

# M2M アーキテクチャと技術課題

M2M Architecture Trends and Technical Issues

藤田隆史 後藤良則 小池 新



自動車や家電などの現実世界のありとあらゆる物が、人の手を介することなくネットワークにつながる M2M (Machine-to-Machine) 社会の到来が期待されている。本稿では、M2M の技術分野を六つのアーキテクチャ要素に分類し、各技術分野における代表的な技術標準を取り上げる。それぞれの技術的特徴を簡単に解説し、M2M 通信技術の課題について考察する。

キーワード：M2M, 標準化, アーキテクチャ, プラットホーム, プロトコル

## 1. はじめに

従来の電話やインターネットの世界では、人と人あるいは人とサーバとをつなぐ情報交換ネットワークを実現してきた。これが更に発展し、自動車や家電など現実世界のありとあらゆる物が、人の手を介することなくネットワークにつながる M2M (Machine-to-Machine) の世界の到来が期待されている<sup>(1)</sup>。物と物が通信手段 (= ネットワーク) を用いてつながり合う仕組みが M2M だが、実世界上のあらゆる物がインターネットに接続される IoT (Internet of Things) も同様の意味で用いられている<sup>(2)</sup>。

世の中では、既にエレベータ遠隔監視、自動販売機在庫管理、販売時点情報管理 (POS) システム、物流配送追跡管理システムなどが存在する。これら垂直統合型 M2M ソリューションでは、遠隔地点間をネットワーク接続し情報管理するシステムを独自構築する必要がある。そこで、システムの初期構築コストを低減し、異なるシステム・アプリケーション間の相互連携の促進やア

プリ開発障壁の低減を実現する水平統合型 M2M やそのプラットフォーム開発等が関心を集めており、各標準化団体で作業が行われている<sup>(3)</sup>。

一方、従来の音声・ブロードバンド通信と物主体の M2M 通信では、接続デバイス数やパケット長などの異なるトラヒック特性を有する。M2M 通信に適したプロトコル、特にヘッダ短縮やシーケンス改良によるオーバーヘッド削減のための技術開発が行われている。IETF を中心に、6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks)<sup>(用語)</sup>、CoAP (Constrained Application Protocol)<sup>(用語)</sup>、Websocket<sup>(用語)</sup>などの標準化が進められている。

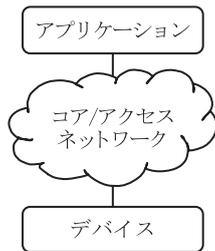
本稿では、M2M ネットワークアーキテクチャを取り巻く標準仕様に着目し、プラットフォームやコア/アクセスネットワーク、プロトコルといった M2M 分野のアーキテクチャ要素に分類する。更に、各技術領域における M2M 通信の諸課題について考察する。

## 2. M2M アーキテクチャ

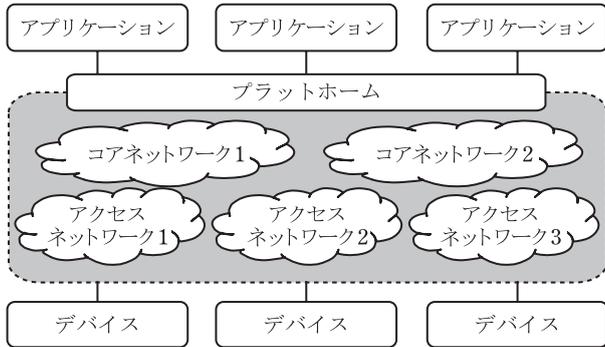
### 2.1 垂直統合型と水平統合型 M2M

従来の垂直統合型 M2M ソリューションは、ビルの設備管理 (空調, 照明, エレベータ管理) や自動販売機の在庫補給管理, POS, 物品物流管理, 防犯対策, 自動車への交通情報配信, 農産物管理, 遠隔健康管理, 交通管制など多岐にわたる。垂直統合型 M2M を図 1(a) に示す。いずれのサービスも、携帯電話や PHS などの通信

藤田隆史 正員 日本電信電話株式会社 NTT ネットワーク基盤技術研究所  
E-mail fujita.takafumi@lab.ntt.co.jp  
後藤良則 正員 日本電信電話株式会社 NTT ネットワーク基盤技術研究所  
E-mail goto.yoshinori@lab.ntt.co.jp  
小池 新 正員：シニア会員 日本電信電話株式会社 NTT ネットワーク基盤技術研究所  
E-mail koike.arata@lab.ntt.co.jp  
Takafumi FUJITA, Yoshinori GOTO, Members, and Arata KOIKE, Senior Member (NTT Network Technology Laboratories, NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION, Musashino-shi, 180-8585 Japan).  
電子情報通信学会誌 Vol.96 No.5 pp.305-312 2013 年 5 月  
©電子情報通信学会 2013



(a) 垂直統合型 M2M



(b) 水平統合型 M2M

図1 垂直統合型 M2M と水平統合型 M2M 垂直統合型 M2M では、アプリケーションとデバイスとの間の接続性を単一ネットワークで提供する。水平統合型 M2M では、複数のアプリケーション、ネットワーク、デバイスを水平統合的に扱うことができる。

