

## 「モノのインターネット」時代の通信規格の開発・実証

### Research and Development on Communication Protocols for “Internet of Things” Era

#### 研究代表者

西原 基夫 日本電気株式会社  
Motoo Nishihara NEC Corporation

#### 研究分担者

杉山 敬三 株式会社KDDI研究所  
Keizo Sugiyama KDDI R&D Laboratories, Inc.

研究期間 平成24年度～平成25年度

#### 概要

あらゆるモノがインターネットに接続される環境の中、機械同士がヒトを介在せずに相互に情報交換し、自動的に最適制御をするための安全性・信頼性の高い通信規格の開発を行い、現在の26.4倍のデバイスのモバイルネットワークへの収容を可能とする技術を確認した。また、研究開発成果の国際標準化をNEC及びKDDIが連携して実施し、oneM2M、3GPP及びOMAで複数の寄書の採用、ワーキングアイテムの立上げに成功した。

#### 1. まえがき

現在、図 1に示すように、社会基盤やサービスから得られるビッグデータを用いて、高度な情報利活用を行い、効率の良い社会を実現することが期待されている。そのための社会インフラとしては、データを収集するための通信ネットワーク、データを保存し、情報抽出を行うためのデータセンターがあり、ユーザは、これらの社会インフラを通してデータの利活用を行える。このような社会を実現するためのデータを収集する通信ネットワークに関して、以下を目的に取り組んだ。

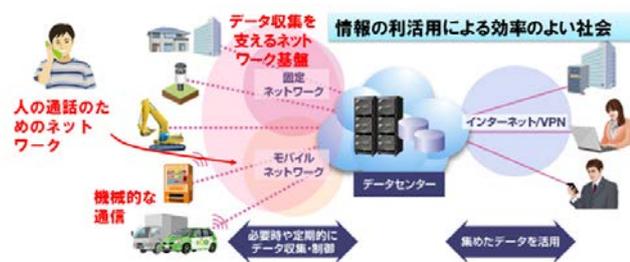


図 1 M2Mが実現する情報の利活用による効率の良い社会

#### 【目的】

あらゆるモノがインターネットに接続される環境の中、機械同士がヒトを介在せずに相互に情報交換し、自動的に最適制御をするための安全性・信頼性の高い通信規格の開発を行い、国際標準の獲得に取り組むことにより、国際競争力の向上に資する。

#### 【政策目標】

今後、世界的に市場拡大が見込まれる M2M/IoT<sup>\*1</sup>サービスにおいて、我が国の情報通信産業の国際競争力の強化を図るために、その発展を支える基盤技術の開発に早急に着手するとともに、並行して国際標準化活動を推進する。

\*1 IoT (Internet of Things): モノのインターネット。あらゆるモノがネットワークにつながっている状態。主にサービスに使われることが多い。

M2M (Machine to Machine): ヒトを介さず機械同士で行われるプロセ

ス。主に通信に使われることが多い。IoTはヒトも含むことから、IoTはより広い概念といえるが、M2Mも片側はサーバである場合も含むので、両者に大きな差異はない。

#### 【研究開発目標】

M2M通信（例：センサー情報等）では、多数のデバイスから小容量のデータが一定の時間帯に集中して発信される傾向が高いという特性を有する。このため、ある程度ランダムに通信を行うヒトの行動を前提として設計された現状のモバイルネットワークでこうした通信を扱おうと、過度に集中した通信要求を処理しきれなくなるという課題がある。この課題解決のため、M2M通信の特性に対応した通信制御技術を開発する。

M2M通信としては、デバイス周囲でのセンサーエリアネットワークや、ホーム・ビルディングエリアの有線・無線ネットワーク、さらには通信キャリアの固定ネットワーク、モバイルネットワークなど、様々な規模と方式のネットワークが検討されている。その中で本研究開発では、社会的に一番影響の大きいモバイルネットワークでのM2M通信にフォーカスする。その理由は、通信モジュールを設置するだけでデータ転送ができるという簡便性から、多くのシステムで用いられる通信であるからである。目標実現のための一つの指標として、2020年までに現在の10倍以上のM2Mデバイスがネットワークに接続できるための基盤技術の研究開発を行う。

