

モノ向け利用を加速する広域無線アクセスへの取り組み

現在、さまざまなモノがインターネットに接続するIoT（Internet of Things）が注目されています。NTTではこれまでIoTサービスの実現に向けて、研究開発や実証実験などさまざまな取り組みを行っています。本稿ではIoT/M2M（Machine to Machine）サービスの要求条件および近年注目を集めているLPWA（Low Power Wide Area）の概要について述べるとともに、NTT西日本で実施中のLPWAを活用したフィールドトライアルと、NTT未来ねっと研究所で取り組んでいる広域・高収容な無線中継システムについて紹介します。

もちづき のぶあき^{†1} か つ だ はじめ^{†1} ふ じ の ようすけ^{†1}
望月 伸晃 / 勝田 肇 / 藤野 洋輔
あかばね かずのり^{†1} ながおか ひ で き^{†2} むら お た か し^{†2}
赤羽 和徳 / 長岡 秀樹 / 村尾 貴史
よねさか し ん じ^{†2}
米坂 真司

NTT未来ねっと研究所^{†1}
NTT西日本^{†2}

IoT/M2Mサービスの現状

現在、さまざまなモノとモノとの通信〔M2M（Machine to Machine）通信〕が注目され、さらにモノと人とを含むあらゆる存在をネットワークに接続するIoT（Internet of Things）について多くのサービスが検討されています⁽¹⁾。これらの多くのモノの情報は、ネットワークを介して収集・蓄積・解析され、ビッグデータとして活用されることにより、新しい価値の創出につながることを期待されています。

あらゆるモノがネットワークに接続するIoT/M2Mサービスでは、接続する端末（モノ）は至る所に点在しており、それらを効率的に収容する必要があります。例えば、現在導入が進められている電力やガスのスマートメーリングや農業分野などでも、端末の設置場所は多様であるため、広域かつ高収容なネットワークが必要になります。

NTT西日本では、「LoRaWAN^{TM*}」を採用したLPWA（Low Power Wireless Access）ネットワークフィールドトライアルを通じて、さまざまな分野のパートナーとともに、IoTの利用シーンの創出と新サービスの開発を

目的に取り組んでいます。NTT未来ねっと研究所では、モノ利用を想定した広域・高収容な無線中継システムを開発し、LPガスの集中監視システムでの検証を完了しました。

M2Mサービスの要求条件とLPWAの概要

M2Mはモノとモノとの通信であり、モノは環境の変化に追従して自ら自動的に移動することができないため、携帯電話などの人が行う通信とは異なる通信環境が必要になります。IoT/M2Mで求められる通信要件を図1に示します。求められる通信要件として以下の3つが想定されます。

- ① 広域性：電波が遮蔽されるなど電波の受信環境が悪い状況であっても、端末は移動できないことが多いため、どのような場所でも通信ができる必要があります。
- ② 高収容性：端末がエリア内に密集している場合や災害発生時に一斉発呼するなどアプリケーションによって一様な動作をすることが想定されるため、たくさんの端末と接続することが必要となり

ます。

- ③ 省電力性：AC電源を利用できない、または社会インフラなど最大10年という長期にわたる運用期間中に電池交換なしで利用するなど、低消費電力な動作で長期間の電池駆動が必要になります。

これらの通信要件を満たすため、さまざまな利用用途に合わせた無線通信の規格が策定されてきました⁽²⁾。3GPP（3rd Generation Partnership Project）ではIoT向けの規格としてCat. NB1とCat. M1が2016年に標準化を完了し、商用化に向けて現在開発が進められています。一方、免許不要のサブギガヘルツ帯と呼ばれる周波数帯を用いたLPWAが欧米を中心に利用され始めています。サブギガヘルツ帯は、無線LANなどで用いられる周波数帯に比べ周波数が低いため、無線減衰が少なく回折性があり、広域なエリアを実現できます。そのため、LPWAは1つの基地局で幅広いエリアをカバーしつつ、端末の低消費電力

* LoRaWAN：半導体メーカーのSemtech、IBMなどの「LoRa Alliance」メンバーが策定したIoT向け通信規格の1つ。LoRaWANの名称は、Semtech Corporationの商標です。