インフラを活用し、サービス事業者自身がサービスに特化したシステム構築を行うのが一般的である。

しかし、これら垂直統合型 M2M は、システム構築にコストを要しサービス提供料金も高価になるため、提供可能な M2M サービスが限定される。複数サービス間での相互連携や、複数のアクセスネットワークの切替などが困難である。アプリケーションの API が共通化されておらず、ソフトウェア再利用が困難で、アプリケーション開発者にすれば時間とコストを要することになる。

### 用語解説

**6LoWPAN** 低消費電力 PAN において、IEEE 802.15.4 を用いた IPv6 通信を行うための通信プロトコル。

**CoAP** 端末能力・消費電力・通信環境等に制限のある M2M 用途に特化し、軽量化を図ったアプリケーションプロトコル。

**Websocket** Web ブラウザとサーバ間でセッションを維持し、双方向リアルタイム通信を実現する通信プロトコル。

**ETSI** European Telecommunications Standards Institute (欧州電気通信標準化機構)。欧州の電気通信の標準化組織。

**TIA** Telecommunications Industry Association (米国電気通信工業会)。米国の情報通信機器の標準化組織。

①アプリケーション	
②プラットフォーム ETSI TC M2M, TIA TR-50	⑤プロトコル CoAP, Websocket 6LoWPAN SEP, KNX, ECHONET Lite BBF TR-069, OMA-DM OpenADR
③コア/アクセスネットワーク 移動網: GSM, 3GPP/3GPP2, WiMAX 固定網: FTTH, DSL	
④M2M エリアネットワーク Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, Z-wave, PLC	
⑥デバイス/ゲートウェイ	

図2 M2M フレームワーク M2M の技術領域は、①アプリケーション、②プラットフォーム、③コア/アクセスネットワーク、④ M2M エリアネットワーク、⑤プロトコル、⑥デバイス/ゲートウェイの六つのアーキテクチャ要素に分解できる。

そこで、様々な M2M サービスを単一プラットフォーム下に集約するアプリケーションの水平統合と、様々なコア/アクセス/エリアネットワークを集約するネットワークの水平統合とを実現する、アプリケーションとネットワークとの間のミドルウェアが必要となり、これが M2M プラットホームである。水平統合型 M2M を図 1(b) に示す。各アプリケーションは、M2M プラットホームが API として提供する共通ネットワーク機能を利用し、デバイスからの情報収集や制御を容易に行うことができる。

### 2.2 M2M アーキテクチャ要素と標準規格

本稿では、M2M のアーキテクチャ要素を、大きく六つの技術領域に分類した。各 M2M アーキテクチャ要素に関連技術仕様をマップ化して図 2 に示す。

#### ① アプリケーション

個々の M2M サービスに対応して、クラウド上のアプリケーションサーバ上で動作するソフトウェアとして実装される。M2M サービス事業者によって提供される。

#### ② プラットホーム

複数アプリケーションが汎用的に使用可能なコア/アクセスネットワークの共通機能を提供する。クラウド上に構築され、M2M プラットホーム事業者によって提供される。ETSI TC M2M<sup>(4)</sup> や TIA TR-50<sup>(5)</sup> などで標準化活動が行われている。

#### ③ コア/アクセスネットワーク (公衆系ネットワーク)

クラウドとデバイス・ゲートウェイとを接続する公衆系ネットワークに対応する。移動網 (GSM, 3GPP/3GPP2, WiMAX) や固定網 (FTTH, DSL) などがあり、それぞれの通信事業者により提供される。M2M 向けの仕様拡張が、3GPP MTC (Machine Type Commu-

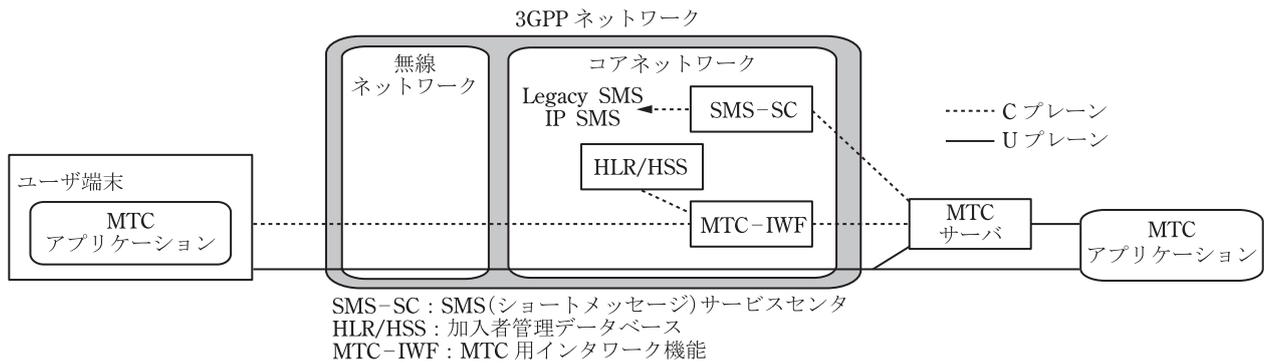


図3 3GPP MTCのアーキテクチャ 3GPPでは、制御プレーンを利用したアーキテクチャ・シグナリングの高度化・最適化が注目され、3GPPが備える加入者データベース等と連携させるといった検討が進められている。