その場合の課題は、従来、モバイルネットワークは「ヒト」の通話を想定して設計・構築されているため、「モノ」同士の通信、すなわち大量のデバイス、機械的な通信（高頻度、集中、データサイズ小等）に適さない管理制御を行っているために、高価で不安定になることである。そこで、「モノ」同士の通信に対して、安く、安定した、使いやすいモバイルネットワークをめざして技術開発、ユースケースの検討、国際標準化に取り組んだ。

## モノの時代のインターネットの目指す世界



図 2 モノの時代のインターネットの目指す世界

本プロジェクトでは、図 2に示すような、あらゆるモノがインターネットに接続し、それらのモノ同士が連携して新しく多様なサービスを創出するような、モノの時代のインターネットの実現を目指している。その実現のためのインフラ基盤として、サービスを容易に受けやすい/提供しやすい、安く安定したモノのネットワークの実現を目指している。目標実現のための一つの指標として、2020年までに、現在の10倍以上のM2Mデバイスが、ネットワークに接続できるための基盤技術の研究開発を行うとともに、並行して国際標準化活動を推進する。

## 2. 研究開発内容及び成果

### 【取組と成果の概要】

今後のIoTやM2Mでは、現在の10倍以上のM2Mデバイスがネットワークに收容されることが求められている。そのような、あらゆるモノがインターネットに接続される環境の中、機械同士がヒトを介せず相互に情報交換し、自動的に最適制御をするための安全性・信頼性の高い通信規格の開発を行い、国際標準の獲得に取り組むことにより、国際競争力の向上に資することを目標に研究開発に取り組んだ。

その研究開発の取組の中で、世界に先駆けてM2M通信のモバイルネットワークにおける制御信号の輻輳の課題を取り上げて、研究開発を行った<sup>\*2</sup>。具体的には、制御ネットワークの輻輳を減らすために、モバイルコアネットワークの制御プレーンを中心に、サービスプラットフォームからデバイスを束ねるゲートウェイにわたり検討を行い、以下の3つの課題に取り組んだ。

### <課題1> 接続管理最適化技術

M2Mデバイスの接続管理処理を省力化する技術

### <課題2> 移動管理最適化技術

M2Mデバイスの移動管理処理を省力化する技術

### <課題3> デバイス接続集約管理技術

複数のデバイスをゲートウェイで集約してネットワークに接続するための構成容易化技術

<sup>\*2</sup> 同課題は、本研究開発の開始後にネットワークに関する著名な国際学会ICC2012のkeynoteで課題として紹介され注目を集めており、時宜を得たものであった。

その結果、研究開発に関して、以下のとおり、課題1～3の全てにおいて目標を達成した。

### <課題1> 接続管理最適化技術

デバイス通信特性に合わせてネットワークとの接続時間を最適化することで、最大70%制御負荷を削減

### <課題2> 移動管理最適化技術

デバイスの移動を予測してネットワークからデバイスの呼出しエリアを最適化することで、最大75%制御負荷を削減

### <課題3> デバイス接続集約管理技術

ゲートウェイによるデバイス接続の集約を自動化し、同じ時間で10デバイスの回線集約を達成

成果の総括を図 3に示す。

上述の研究開発成果について、2020年のM2M市場予測に基づき、これらの効果が得られるサービスの比率をかけて全体的な効果を見積った結果、当初の目標数値である10倍を大きく上回る26.4倍のデバイス收容が得られるとの見込みを得た。この研究開発成果を国際学会に投稿した4件は先進性が認められて全て採択された。また、電子情報通信学会情報ネットワーク研究会研究賞を受賞した。

