサーバ集中型の M2M システムにおいては、接続される機器数の増大に伴い、ネットワーク負荷の増大、機器制御の遅延および複数のアプリケーションによる制御の競合などの問題が発生する。

本稿では、これらの問題を解決するためのルールベースの自律分散機器制御方式を提案する。本提案方式は、あらかじめトリガとアクションから構成される制御ルールを M2M ゲートウェイ装置に送信しておき、M2M ゲートウェイ装置がその制御ルールに基づいて自律的に機器を制御する。これにより、ネットワーク負荷の増大と制御遅延を回避することができる。また、制御ルールの内容を相互チェックすることにより、制御競合の問題も解決する。

## 2. サーバ集中型 M2M システム

サーバ集中型 M2M システムを図 1 に示す。サーバ集中型 M2M システムは、サーバが複数の機器からデータを収集し、複数の機器を遠隔制御する。このサーバ集中型 M2M システムにおいては、ネットワーク負荷の増大、機器制御の遅延および機器制御の競合という問題が発生する。

- (1) ネットワーク負荷の増大  
空調、照明などの接続機器の台数が増えると、サーバ側ネットワークの負荷が増大する。
- (2) 機器制御の遅延  
収集したデータの分析結果に基づいて、サーバが機器を制御するため、機器制御の遅延が発生する[1]。
- (3) 機器制御の競合  
複数のサーバが同時に同一の機器に対して遠隔制御を行うと、制御の競合問題が発生する[2]。例えば、図 1 において、Server1 が遠隔保守サービスのために機器を試運転しているときに、Server2 が省エネサービスのために設定

温度を変更すると、利用者が期待するサービスが提供できなくなる。

## 3. 提案方式

本稿では、第 2 章で述べたサーバ集中型 M2M システムの問題点を解決するために、ルールベースの自律分散機器制御方式を提案する。提案方式の構成を図 2 に示す。提案方式では、サーバと機器の間に設置した M2M ゲートウェイ装置が、各種センサの値の変化や機器の動作状況に基づき、自律的に制御を行う。

M2M ゲートウェイ装置が自律制御を行うための制御ルールは、あらかじめサーバから M2M ゲートウェイ装置に送信しておく。一般に、制御ルール  $R(N,M)$  は  $N$  個のトリガから  $M$  個のアクションを生成するが、本稿では  $M=1$  の場合、すなわち制御ルール  $R(N,1)$  について検討する。以下に、本提案方式における機器機能の抽象化、制御ルールの記述および制御競合の回避方式について論じる。

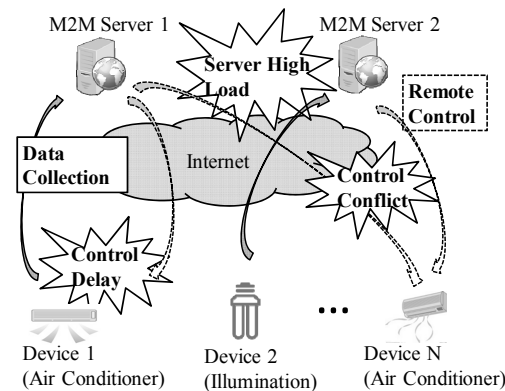


図 1: サーバ集中型 M2M システム

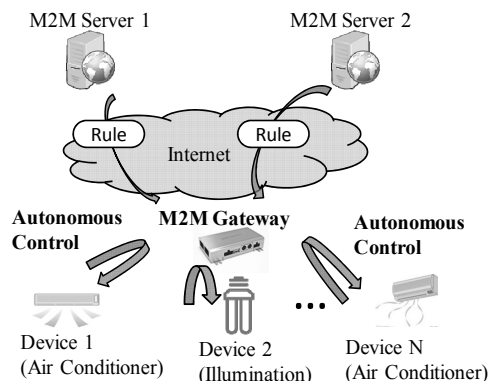


図 2: ルールベース自律分散機器制御方式

Autonomous Distributed Control Method based on Rules in M2M System

Bin Li<sup>†</sup>, Shinji Kitagami<sup>†</sup>, Yohtaro Miyaniishi<sup>‡</sup>, Yoshiyori Urano<sup>†</sup>, Norio Shiratori<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Waseda University, <sup>‡</sup>ISEM, Inc.