nication)<sup>(6)</sup>や、IEEE 802.16p<sup>(7)</sup>などで検討されている。

#### ④ M2M エリアネットワーク（自営系ネットワーク）

ゲートウェイよりデバイス側の自営系ローカルネットワークに対応する。Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth, Z-waveなどの無線ネットワークや電力線通信（PLC: Power Line Communication）などが含まれる。

#### ⑤ プロトコル

アプリケーション・デバイス・ゲートウェイなどの装置間通信に用いられる、M2M 指向の通信プロトコルを総称する。ユーザ自身が設置することもあれば、サービス事業者が設置することもある。インターネット技術分野では、IETF の CoAP<sup>(8)</sup>、Websocket<sup>(9)</sup>や 6LoWPAN<sup>(10)</sup>などが検討されている。また、機器制御プロトコルとして、SEP (Smart Energy Profile) や ECHONET Lite などが注目されている。

#### ⑥ デバイス・ゲートウェイ

デバイスは、センサやアクチュエータ群に対応する。ゲートウェイは、コア/アクセスネットワークからの接続を終端し、エリアネットワークへの中継機能を提供する。

本稿では、M2M エリアネットワークの詳細については他稿に譲り、特にコア/アクセスネットワーク、プラットフォーム、プロトコルについて取り上げる。

### 3. コア/アクセスネットワーク

M2M 通信における移動体アクセスネットワーク高度化の標準化として、3GPP MTC や IEEE 802.16p などで作業が行われている。いずれも、M2M 通信のための多数のデバイス接続やそのためのアドレス体系の拡張、短パケット・低頻度通信への対応、低移動度通信への対応などを技術課題としている。

#### 3.1 3GPP MTC<sup>(6)</sup>

3GPP では、セルラネットワークの M2M モジュール向け通信最適化のため、MTC の検討が進められている。3GPP MTC のアーキテクチャを図3に示す。MTC を利用した付加価値サービスは MTC サーバ（SCS (Service Capability Server) と呼ばれる）によって提供され、ここに M2M プラットホームを実装できる。3GPP の標準化範囲は灰色の枠内であり、MTC サーバは 3GPP 通信事業者と第3事業者のいずれであっても提供できるように仕様化されている。

3GPP では、特に制御プレーンを活用したアーキテクチャやシグナリングなどの検討が進められている<sup>(11)</sup>。アプリ側から 3GPP 移動網へのインタフェースを提供するのが MTC-IWF である。MTC-IWF によって、セルラ加入者データベース（HLR/HSS）を利用し、デバイス識別や認証（SIM 管理など）、課金といった 3GPP 管理機能と M2M サービスとの連携が可能となる。また、MTC デバイス数増加に対するふくそう対策やアドレス体系の拡張、固定装置に対する移動管理の簡略化、デバイスのグループ制御、SMS や小データに対するシグナリングやリソースの最適化などが行われている。

#### 3.2 IEEE 802.16 (WiMAX)<sup>(7)</sup>

IEEE 802.16 規格は WiMAX として知られているが、3GPP などのセルラネットワークと比較してよりシンプルな IP ベースアーキテクチャを規定している。802.16n (グリッド拡張) や 802.16p (M2M 拡張) などの策定作業が進められている。IEEE 802.16 の M2M 向けシステムアーキテクチャを図4に示す。IEEE 802.16 アーキテクチャでは、IEEE 802.16 デバイスによる IEEE 802.16 非準拠デバイスのアグリゲーションや (図4(a)), IEEE 802.16 デバイス同士の P2P 通信などを検討している (図4(b))。