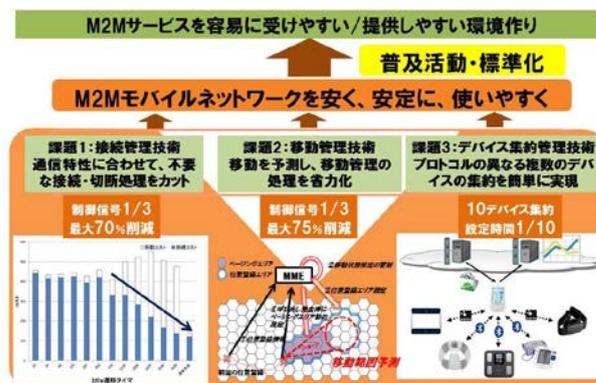


図 3 研究開発成果の概要

一方、標準化については、受託者間で密に連携し、3GPP<sup>\*3</sup>で2件、oneM2M<sup>\*4</sup>で11件、OMA<sup>\*5</sup>で5件と多くの国際標準化を共同で実施した。具体的には以下の標準化の成果をあげた。oneM2M及び3GPPにおいて、M2Mのネットワークサービス間連携の必要性を訴え、oneM2Mでは研究開発成果がユースケースとして採択されるとともに、3GPPでは研究開発成果の国際標準化に向けて新たなワーキングアイテムの立上げに成功した。

<sup>\*3</sup> 3GPP: 第三世代以降の携帯電話(3G)システムの仕様の検討・作成を行う標準化プロジェクト

<sup>\*4</sup> oneM2M: M2Mの標準化を先行していたETSI (欧州)の呼びかけにより、ARIB、ATIS、CCSA、TIA、TTA、TTC等のアジア、北米の地域標準化団体が協調して設立されたグローバルな標準化機関

<sup>\*5</sup> OMA: Open Mobile Alliance モバイル関連のアプリケーションの標準化機関

さらに研究開発成果の社会展開に向け、事業部門及び標準化・特許部門の協力も得て、研究開発、特許出願、国際標準化提案、普及活動等を戦略的に連動して推進した。その成果のひとつとして、㈱日経BPが主催する展示会ITpro EXPO 2013において、「未来のM2M通信」と題して研究開発成果の展示・デモを実施し、特別賞を受賞した。

## 2. 1 課題1 接続管理最適化技術

モバイルデバイスのモバイルネットワークへの接続及び通信終了後の切断に関する処理を省力化し、モバイルネットワークに同時に接続可能なデバイス数を3倍にする。

デバイスとネットワーク間での接続・切断の制御処理を省力化する技術の研究開発を行った。その主要な成果の一つがInactivity Timerを用いる方式である。Inactivity Timerとは通信終了後も、デバイスのネットワークへの接続を維持する時間を定めるタイマである。通常はデバイスに固定的に設定されているこの値を、ネットワーク側から最適値を設定することで、ネットワークにおける接続・切断処理の制御負荷を低減する。

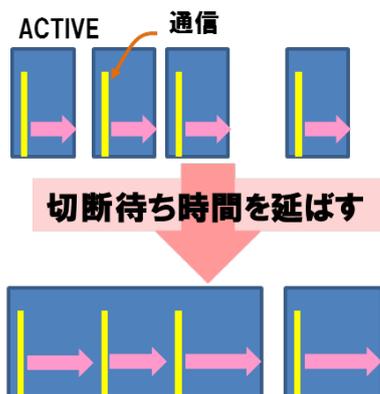


図4 通信終了後の接続維持時間(Inactivity Timer)の長さで接続/切断処理

図4に示すとおり、接続時間を長くすることで切断・再接続処理回数を削減できるが、その一方で無用な接続の維持は無線チャネルの枯渇、ハンドオーバー処理の増加及びデバイスの電力消費の増加を招くことになる。したがって、Inactivity Timerの値を単純に延長するのではなく、通信状況をネットワーク側で検知し、それに対して最適な値を導出することで、Inactivity Timerの値を動的に変更する。