図1 IoT/M2Mに求められる通信要件

を実現し、多数の端末を収容できます。現在欧州などで広く利用されている主要なLPWAとしてLoRaWAN⁽³⁾やSigfox⁽⁴⁾などがあり、インフラ監視などに利用されています。また、日本ではIoT向けの免許不要の周波数帯として2012年に920 MHz帯が利用可能になり⁽⁵⁾、Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network) などの通信方式が利用しています。NTT未来ねっと研究所でも920 MHz帯を利用し、スマートメタリングなどに向けた無線中継方式の研究開発を行っています。主要なLPWAの特徴を表にまとめます。

(1) LoRaWAN

LoRaWANは、伝送レートを0.3～50 kbit/sまでの可変とし、最大2 km程度の長距離通信を実現し、またチャープ拡散方式を利用して異なる伝送レートの信号を同一周波数帯域内に多重化することで高収容を実現しています。さらにクラスA～Cの3種類の仕様が規定されており、その中で主に

	LoRaWAN (クラスA)	Sigfox	無線中継方式 (NTT)
伝送速度	0.3～50 kbit/s	100 bit/s	10 kbit/s
通信距離 ^{※1}	約2 km	約3 km	約1 km
高収容化技術	チャープ拡散方式による信号多重	周波数ホッピングによる信号多重	制御信号の送信タイミング管理による制御信号の削減 (仮想ビーコン方式)
応答時間	上り：数秒程度 下り：ベストエフォート ^{※2}	上り：数秒程度 下り：ベストエフォート ^{※2}	上り・下り：数秒程度
電池寿命	10年以上	10年以上	10年以上
適するサービス	上り主体のサービス、および下り通信のみで制御等を行うサービス	上り主体で、かつ極低頻度・低データ量のサービス	上りと下りの頻度が同程度の高レスポンスな双方向通信サービス

※1 基地局高30 m、端末は屋外路上設置、劣化率0.1%設計の場合

※2 上り通信の応答として下り通信を行うため

クラスAの利用について検討が進められています。クラスAでは、定期的な受信動作をなくし、上り通信の応答として下り通信を行うことで10年以上の電池駆動を実現しています。下り通信の応答時間がベストエフォートとなるため、インフラ管理、物流や農業関連などセンサ情報を収集する上り通信

主体のサービス、および下り通信のみで制御などを行うサービスへの適用が想定されています。

(2) Sigfox

Sigfoxは、伝送レートを100 bit/sまで低速化することで約3 kmの長距離通信を実現し、また送信時にランダムに周波数をホッピングさせ、同一周

波数帯域に多数の上りデータを多重化させることで高収容を実現しています。さらに、LoRaWANのクラスAと同様に下り通信の応答時間をベストエフォートとすることで低消費電力を実現しており、上り通信主体で、かつ極低頻度・低データ量の状態監視サービスへの適用が想定されています。

(3) 無線中継方式

NTT未来ねっと研究所で取り組んでいる無線中継方式は、下り応答時間を保証することにより、スマートメタリングや機器制御など、上り通信と下り通信の頻度が同程度でかつ高レスポンスを要求する双方向通信での利用を想定した仕様になっています。

M2Mサービスが求める通信要件は多種多様であり、例えばインフラ監視や環境監視などでは設置したセンサ情報の収集を中心とする上り通信が主体であり、また制御利用であっても数秒程度の遅延が許容できる利用では、定期的な上り通信の応答による下り通信を活用できます。一方、スマートメタリングなどではメタ情報を取得し、状態を判別して機器を制御するといった高レスポンスな双方向の通信が必要な場合があります。このように多様化するM2Mサービスにおいて求められる通信要件を満たすためには、それぞれ異なる特徴を持つ通信方式の中から、適切な無線方式を適材適所で選択して利用することが重要です。

NTT西日本のフィールドトライアル

本トライアルでは、全世界のIoT関連メーカー約400社が加盟する「LoRa Alliance」において仕様策定と活用が推進されているLoRaWANを採用したLPWAネットワークをNTT西日本より関西エリアに提供します⁽⁶⁾。本トライ

アルの提供イメージを図2に示します。トライアルパートナーは、デバイス、センサ、プラットフォームなどを自前で用意し、NTT西日本が提供するLPWAネットワークへ接続します。「LoRaWANを活用したIoTサービスに求められる機能、運用稼働などの検証」「IoTサービスの利用シーン創出とビジネス性の検証」を行います。また本トライアルへの参加企業には、LoRaWANの日本規格策定を進めているSemtech Corporation（米国）より、LoRaWANの概要および技術的要件に関する情報を提供しています。

トライアル第1弾として、多機能型自動給水栓とLPWAを活用し、農業における給水管理、水位制御などの遠隔操作を行うフィールドトライアルを滋賀県野洲市において実施しました。農業分野においては、農地の大区画化・

