

分散協調 M2M システムアーキテクチャの提案

北上 眞二[†] 岡崎 正一^{††} 宮西 洋太郎^{†††} 浦野 義頼[†] 白鳥 則郎[†]

[†]早稲田大学大学院国際情報通信研究科

^{††}特定非営利活動法人 M2M 研究会 ^{†††}(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[1]. M2M システムは、クラウド上の M2M サーバがセンサや機器からデータを収集したり、機器を遠隔制御したりするサーバ集中型のシステムとして構築されるのが一般的である. しかしながら、サーバ集中型の M2M システムは、ネットワーク負荷の増大、機器制御の遅延、サービス競合などの様々な問題がある. 本稿では、これらの問題を解決するために、イベント駆動データ収集とルールベース自律分散機器制御により、クラウド上の M2M サーバと、センサや機器を束ねる M2M ゲートウェイが最適な役割分担を行う分散協調 M2M システムアーキテクチャを提案する.

2. サーバ集中型 M2M システム

M2M システムの応用は、産業分野、社会分野および家庭分野の広範囲にわたる. 従来は、これらの M2M システムは、アプリケーション毎に構築されてきたが、システム構築コストの削減を目的とした M2M サービスプラットフォームの必要性が提唱されている[2]. M2M サービスプラットフォームは、様々なアプリケーションに対してデータ収集や遠隔制御などの共通機能を提供する(図 1). アプリケーションと M2M サービスプラットフォームを広義の M2M サーバと捉えると、この M2M システムはサーバ集中型のアーキテクチャといえる. すなわち、M2M サーバは、すべてのセンサや機器のデータを収集し、その分析結果に基づいて機器を遠隔制御する. ここで、センサや機器を集約しインターネットに接続するための M2M ゲートウェイは、プロトコル変換と一時蓄積を含むデータ交換の役割を担っている.

インターネットを介したサーバ集中型の M2M システムは、データ収集や機器制御において、常に M2M サーバと M2M ゲートウェイ間の通信が発生するため、センサや機器の接続台数が多い大規模な M2M システムにおいては、ネットワーク負荷が増大すると同時に、機器制御の遅延が発生する.

また、複数の異なるアプリケーションが同一の機器を制御する場合は、サービス競合(機器制御競合)が発生する[3]. サービス競合は、単体で正常に動作するサービスが複数同時に実行されることで、互いに干渉・衝突を起こし、ユーザの意図した通りに動作しなくなるという問題である.

このように、サーバ集中型のアーキテクチャは、大規模な M2M システムの普及を阻害するものと考えられる.

3. 分散協調 M2M システムアーキテクチャ

本稿では、サーバ集中型 M2M システムの問題点を解決するための分散協調 M2M システムアーキテクチャを提案する. 分散協調 M2M システムアーキテクチャは、M2M システムの主要機能であるデータ収集と遠隔制御について、アプリケーションサーバと M2M ゲートウェイが最適な役割分担を行うことにより、ネットワーク負荷の増大、機器制御の遅延およびその競合を回避する.

分散協調 M2M システムアーキテクチャの構成を図 2 に示す. 図において、M2M コーディネートサーバは、システムの全体最適化とアプリケーションの独立性を両立させるために、アプリケーションサーバ間、およびアプリケーションサーバと M2M ゲートウェイ間の調整を行う. 本アーキテクチャは、イベント駆動データ収集とルールベース自律分散機器制御から構成される.

(1) イベント駆動データ収集[4]

サーバ集中型 M2M システムにおいて、きめ細かく計測されたセンサや機器のすべてのデータを M2M ゲートウェイ経由で収集すると、ネットワーク負荷が増大すると共に、サーバにおけるデータ蓄積のコストが増大する. そのため、M2M ゲートウェイにおいて計測データを集約し、その集約結果のみをサーバが収集することによりデータ量を

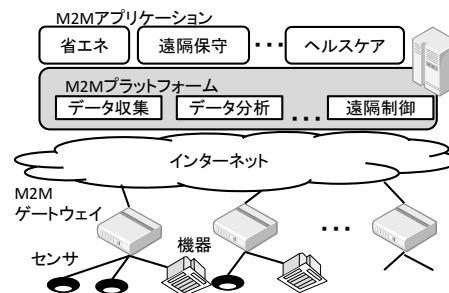


図 1 : M2M サービスプラットフォーム

Proposal of Distributed Cooperative M2M System Architecture
Shinji Kitagami[†], Shoichi Okazaki^{††}, Yohtarō Miyanishi^{†††},
Yoshiyori Urano[†], Norio Shiratori[†]

[†] Waseda University, ^{††} M2M Study Group (NPO)

^{†††} ISEM, Inc.