IEEE 802.16 では、特に MAC 層及び (最低限の) 物理層の拡張による M2M 検討が進められている。M2M

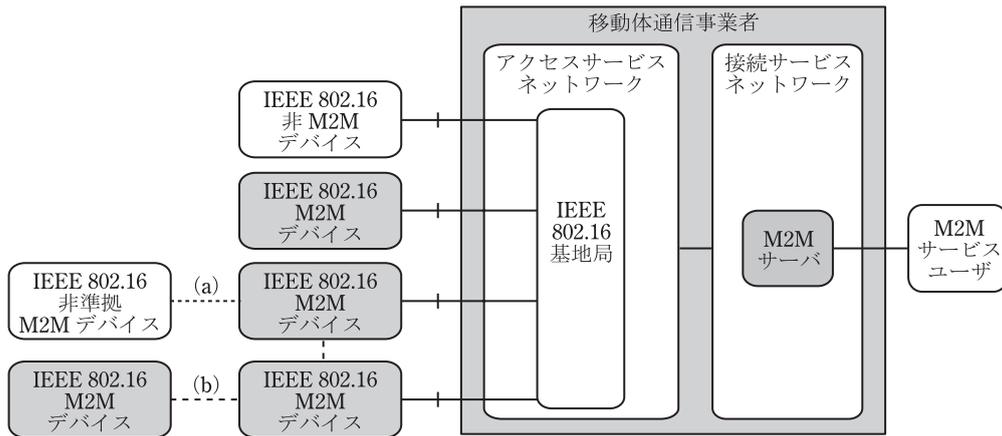


図4 IEEE 802.16 アーキテクチャ (WiMAX) IEEE 802.16 では、IEEE 802.16 非準拠デバイスのアグリゲーション(a)や、IEEE 802.16 デバイス間通信(b)の実現に向け、無線アクセス部分の低消費電力化、制御最適化、信頼性向上などを旨とする検討が進められている。

通信に必要な要求条件として、低消費電力化、多数の機器接続と M2M トラフィック対応、信頼性向上などが挙げられている。無線通信部分の低消費電力化や M2M 固有のトラフィック特性に対応するため、スリープ制御や再送制御の工夫、伝送路の空間多重化、アドレス空間拡張、グループ制御等を検討している。また、無線リンクの信頼性を向上させるため、基地局間や移動局間の中継機能が強化されている。

#### 4. プラットホーム

アプリケーションの水平統合とネットワークの水平統合を実現するための M2M プラットホーム機能は、下記の二つに大別できる。

- ・ 接続管理機能 (Connectivity Management)

アプリケーションを提供する M2M サービス事業者と、コア/アクセスネットワークを提供する通信事業者との間に位置し、デバイス情報・認証管理 (SIM 管理など)、トラフィック監視・制御、課金管理、通信事業者間のローミングなどの連携機能を提供する。

- ・ サービス実現機能 (Service Enablement)

データ収集、デバイス遠隔管理や診断、デバイス認証などのセキュリティ管理やアクセス制御、収集データのデータ分析やデータベース化など、M2M サービスを提供するための付加価値機能を提供する。

M2M プラットホームを適用した水平統合型 M2M ネットワークの全体アーキテクチャを図 5 に示す。M2M プラットホームの国際標準仕様として、ETSI TC M2M や TIA TR-50 などの標準化作業が行われている。

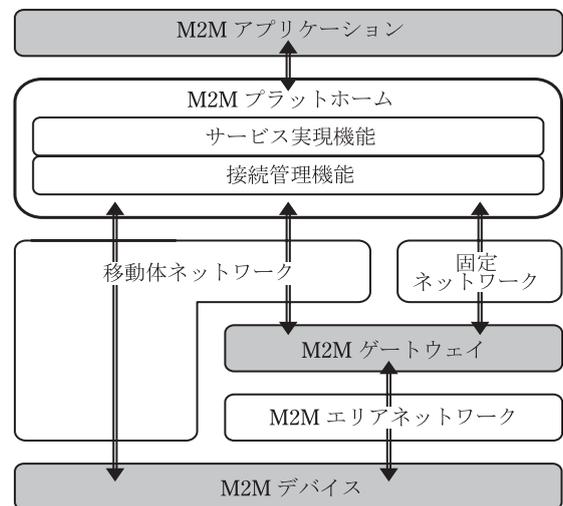


図5 水平統合型 M2M アーキテクチャモデル M2M プラットホームが接続管理機能とサービス実現機能を提供することで、複数のアプリケーションは、移動/固定の各種ネットワークに対し共通の API を介してデバイスとつながることができる。

#### 4.1 ETSI TC M2M<sup>(4)</sup>

ETSI<sup>(4)</sup> は欧州の地域標準化団体であり、北米やアジアの通信事業者や通信機器ベンダが広く標準化に参加している。ETSI TC M2M では、マルチサービスに対応することで M2M システム構築を低コスト化し、複雑なネットワーク機能をマスクして標準 API としてアプリケーション側に提供することで、アプリケーション開発の簡易化を図っている。

ETSI TC M2M のハイレベルアーキテクチャを図 6 に示す。ETSI のアーキテクチャは、M2M ネットワークドメインと M2M デバイス・ゲートウェイドメインとからなる。ネットワーク (N)、ゲートウェイ (G)、デバイス (D) のそれぞれのコンポーネントがプラットホーム

