

M2M 機器間の協調制御方式

岡崎 正一[†] 渡辺 透[†] 小泉 寿男[†]

[†] 特定非営利活動法人 M2M 研究会

1. はじめに

M2M(Machine to Machine)⁽¹⁾⁽²⁾は、PC やサーバといった情報機器だけでなく、家電製品、自動車、医療機器などがネットワークにつながって相互に通信する仕組みを提供する。互いにつながれた機械同士が、人を介さずに情報交換を行い、自立的に制御を行う仕組みが M2M であると言える。

一方、通信機能を持ち自ら外部情報を取得して自己の行動を決定し行動する機能を有するロボットの動作は、M2M 機器の 1 つのシステム形態と考えることができる。特に、アクチュエータの駆動(手足)や、視覚(目)・聴覚(口)といったセンサ機能は M2M が得意とするところであり、M2M 機器、M2M 通信方式をロボット制御に適用し、さらに複数のロボットの協調作業により大きな機能を発揮することができると思われる。

2. M2M 機器間協調制御における課題

M2M システムは、サーバ集中型のシステム構築が一般的であり、クライアントに集められたセンサ情報をサーバで加工・分析し、収集データを活用する。M2M クライアント同士で Machine to Machine 通信を行うには、M2M クライアントの IP アドレス、位置、状態等をリアルタイム把握する必要がある。

また、1 台のロボットを M2M クライアントとして動作させた場合に下記の限界があり、これらの課題を複数のロボットの協調動作により解消することが重要である。

- ・ 周辺状況の把握は限定的
- ・ 自分の位置の把握が困難
- ・ 大型化、高コスト

ロボット間の通信については、M2M システムやセンサネットワークの技術進歩に伴い、クラウドと連携したロボット⁽³⁾による新たな価値創出が期待されている。この場合のロボットの機能は、クラウド上のサービスやロボット技術を活用したシステム全体と捉えることができ、複数の M2M クライアント間をリアルタイムで接続する通信方式が協調制御に重要であると思われる。

A cooperative control system of multiple M2M devices
Shoichi Okazaki [†], Toru Watanabe [†], Hisao Koizumi [†]
[†] Specified Nonprofit Corporation Study Group on M2M

3. M2M 機器間協調制御方式の提案

本提案では、複数ロボットの移動管理・協調動作を、M2M 機器間通信方式を用いて、サーバ管理により可能とする M2M 機器間協調制御方式を提案する。本方式では、ロボットを M2M クライアントの 1 つのシステム形態と捉え、M2M クライアント間の通信方式としてリアルタイム性に優れた SIP プロトコルを適用し、M2M クライアント間の通信、協調動作を行う。

本提案に基づく M2M 機器間協調制御方式のシステム全体図を図 1 に示す。図において、①に示す M2M クライアントは単体のロボットに相当し、②に示す M2M サーバが複数のロボットを協調制御しシステム全体を管理する。M2M クライアントと M2M サーバ間は、クライアント動作制御のための SIP、クライアント間通信のための RTP(Real-time Transport Protocol)、画像等の転送に使用する HTTP を用いて通信する。本システムへの操作指示は、③に示す M2M ターミナルにより行う。M2M ターミナルは SIP 機能を有するスマートデバイスを用い、SIP クライアントとして動作する。M2M サーバとは XHR2 通信により M2M クライアントのリモコンの機能を可能とする。

複数のロボットの協調制御は、サーバ管理による協調制御とロボット間通信による協調制御の 2 方法で管理する。主はサーバ管理で行い、クライアント間の情報交換が必要な場合の対応としてロボット間通信を使用する。ロボットの基本動作は表 1 に示す SIP コマンドを用い、コマンドの組み合わせによりロボットの動作を制御する。

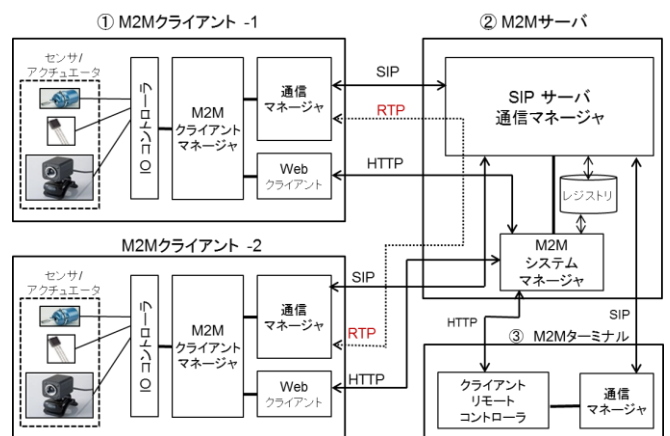


図 1. 協調制御システム構成図

表 1. 基本行動パターンと SIP メソッド

行動パターン	内容	SIPメソッド	通信方向	
			クライアント	サーバ
指示・警報	作業開始、アラーム通報等	INVITE	←	→
登録	位置、IPアドレスの登録	REGISTER	→	←
イベント発生	イベント発生の待機状態	SUBSCRIBE NOTIFY	←	→
問合せ	相手の能力の問合せ	OPTIONS	→	←
直接通信	ロボット間のダイレクト通信	INVITE RTP	→	←
終了	終了報告	BYE	→	←