この方式の評価を行った結果、例えば、車での通勤時間(平日7~9時、午後4~6時)での移動モデルにおいて、通信頻度が10分、30分、1時間のデバイスに対してそれぞれ70%、50%、30%の制御負荷削減の効果を確認した。(各種サービスにおける通信間隔は、例えばITSにおける各種プローブデータが5~20分、トレーサビリティや見守りサービスにおける位置情報や状態モニタが10~30分、温度・天気などの環境センサーが1~10時間である。)本技術で行うプロセスである通信トラフィックの監視及びそれに適したタイマ値の算出・設定が、ユーザアプリケーションには関係なく、全てモバイルネットワーク側で制御できることが特徴の一つである。ユーザアプリケーションによらず、制御できない不確定要素を含まないということは、本プロジェクトの目指す低コストで高信頼なモバイルネットワークの提供に適した方式といえる。

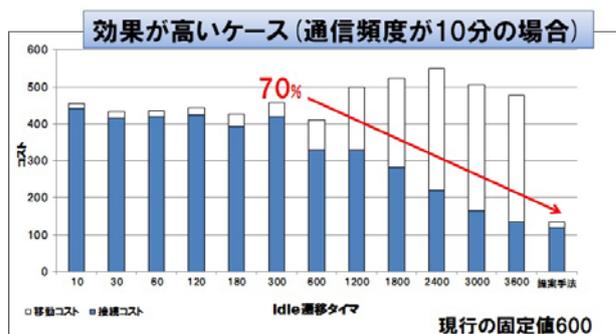


図5 Inactivity Timerの最適化による制御ネットワークの負荷軽減

また、本研究成果を、モバイルネットワークの国際標準化団体である3GPPに提案し、Release 12に採用される見込みである。国際標準に採用されたことにより、漸次モバイルコアネットワークノード製品に実装され、世間に普及していく見込みである。

本課題においては、この他に、モバイルネットワークシミュレータの開発、コアネットワーク内の経路であるトンネルの集約技術等に取り組んだ。

## 2. 2 課題2 移動管理最適化技術

モバイルデバイスの移動を管理する位置登録及びページングの処理を省力化することで、モバイルネットワークの制御負荷を低減し、モバイルネットワークに同時に接続可能なデバイス数を3倍にする。

デバイスの移動モード(停止・移動)及びデバイスの移動先を予測することにより、移動パターンの不規則な変化に追従して位置登録とページングの管理エリアを動的に最適化し、制御負荷を低減した。移動管理エリアの削減及び位置登録のバースト削減の2つの方式に取り組み、それぞれ以下の成果を得た。

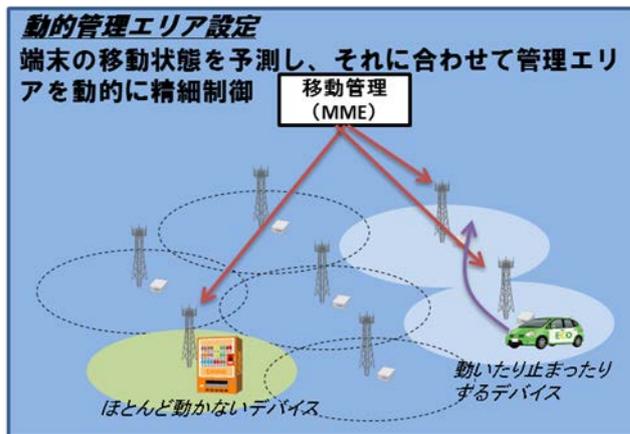


図6 移動管理(位置登録・ページング)における管理エリアの動的な設定

デバイスの位置変化を予測し、高速移動の場合は管理エリアを進行方向に広く、低速移動の場合は狭く、動的に制御を行う。この時に管理エリアを過度に縮小した場合、デバイスの呼出しに失敗し、固定エリアへの一斉再呼出しを必要として逆に負荷が増大するため、精度の高いデバイス

の移動予測アルゴリズム及び管理エリアの制御アルゴリズムが重要である。

デバイスの移動情報の取得は、車載器等の一定程度のソフトウェア処理能力を有するデバイスの場合には直接又はM2Mサービスソフトウェアへ問い合わせることで可能である。一方で、データ送信のみ等の処理内容が非常に限定されているセンサー等のデバイスの場合、サービスソフトウェアでデバイスの移動に関する情報を把握して通知できないなどの場合は、位置情報、通信頻度、通信量等のネットワークが取得できる情報を用いて移動についての情報を得る方式を考える。また、サービスプラットフォームとネットワークとの連携により、移動情報をデバイスやサービスソフトウェアから直接得る手法と併用することで相乗効果を得られると考え、そのためのインタフェースを検討し、ユースケースとして標準化された。