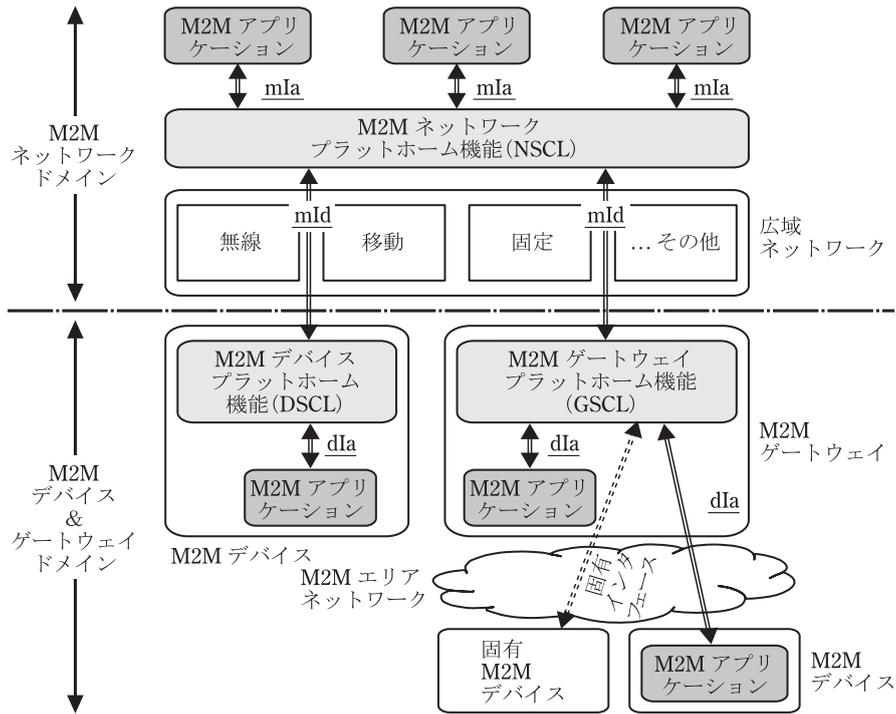


図6 ETSI TC M2M アーキテクチャ ETSI の M2M アーキテクチャでは、ネットワーク、ゲートウェイ、デバイスがそれぞれ共通プラットフォーム機能 (SCL) を有し、SCL 相互間及びアプリケーションとの間の参照点 (m1a, m1d, d1a) が規定されている。

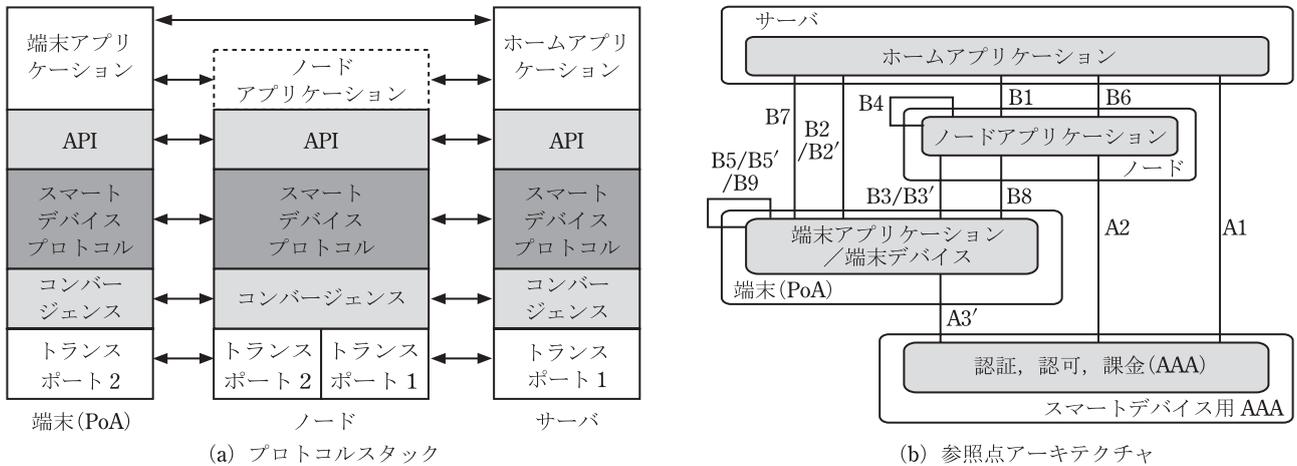


図7 TIA TR-50 アーキテクチャ TIA の M2M アーキテクチャでは、M2M デバイスを SD (Smart Device) と呼び、SD プロトコルレイヤを中心として、ネットワークの差異を吸収するコンバージェンスレイヤと、アプリケーションに API を提供する API レイヤとから構成される。

ム機能 (SCL:Service Capabilities Layer) を持つ。ネットワークとデバイス・ゲートウェイの SCL がそれぞれ NSCL, G/DSCL である。また、各々接続されるアプリケーションが NA (Network Application) と D/GA (Device/Gateway Application) である。

NSCL-NA 間の m1a, NSCL-G/DSCL 間の m1d, G/DSCL-G/DA 間の m1a の三つの参照点が、ETSI 標準仕様の根幹である。各 SCL の機能として、NA や G/DA

との接点機能、NSCL-G/DSCL 間の通信機能、G/D の識別・マッピング機能、N-G/D 間のネットワーク選択機能、G/D の遠隔管理機能、M2M サービス立ち上げ認証などのセキュリティ機能などが実装されている。また、リソース管理には、XML を用いた RESTful アーキテクチャが適用されている。

また、ETSI アーキテクチャと併用可能な技術として、ホームネットワーク系の BBF TR-069 や、移動通

信系の OMA-DM といった遠隔管理プロトコルがある。更に、先述の 3GPP MTC とのインタワークについても活発に議論が行われている。このように、既存・新規のネットワークやプロトコルを極力活用・共存できることが強く意識されている。