### 3.1 機器機能の抽象化

機器機能の抽象化は、OASIS の oBIX (Open Building Information Exchange) のオブジェクトモデルを採用する[3]。oBIX と実際のセンサ/機器との対応付けと実装は、M2M ゲートウェイ装置で行う。空調機と温度センサの機能抽象化の例を図 3 に示す。この例において、空調機のオブジェクトモデルは、電源 ON と OFF のメソッドを持つ。一方、温度センサのオブジェクトモデルは、温度プロパティを持つ。このように、センサや機器の機能を抽象化することにより、異なるメーカーのセンサや機器であっても操作コマンドを統一させることができる。

### 3.2 制御ルール記述

制御ルールは、トリガとアクションから構成される。アクションには、制御対象とその制御方法を oBIX の InVOKE 要求によって記述する。一方、トリガは、アクションを実行するための条件を oBIX の Read 要求と条件式によって記述する。図 4 に、温度センサが 20°C から 30°C の間になったら、空調機を ON にするという制御ルールの例を示す。

### 3.3 制御競合の回避

本提案方式では、M2M ゲートウェイ装置に登録された制御ルールの内容を相互チェックする。アクションの対象が同じ制御ルールの場合は、優先度が高いルールのみを有効にする。例えば、図 4 に示した制御ルールの例では、優先度を 50 に設定しているため、優先度が 50 以上の制御ルールが実行中でない場合のみ、その制御ルールに基づいた制御を許可する。

```
{ tag: 'obj', href: '/airConditioner', nodes:
  [ { tag: 'bool', name: 'power', val: 'false' },
    { tag: 'op', name: 'on', href: '/on',
      in: 'obox:Nil', out: 'obix:bool' },
    { tag: 'op', name: 'off', href: '/off',
      in: 'obix:Nil', out: 'obix:bool' } ] }
{ tag: 'obj', href: '/sensor', nodes:
  [ { tag: 'real', name: 'temperature',
      href: 'temperature', is: 'obix:Point',
      units: 'obix:Units/celsius' } ] }
```

図 3：空調機と温度センサの機能抽象化例

```
{ rule: "Energy-Saving", priority : "50",
  { trigger:
    { tag: 'uri',
      href: 'http://myhome/sensor/temperature',
      is: 'obix:Read' },
    conditon: { val: { '$gt': 20, '$lt': 30 } },
    action:
      { tag: 'url',
        href: 'http://myhome/airConditioner/on',
        is: 'obix:Invoke' } } }
```

図 4：制御ルールの記述例

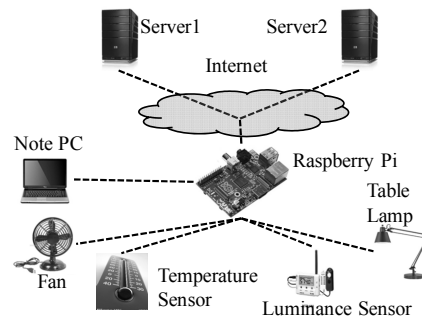


図 5：実験評価システムの構成

## 4. 評価と考察

本研究では、提案方式を評価するための評価システムを構築した。評価システムの構成を図 5 に示す。評価システムでは、M2M ゲートウェイ装置のプラットフォームとして、Raspberry Pi を採用した。また、サーバは、商用サービスの VPS (Virtual Private Server) を用いて、実インターネット環境での実験を実施した。

提案方式を採用することにより、センサの計測値の変化などに基づき、M2M ゲートウェイ装置が自律的に機器を制御することができる。その制御にはサーバは関与しないため、ネットワーク負荷が軽減できると共に、機器の制御遅延を回避することができる。また、複数のサーバが同時に同一の機器に対して制御する場合は、制御ルールごとに優先順位を設定することにより、機器制御の競合を回避できる。

本研究では、R(N,1)の制御ルールについて検討した。今後は、複数のアクションを対象とする R(N,M)の制御ルールについての研究を進める。さらに、単一の機器における制御競合だけではなく、複数の機器に対するアクション間の競合についても研究を進める。例えば、同じ部屋で、ある制御ルールが加湿器を ON にしている時に、別の制御ルールが除湿機を ON にすると、複数機器間の制御競合となる。

## 5. まとめ

本稿では、サーバ集中型 M2M システムのネットワーク負荷の増大、機器制御の遅延および機器制御の競合についての問題を解決するための、ルールベースの自律分散機器制御方式を提案した。

## 参考文献

[1] 汐月哲夫, “インターネットの遅延特性と双方向遠隔通信制御”, システム制御情報学会誌, Vol.45, No.12, pp.695-702, 2001  
 [2] 北上真二, 釜坂等, 金子洋介, 小泉寿男, “利用権による機器遠隔サービスの競合回避方式と実装評価”, 電気学会論文誌 C, Vol.132, No.1 pp.131-140, 2012  
 [3] Toby Considine, Paul Ehrlich and Brian Frank, "oBIX 1.0 (Open Building Information Exchange)", OASIS Committee Specification 01, obix-1.0-cs-01, 2006