10万台のデバイスの動きを実地図上にモデル化し、ページングエリア削減効果の検証を行ったところ、位置登録及びページングの負荷を、それぞれ最大で65%/80%削減できることを確認した。この移動予測とそれを用いた管理エリアの削減は学術的な価値が認められ、国際学会に採択された。このサービスから情報を取得するためのインタフェースを検討し、ネットワークとサービスが連携する要件を国際標準化団体oneM2Mへ提案し採択された。また、3GPPではサービスとネットワークとの連携を検討するワーキンググループの立上げに成功した。

この他、モバイルネットワークの端末移動のシミュレーションのための実地図上の移動モデルの開発や、位置登録におけるバースト回避技術に取り組んだ。

後者は、前記の移動予測を用いて、既知のバースト発生ポイントにこれから移動していくと予測されるデバイスに対して、位置登録エリアの設定を動的に変更することで、瞬間的な（バースト）位置登録を減らす方式である。

図 7 のように瞬間的な位置登録回数が減じ、バーストを起こすセル数を75%削減できた。

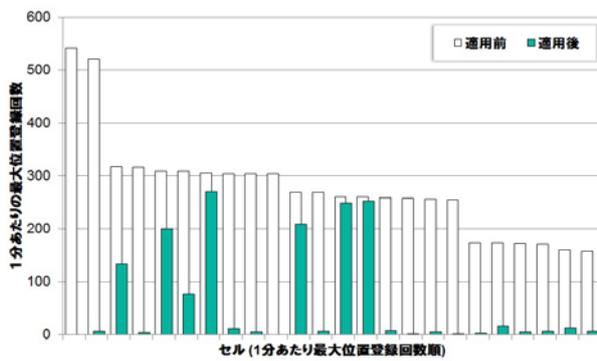


図 7 瞬間的な（バースト）位置登録の回避

### 2. 3 課題 3 デバイス接続集約管理技術

モバイルネットワークに直接収容されるデバイス数の削減を可能とする、ゲートウェイが複数のデバイスを集約する接続モデルにおいて、本来利用者に発生する設定の負荷等の軽減を通じ、そのような接続モデルの普及を推進する。

デバイス接続集約管理技術に関する研究開発では、ゲートウェイにおいてM2Mデバイスの接続を集約することで、モバイルネットワークが処理する必要がある回線数を削

減することを目的としている。具体的には、ゲートウェイ1回線に10台を収容可能とし、回線数を1/10とすることを目的としている。このゲートウェイでのデバイス集約を実現するには、①ネットワークの設定操作及び②適切なアプリケーションのインストールが必要であることが、ゲートウェイ導入の阻害要因であると捉え、①と②のそれぞれの状況を解決するM2Mデバイス設定管理技術と動的ゲートウェイ設定支援技術の研究開発を実施した。

管理サーバ経由で複数のゲートウェイ（スマートフォン等）がデバイスとの接続設定を共有し、ゲートウェイとしたスマートフォンが対象のデバイスと1度ペアリングを行えば、10台以上のスマートフォンでペアリング操作不要で同デバイスに接続可能となり、接続するスマートフォンの切替も通常数分かかるペアリングより短い7秒以内に完了することを確認した。

また、管理サーバに同デバイスを利用するために必要なアプリケーションを登録しておけば、従来は12ステップ程度の操作を行わなくては必要なアプリをインストールできなかった場合でも、僅か3ステップにまで設定工数を削減することができた。