#### 4.2 TIA TR-50<sup>(5)</sup>

TIA<sup>(米国)</sup> は北米の地域標準化団体であり、ETSI に少し遅れて M2M プラットホームの標準化に着手した。TIA TR-50 アーキテクチャを図 7 に示す。TIA では、M2M 通信のことを SDC (Smart Device Communication) と呼んでいる。構成要素は ETSI と共通点も多く、サーバはネットワーク、ノードはゲートウェイ、端末 (PoA) はデバイスにそれぞれ対応する。図 7(a) にプロトコルスタックを示す。各コンポーネント間の M2M 通信をサポートするスマートデバイスプロトコルを中心として、利用ネットワークの差異を吸収するコンバージェンスレイヤと、アプリケーションに API を提供する API レイヤとから構成される。図 7(b) に参照点アーキテクチャを示す。AAA-SD (Authentication, Authorization, and Accounting-Smart Device) が、SD の認証・認可・課金等の制御を行うモデルとなっている。

### 5. M2M プロトコル技術

#### 5.1 拡張 Web 技術

##### (1) RESTful アーキテクチャ

M2M 分野での適用が最も期待されているアーキテクスチャスタイルが REST である。代表的なソフトウェア設計プロトコルとして、Web 分野で用いられる HTTP がよく知られている。REST では、分散システムで複数のソフトウェアを連携させるのに適した四つの

設計原則を持つ。

- ① セッションなどの状態管理を行わない (ステートレス性)
- ② 情報 (リソース) を操作する命令体系が存在する (GET/POST/PUT/DELETE など)
- ③ 全ての情報 (リソース) がユニークなアドレスを持つ (URL/URI など)
- ④ 情報 (リソース) 内部の別情報リンク (ハイパメディア的表現) が可能 (HTML/XML など)

これらは、多数のデバイス間での情報交換や通信の断続性や不確定性への対応など、M2M 通信をする上で有効な要件を多数備えており、インターネット技術との親和性も高い。これが、RESTful アーキテクチャが M2M 用途に有望視される理由である。

ただし、①ステートレス性によるデメリットもある。通信セッションごとに大量のヘッダ情報のやり取りが必要となるため、通信帯域を圧迫する可能性がある。また、セッションはリクエストごとに解決する必要があり、レスポンスが来ないと次のリクエストに移行できない。このような問題を解決する HTTP の拡張として、CoAP や WebSocket などの技術が IETF で議論されている。HTTP, CoAP, WebSocket のシーケンスを図 8 に示す。

##### (2) IETF CoAP<sup>(8)</sup>

CoAP とは、M2M 通信のための簡易 HTTP ともいえるものである。ヘッダをバイナリ化して圧縮することで、コネクションやプロトコルの簡略化を図る。HTTP のシーケンスを図 8(a) に、CoAP のシーケンスを図 8(b) に示す。ヘッダ削減によりデータサイズを縮小し、プロトコル改善によって通信回数を大きく削減してい

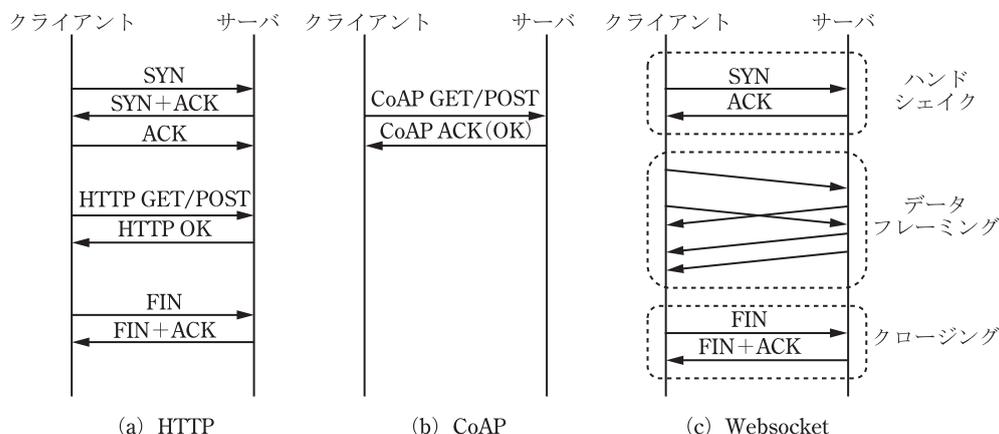


図 8 HTTP, CoAP, WebSocket のシーケンス HTTP では通信セッションごとに大量のヘッダ情報のやり取りが必要となるため、コネクションやプロトコルの簡略化を図る CoAP や、同一セッション内で双方向通信を実現する WebSocket などが検討されている。