削減する方法が採用される場合が多い。しかしながら、サーバにおいて集約データ（例えば区間平均）を分析することにより、計測データの傾向分析を行うことは可能であるが、計測データの急激な変化等の特異点を検出したり、その原因を分析したりすることができない。

本稿で提案するイベント駆動データ収集（図3）は、平均値等の集約データを収集しつつ、M2Mゲートウェイにおいて計測データを監視し、計測データが変化した場合にイベントを発生させる。そのイベントの前後の詳細データを収集することにより、データ収集粒度を自動調整する。イベントを発生させる条件としては、閾値、外れ値および変化率等が考えられるが、この条件は、アプリケーション毎に変更することができる。

(2) ルールベース自律分散機器制御 [5]

第2章で述べたように、サーバ集中型 M2M システムにおいて、サーバが収集したデータの分析結果に基づいて機器を遠隔制御すると、制御遅延と制御競合の問題が発生する。本稿で提案するルールベース自律分散機器制御（図4）は、トリガとアクションから構成される制御ルールを M2M ゲートウェイに送信しておき、M2M ゲートウェイがそのルールに基づいて自律的に機器を制御する。また、ルール間の相互チェックにより、制御競合を事前にチェックする。制御ルールは、変更が必要となった場合のみ再送信するため、ネットワーク負荷は増大しない。なお、制御ルールの記述言語は、OASYS の oBIX (Open Building Information Xchange) をベースとした。

4. 実装評価と考察

本研究では、分散協調 M2M システムアーキテクチャに基づく M2M システムのプロトタイプを構築した。データ収集と遠隔制御を行うアプリケーションサーバと分散協調のためのコーディネートサーバは、実商用サービスの VPS(Virtual Private Server)上に実装した。一方、M2M ゲートウェイは、ARM プロセッサを搭載した超小型シングルボードコンピュータの Raspberry Pi に実装した。

イベント駆動データ収集については、実際に計測した CO2 濃度のデータを用いて評価した結果、サーバに収集するデータ量を約 1/10 に削減できることを確認した。また、処理方式が単純であるため、メモリ等のリソースが少ない M2M ゲートウェイにも容易に実装できる。

ルールベース自律分散機器制御については、M2M ゲートウェイが制御ルールに基づいてデータの監視と制御を行うため、制御遅延が発生しない。単一の機器を対象とした制御競合は、制御ルールに優先度をつけることで回避することができる。今後は、複数の機器同士の制御競合を回避するための制御ルールについての研究を進める。

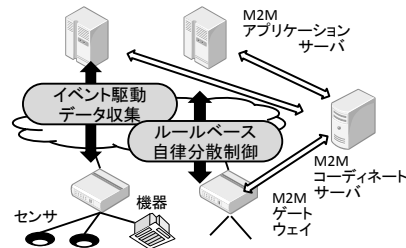


図2：分散協調 M2M システムアーキテクチャ

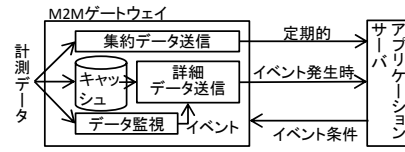


図3：イベント駆動データ収集

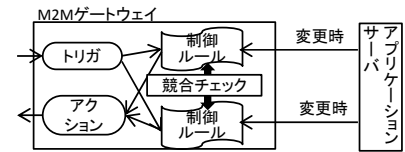


図4：ルールベース自律分散機器制御

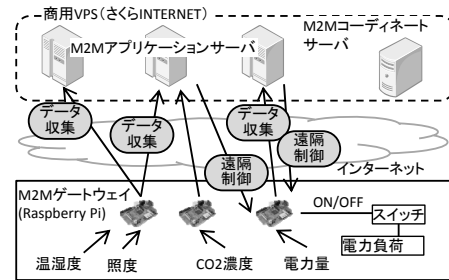


図5：評価システムの構成

5. まとめ

従来からのサーバ集中型 M2M システムの問題点を解決するための分散協調 M2M システムアーキテクチャを提案した。今後は、構築した評価システムを用いて、実環境における提案方式の有効性の評価を行う予定である。

文献

[1] G.W.Talwar, S.K.Johnsson, N.Himayat, and K.D.Johnson: "M2M: From Mobile to Embedded Internet", IEEE Communications Magazine, Vol.49 No. 4, pp. 36-43 (2011)
 [2] D. Boswarthick, O. Iloumi, and O. Hersent: "M2M Communications: A Systems Approach", Wiley, ISBN: 978-1119994756 (2012)
 [3] 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)
 [4] 薛浩, 北上真二, 宮西洋太郎, 浦野義頼, 白鳥則郎: "M2M システムにおけるイベント駆動に基づく効率的データ収集方式", 情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集 (2014)
 [5] 李斌, 北上真二, 宮西洋太郎, 浦野義頼, 白鳥則郎: "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", 情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集 (2014)