目標とする10台の集約については、10台の設定に掛かる設定時間は156秒（デバイス1台あたりの設定時間は15.6秒）であった。従来方式を用いるとデバイス1台の設定における所要時間は約3分（185秒）の時間が掛かる。したがって、デバイス1台あたりの設定時間は10分の1以下となり、設定時間の時間短縮目標の達成が確認できた。すなわち、10台のデバイスをゲートウェイで集約するために、必要であった設定時間を1台のデバイスの設定に要していた時間以下にすることを実現した。

今後、本技術によりゲートウェイの利用によるデバイスの集約を大きく促進することが可能である。

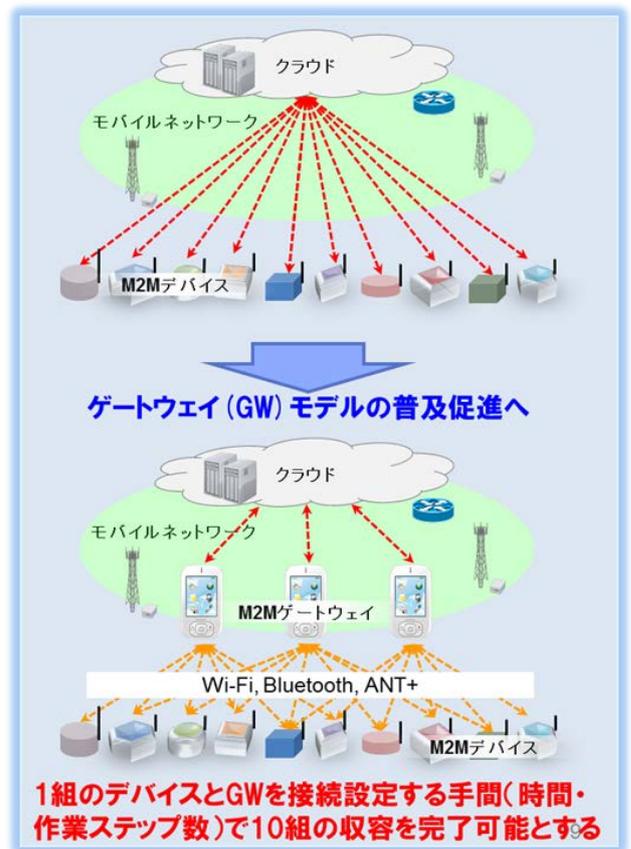


図 8 ゲートウェイによるデバイス集約モデル

## 2. 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

### 【成果の普及活動】

ITpro EXPO AWARD 2013の特別賞受賞、新聞掲載、Web掲載、日経ネットワーク誌、日経エレクトロニクス誌の取材記事掲載等、注目を集めた。

### 展示会・取材記事・講演

**ITproEXPO2013 (2013年10月9日(水)～11日(金))**  
**◎東京ビッグサイト)にKDDI研究所/NEC共催で出展**  
**【主な目的】**

- ・ 実証実験
- ・ 対外的なアピール
- ・ 開発技術適用先の開拓

**【展示品目】**

①「未来のM2M通信」ブースにて3件のデモ展示を実施 会期中の来場者数: 3日間で約2320名

- ・ 「M2M Mobile Network Optimizer (NEC)
- ・ 「持ち運ぶ生活空間」(KDDI研究所)
- ・ 「スマホでまとめてヘルスケア」(KDDI研究所) 事前申込みの段階で早期に空員に達し集況

②セミナー会場での講演

- ・ M2M標準化動向やM2Mサービスプラットフォーム等に関して講演

**【取材記事掲載】**  
 ネットメディアITproC受賞内容の紹介記事5ページ  
<http://itronikkeibo.co.jp/article/COLUMN/20131022/512888/>

- ・ 13年11月の日経コミュニケーションにレビュー記事
- ・ 14年1月の日経エレクトロニクス、特集記事「M2M再発見」に掲載

ITpro (13年11/21)  
 日経コミュニケーション (13年11/28)  
 日経エレクトロニクス (14年1/6)