る。特に、M2M エリアネットワーク内の通信帯域削減や消費電力削減に有効である。

### (3) IETF WebSocket<sup>(9)</sup>

WebSocket は、HTTP を拡張した双方向通信プロトコルである。WebSocket のシーケンスを図 8(c) に示す。最初に HTTP プロトコルを用いてハンドシェイクを行い、WebSocket セッションを確立する。セッション確立後は、サーバとクライアントの違いを意識することなく、データフレーミングによって任意のタイミングでデータの送受信（双方向通信）が可能になる。セッション数の削減により、大量のヘッダ情報のやり取りが不要となり、これも通信帯域削減や消費電力削減に有効な場合がある。

## 5.2 6LoWPAN<sup>(10)</sup>

大量のセンサやアクチュエータを固有に識別・収容するには大量のアドレスが必要であり、アドレス空間が潤沢な IPv6 ネットワークが有効である。無線メッシュ型ネットワークプロトコルとして 6LoWPAN (IPv6 over Lowpower Wireless Personal Area Networks) がある。6LoWPAN では、近隣デバイス探索時の通信回数やヘッダ圧縮による通信データ量の削減等を工夫しており、通信帯域削減や消費電力低減に有効である<sup>(12)</sup>。ネットワーク層と MAC 層の中間層として両者のアダプテーションを行うことで、ネットワーク層に IPv6 を採用しつつ、センサ通信に適したフレームサイズの小さな MAC 層プロトコルが適用可能になる。

## 5.3 複数プロトコルの連携

対象とするアプリケーションや適用レイヤによって、M2M を指向した多数のプロトコルが出てきている。特に M2M エリアネットワークでは、様々な無線規格やプロトコルに対応した製品の相互接続を行うため、様々なプロトコルの組合せや共存を実現するプロトコルの水平統合が必要となる。

例えば、電力スマートメータに適用可能なプロトコル群を表 1 に示す。レイヤごとに適用するプロトコルが入れ替わっても、上位アプリケーションやプラットフォーム

表 1 電力スマートメータに用いられるプロトコル 電力スマートメータに適用するプロトコルも複数の組合せが考えられ、デバイスの設置環境や設置条件に応じてプロトコルの最適選択や全体設計が必要となる。

セッション層	SEP/ECHONET Lite
トランスポート層	TCP/UDP
ネットワーク層	IPv4/IPv6
データリンク層/ 物理層	Ethernet/Wi-Fi/Bluetooth/ZigBee/PLC

から同様に制御可能となるように検討・設計されている<sup>(13)</sup>。よって、デバイスの設置環境や設置条件に応じたプロトコルの全体設計が必要となる。

## 6. M2M アーキテクチャの課題

### 6.1 コア/アクセスネットワーク

M2M の普及に伴い、従来の音声通信やブロードバンド通信と比較して M2M トラフィックの増加が予想される。M2M トラフィックは、デバイス数が多く短パケットが支配的になるなど、従来トラフィックと異なるトラフィック特性を備えている。

デバイス数が膨大になり、常時接続ではなくスリープ端末などが増えると、デバイス到達やポーリング負荷等がより大きくなる。M2M サービスでは必ずしも操作者がデバイス近傍にいないため、ネットワークの維持運用の簡易性も求められる。また、M2M サービスによっては、所要帯域や通信頻度、許容遅延などの要求条件が大きく異なるため、より複雑な優先制御が必要になる可能性もある。更に、特定のイベント（例えば地震などの天災）発生により一斉発呼が発生した場合などのふくそう対策も必要となる。

これら情報爆発に対する解の一つとして、機能分散アーキテクチャが考えられる。上述の M2M プラットホームも含め、ネットワーク機能のプラットフォーム化は、ネットワーク内部に機能を集中させる機能集中アーキテクチャである。これに対し、全ての情報をネットワークに垂れ流して処理するのではなく、ネットワーク周縁に存在するアグリゲータやゲートウェイにおいて、収集された情報の前処理や抽象化、雑音除去を行い、ネットワーク本体の負荷を軽くするのが機能分散アーキテクチャである。機能分散アーキテクチャは、CDN (Contents Delivery Network)<sup>(14)</sup>などの分野で検討されてきたが、M2M の分野においてもこれらの概念の応用が期待される。

### 6.2 プラットホーム

M2M プラットホームを有効に設計するには、ある程度有望な M2M サービスを想定しないと困難である。スマートメータや E-health, ITS など、M2M が期待される分野は多いが、それぞれユースケースやデータモデル、独自のプロトコルの作り込みなど異なる点をうまく統合する必要がある。また、水平統合型プラットフォームによって異業種間でのサービス連携やデータ流通が可能となったときに、プライバシー保護技術も必要となってくる。

また、図 5 の水平統合型アーキテクチャモデルに示したコア/アクセスネットワークや M2M エリアネットワークとの連携を具体的にどう実現するかも課題であ

る。既存のコア/アクセスネットワークは、それぞれに異なる認証・認可・課金のシステムやアドレス体系、デバイス端末管理の仕組みを有している。これらのネットワーク間の相互接続にとどまらず、統一的横断的な認証の仕組みやセキュリティの確保が課題となる。