ロボットの行動パターンを表1の SIP メソッドにより規定し、SIP メソッドを組み合わせることで協調制御を行う場合のシナリオシーケンスを図2に示す。図の①に示す INVITE リクエストを M2M サーバから M2M クライアントに送信することにより、M2M クライアントの行動を開始する。各 M2M クライアントは②の REGISTER リクエストにより定期的に現在位置を M2M サーバに送信するが、クライアント同士の急接近等の緊急状況が発生すると、M2M サーバは③の NOTIFY レスポンスを関連 M2M クライアントに送信し、通知を受けた M2M クライアントは④で衝突回避の処置をとる。M2M クライアントの行動が終了すると、⑤に示す BYE メソッドにより作業完了する。

4. 実装評価と考察

ロボットに相当する M2M クライアント端末として Android タブレットを用い、ロボットの移動はソフトウェア上のマス目を仮想的に移動するモデルを1台の Android タブレット上に構築した。ロボットの動きに関しては、位置センサによる位置情報は xy 座標軸の位置として把握し、磁気センサによる方向情報は xy 座標値の増減で移動方向を把握した。

上記の協調制御の状態遷移結果を座標にプロットしたグラフを図3に示す。図において、横軸は時間、縦軸は2台のクライアントの間隔をマス目数で表す。

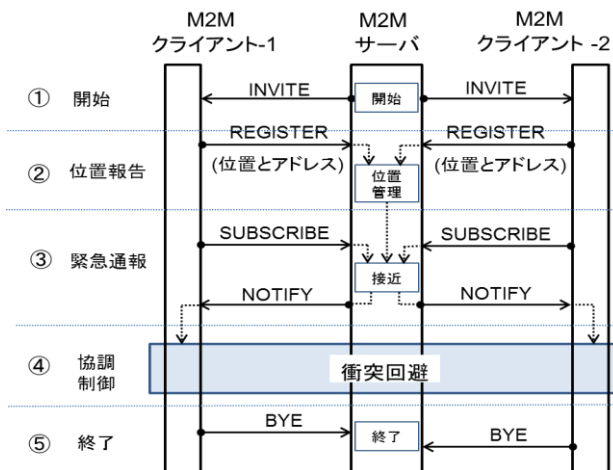


図 2. M2M サーバによる協調制御シーケンス

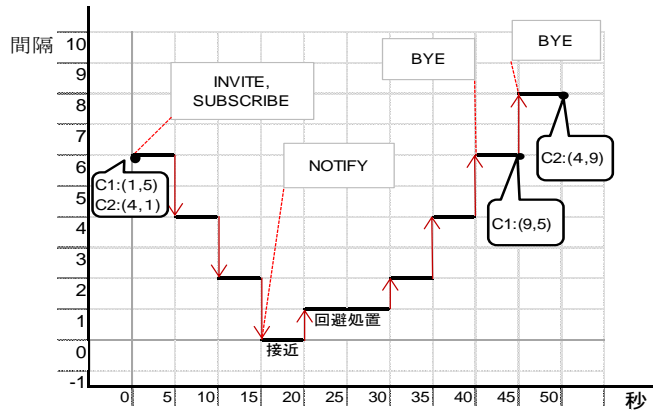


図 3. 2台の M2M クライアントの間隔遷移図

クライアント C1, C2 は 5 秒ごとに現在位置をサーバに報告し、それぞれ(1,5)から(9,5)へ、(4,1)から(4,9)へ衝突回避しながら移動した。

提案した M2M 通信方式は、通常の Web ベースの M2M システムと異なり、Web ベースの HTTP プロトコルと併用して SIP プロトコルを採用している。SIP プロトコルは、HTTP プロトコルと異なり対称型のプロトコルであり、M2M サーバ側から M2M クライアント側へのプッシュ型の通信が可能である。SIP プロトコルにより複数の M2M クライアントの協調制御を実現でき、リアルタイム性が必要なロボット制御に SIP は有効に機能すると考える。

複数ロボット間の協調制御については、複数の M2M クライアントの協調制御機能を組み込んだ M2M 通信方式の実現によって、複数ロボットの協調制御が可能になった。従来のセンサ情報を蓄積することが中心であった M2M システムをロボットに应用することで、部分的ではあるがロボットを複数台使用して、安価に協調制御できる仕組みを構築できる可能性が見い出せたと考える。

5. まとめ

本論文では、SIP プロトコルを基にした M2M 機器間通信により、ロボットの行動管理、複数ロボットの協調制御を可能とする方式を提案し、サーバによる協調制御システムの評価、考察を行った。今後は、複雑な行動パターンに対応する方式策定に向け研究を継続していく予定である。

文 献

- (1) Mohamed Ali Feki, Fahim Kawser, Mathieu Boussard, and Lieven Trappeniers : "The Internet of Things: The Next Technological Revolution", IEEE Computer, Vol.46, No.2, pp.24-25 (2013)
- (2) 渡辺透, 小泉寿男:「SIP プロトコルをベースとした汎用接続型 CTI サーバ方式とその実装」, 電学論 C, Vol.132, No.5, pp.790-803, (2012)
- (3) 加賀谷豊明:「ICT とロボットの融合を目指すロボティクスインテグレーションの戦略と取り組み」, NTT 技術ジャーナル, Vol.24, No.9, pp.60-64 (2012)