**【特別賞を受賞】**

- ・ M2Mの利用イメージをわかりやすく表現した事が評価され、ITproEXPO AWARD 2013特別賞を受賞

**【その他】** 講演依頼: 新世代M2Mコンソーシアム、他より講演依頼

図 9 成果の普及活動

### 【成果の実用化への取組】

本研究開発の成果を最終的に世界に普及させていくため、研究開発の段階から、特許、標準化を絡めて戦略的に取り組んだ。最初に研究部門、事業部門、更には特許部門と標準化部門も参加して、技術課題の発見、解決アイデアを集中的に検討した。その集中検討を受け、既存特許の調査、権利最大化を狙って多数の特許を出願。また、実現性のある方式を検討し、機能検証シミュレーションで効果を可視化することなどにより、標準化提案の賛同者を集めるなど採択へ前進した。並行して(標準化後の)製品化戦略を検討した。

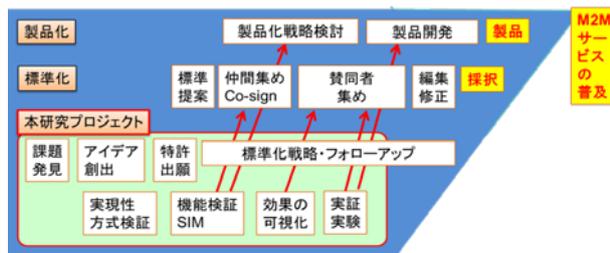


図 10 成果の実用化への取組

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取組

課題1の成果については、モバイルネットワーク技術は標準化と実用化が密接に結びついているため、社会展開のために標準化を図る。標準化された技術から随時、製品適用を進めて実ネットワークへの適用を目指す。また、課題3の端末集約技術に関しても、標準プロトコルを用いて実装が可能であることから、これらの2つの成果については、モバイル通信キャリアへの紹介、講演会などで世の中へアピールすることで、ニーズを引き出していく。その上で、投資対利益等のビジネス判断を、市場動向を踏まえて行い、

製品、サービス化の実現に努めていく。

### 【標準化・普及】

#### <課題1>

Inactivity Timer制御方式を、RAN (Radio Access Network)の標準化と連携して、3GPP Release12への採用を実現することで、早期の製品適用、ネットワーク適用を図る。

#### <課題2>

3GPPで立ち上げたワーキンググループで、サービス-ネットワーク間連携の枠組みを標準化していく。

#### <課題3>

oneM2Mで提案したユースケースに関して、技術仕様提案へつなげていく。

#### <課題1～3>

新世代M2Mコンソーシアム等で成果を紹介する講演を行い、普及を図る。

### 【本成果の実装技術の検討】

- ・ MTC-IWF (Machine Type Communication Inter Working Function)、SCS (Service Capability Server)等の新しいノードや、M2M専用ネットワーク等の技術、実装の検討
- ・ サービスネットワーク連携をネットワークとサービスプラットフォームにどう組み入れるかの技術、実装の検討

### 本成果の適用場所

- ・ 課題1, 2はMTC-IWF(Machine Type Communication Inter Working Function)、SCS(Service Capability Server)などのM2M用の新しいノード、あるいは、従来のノードへ「機能」として実装される。
- ・ 課題3はM2M/IoTゲートウェイ(スマホの場合も含む)とSCSへ実装される。

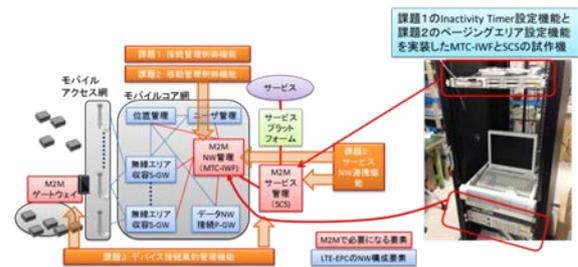


図 11 課題1～3の実装・適用場所

### 【本成果により期待される新たなサービス検討】

- ・ 通信コストが安くなった前提での、適合するサービスの検討
- ・ サービス～ネットワーク連携の手法を用いると効果的なサービスの検討
- ・ 携帯電話をゲートウェイとするサービスモデルに適したサービスの検討