### 6.3 プロトコル

データペイロードの小さいセンサ情報や制御情報のやり取りが支配的な M2M サービスでは、複数のプロトコルをスタックしてデバイス端まで全て終端すると、各レイヤのヘッダ情報が増え無視できなくなる。例えば、低消費電力 PAN である IEEE 802.15.4 (ZigBee) の最大データパケット長は 127 Byte だが、IPv6 だけでも 40 Byte のヘッダが必要であり、そもそも送りたいデータが数 Byte だとしても、下位プロトコルのフラグメントが頻繁に生じ、無線通信帯域の圧迫や消費電力の増加の要因となる。更に、TCP や UDP などの上位プロトコルで送達確認を行うと、データリンク層で送達確認の ACK が戻るまで無線回路の電源を切れないため、無線通信回路の消費電力を増加させるといった課題も出てくる。

このように、特に M2M 通信のような電力制約の大きいネットワークの構築には、単純に全てのプロトコルをスタックしてデバイスエンド間でやり取りすればよいわけではない。途中のゲートウェイ装置でプロトコルの終端・変換を行ったり、各レイヤでの機能分担を柔軟に再設計したりすることで、通信リソースの有効利用を図る必要がある。

## 7. おわりに

本稿では、M2M アーキテクチャを分析するため、M2M プラットホームやコア/アクセスネットワーク、プロトコル技術といった技術領域に分類した。また、各技術領域における代表的な技術標準を取り上げ、それぞれの技術動向について解説した。更に、各領域における諸課題について考察を行った。今後、これらの様々な技術開発や標準化に携わる技術者の努力が、豊かな M2M 社会の創造につながっていくことを期待したい。

### 文 献

(1) G. Wu, S. Talwar, K. Johnsson, N. Himayat, and K.D. Johnson, "M2M: From mobile to embedded internet," IEEE Commun. Mag.,

vol. 49, no. 4, pp. 36-43, April 2011.

- (2) L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things : A survey," Elsevier Computer Networks, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, Oct. 2010.
- (3) K. Chang, A. Soong, M. Tseng, and Z. Xiang, "Global wireless machine-to-machine standardization," IEEE Internet Comput., vol. 15, no. 2, pp. 64-69, March/April 2011.
- (4) ETSI TS 102 690 V1.1.1, "Machine-to-machine communications (M2M)," Functional architecture, Oct. 2011.
- (5) TIA TIA-4940.005, "Smart device communications," Reference Architecture, Dec. 2011.
- (6) 3GPP TR 23.888 V2.0.0, "Technical specification group services and system aspects ; System improvements for machine-type communications (Release 11)," Aug. 2012.
- (7) H. Cho, "Machine to machine (M2M) communications technical report," IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, Nov. 2010.
- (8) Z. Shelby, K. Hartke, C. Bormann, and B. Frank, "Constrained application protocol (CoAP)," draft-ietf-core-coap-12, Oct. 2012.
- (9) I. Fette and A. Melnikov, "The websocket protocol," draft-ietf-hybi-thewebsocketprotocol-17, Sept. 2011.
- (10) G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, and D. Culler, "Transmission of IPv6 packets over IEEE 802.15.4 networks," IETF RFC-4944, Sept. 2007.
- (11) 阿相啓吾, 池田新吉, 今村大地, 青山高久, "マシン通信システムにおける情報通知機能とその応用," 2012 信学ソ大 (通信), no. BS-2-2, pp. S-3-S-4, Sept. 2012.
- (12) 松本典剛, D.S.D.-Haggerty, D.E. Culler, "TCP/6LoWPAN を活用した産業向けワイヤレスセンサネットワーク," 信学技報, USN2009-62, pp. 69-74, Jan. 2010.
- (13) TTC TR-1043, ホームネットワーク通信インタフェース実装ガイドライン, V1, Nov. 2012.
- (14) G. Pallis and A. Vakali, "Insight and perspectives for content delivery networks," vol. 49, no. 1, pp. 101-106, Jan. 2006.

(平成 24 年 12 月 18 日受付 平成 25 年 2 月 6 日最終受付)



藤田 隆史 (正員)

平 11 東大・工・電子卒, 平 13 同大学院新領域創成科学研究科基盤情報学修士課程了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、無線 LAN やセンサネットワークの研究開発及び標準化に従事。現在、同社ネットワーク基盤技術研究所研究主任。平 19 年度本会学術奨励賞受賞。



後藤 良則 (正員)

平 4 東北大・工・応用物理卒, 平 6 同大学院工学研究科博士前期課程了。同年日本電信電話株式会社入社。以来、映像伝送方式の研究及び国際標準化に従事。現在、同社ネットワーク基盤技術研究所主任研究員。平 17 日本 ITU 協会国際活動奨励賞, 平 23 TTC 功労賞各受賞。



小池 新 (正員: シニア会員)

平元立教大・理・物理卒, 平 3 同大学院博士前期課程了。同年日本電信電話株式会社入社。ネットワークアーキテクチャ研究, 標準化に従事。現在、同社ネットワーク基盤技術研究所主幹研究員。博士 (工学)。平 10 年度 IN 研究賞, IMSAA 2009 Award 各受賞。