### 【本成果の展開の先に考えられる、更なる技術検討】

2020年に全世界で21億台のデバイスがネットワークに接続されるといわれている。その実現には、本研究開発での実現技術の他にも種々の技術開発が必要と考えられるが、本研究開発はその端緒として、最初に課題が顕在化するモバイルネットワークの制御プレーンの輻輳に焦点を当て、有効な技術を実現した。

今後、これらの結果に加えて、新たなユースケースであるM2M-MVNOに対応するための効率的な仮想ネットワークの構築・運用技術 (M2M仮想ネットワークの実現に向けた新たなSDNの活用) 等の技術開発を新たに行う必要があると考えている。

#### 4. むすび

世界に先駆けて、モバイルネットワークにおける制御信号の輻輳の課題に取り組んだ。2020年を見据え、コアネットワークは3G、EPC (Evolved Packet Core)、アクセスネットワークはLTE及び4Gを対象にした。接続管理、移動管理、デバイス接続集約（ゲートウェイ）の3つの課題に取り組み、現在の26.4倍のデバイスのモバイルネットワークへの収容を可能とする技術を確立し、当初の目標の10倍を大幅に上回る成果を得た。また、研究開発成果の国際標準化を目指し、M2Mの国際標準化団体oneM2Mで採用されているM2M全体アーキテクチャに則って技術検討を行い、oneM2M、3GPP、OMAで複数の寄書の採用、ワーキングアイテムの立上げに成功した。今後、これらの結果に加えて、新たなユースケースであるM2M-MVNOに対応するための効率的な仮想ネットワークの構築・運用技術（M2M仮想ネットワークの実現に向けた新たなSDNの活用）等の技術開発を新たに行う必要があると考えている。

#### **【査読付発表論文リスト】**

- [1] Satoshi Ikeda, Nobuharu Kami, and Takashi Yoshikawa, "Adaptive Mobility Management in Cellular Networks with Multiple Model-based Prediction," in Proc. of IEEE IWCMC 2013, pp. 473-478.
- [2] Kenji Hori, Tomohiko Ogishi, Ming-Yee Lai, Dana Chee, and Kaustubh Sinkar, "Automatic Over-the-Air Provisioning for Wi-Fi Equipped M2M Devices," in Proc. of IEEE LCN 2013, pp675-678.
- [3] Satoshi Ikeda, Nobuharu Kami, and Takashi Yoshikawa, "A Tracking Area List Configuration Method to Mitigate Burst Location Updates," in Proc. of ICCE 2014, pp58-63.

#### **【国際標準提案・獲得リスト】**

- [1] 3GPP TSG-SA #61, SP-130505, "WID for Service Exposure and Enablement Support," Sep. 9, 2013, Sep. 11, 2013.
- [2] OMA-DM, OMA-DM-GwMO-2013-0036R01-CR Reference EndDevice ManagementTree, "Reference to End Device Management Tree," Sep. 26, 2013, Feb. 19, 2014.
- [3] oneM2M・TP6, oneM2M-REQ-2013-0403, "Requirements derived from use cases oneM2M-REQ-2013-0231R02, oneM2M-REQ-2013-0137R02 and oneM2M-REQ-2013-0175R03," Aug. 5, 2013, Aug. 9, 2013.

#### **【受賞リスト】**

- [1] 荒井 大輔、堀 賢治、井戸上 彰、電子情報通信学会・情報ネットワーク研究会研究賞、“M2Mデバイス設定管理技術の提案と実装”、2014年3月5日
- [2] KDDI研究所、NEC、ITpro EXPO AWARD 2013 特別賞、“未来のM2M通信”、2013年10月10日

#### **【報道掲載リスト】**

- [1] “モバイルネットワークに接続する端末の位置の変化を推定し、最適な位置管理を実現する技術を開発”、日経産業新聞、2013年10月2日
- [2] “[ITpro EXPO 2013] KDDI研とNEC、M2Mを使いやすく低コストで実現する研究成果を展示”、ITpro、2013年10月9日
- [3] “【ITpro EXPO AWARD 2013 受賞製品／サービスレビュー】 <特別賞>M2M時代の課題解決に向けた研