汎用化などに伴い、水管理の省力化、需要主導型の水利用の実現が求められています。本トライアルを通じて、農業経営の観点からは、営農形態に合わせた水管理の実現性の検証と、通信キャリアの観点からは、Wi-Fiなど既存の通信方式に比べた電波伝搬特性や省電力化の検証を行います。

スマートメタリングに適した無線中継システム

現在、さまざまな電力会社によって、毎日の検針値を自動取得し、HEMS（Home Energy Management System）内の電力消費の見える化を実現するスマートメタリングシステムが導入されています⁽⁷⁾。また、遠隔でのガス検針やガスの使用量の見える化を実現するガススマートメタリングシステムがさまざまなガス会社において検討さ

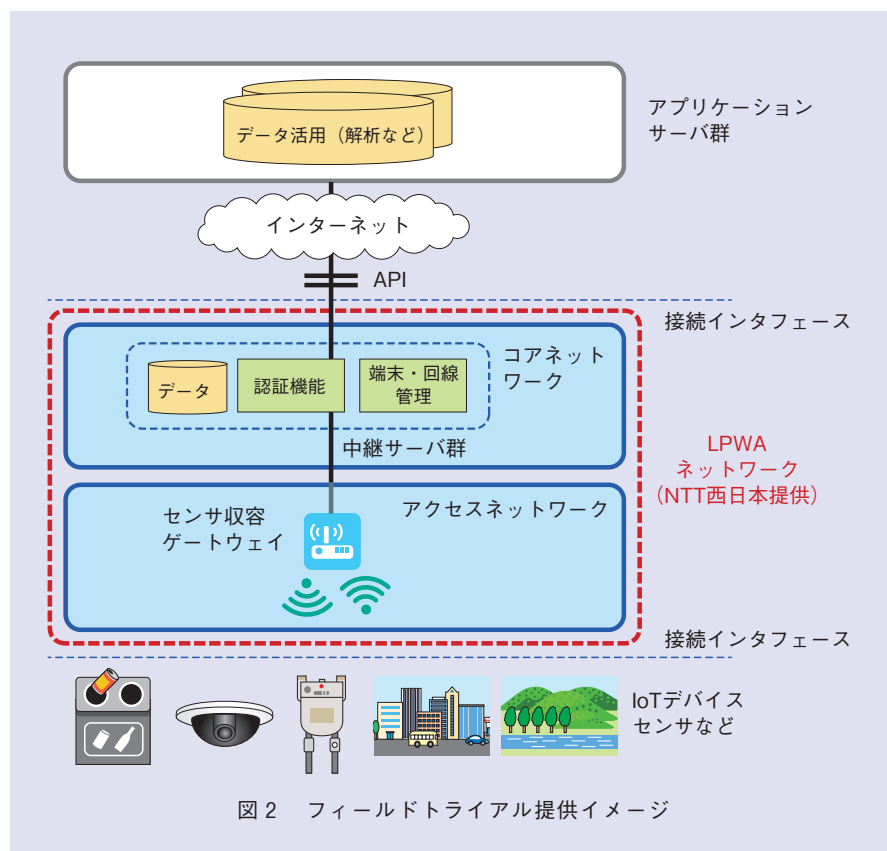


図2 フィールドトライアル提供イメージ

れています。そして、ガスマートメータリングシステムの実現に向けて、ガスマータのネットワーク化を実現する無線システムとして、Uバスエアシステム⁽⁸⁾がNPO法人テレメータリング推進協会によって標準化されています。

そこでNTT未来ねっと研究所では、ガスマートメータリングシステムに適用可能な高収容な無線中継システムを開発しました。無線中継システムのシステム構成を図3に示します。上位層は開発した無線中継システム、下位層はガスマータなどのユーザ端末と直接接続するUバスエアシステムなどのユーザネットワークを活用する多層型のシステム構成を採用しています。その結果、上位層の無線中継システムと下位層のユーザネットワークを連携して柔軟なエリア設計が可能になり、さらに多数のユーザ端末を上位層で集約して収容することにより、3GやLTEなどの公衆1回線より多くのユーザ端末を経済的にサーバに接続でき

ます。

ここで、上位層ではIoT/M2Mに求められる通信要件を満たすために、以下の課題を解決する必要があります。

① 上位層の広域化と高収容性の両立

② 上位層の中継子機の省電力化

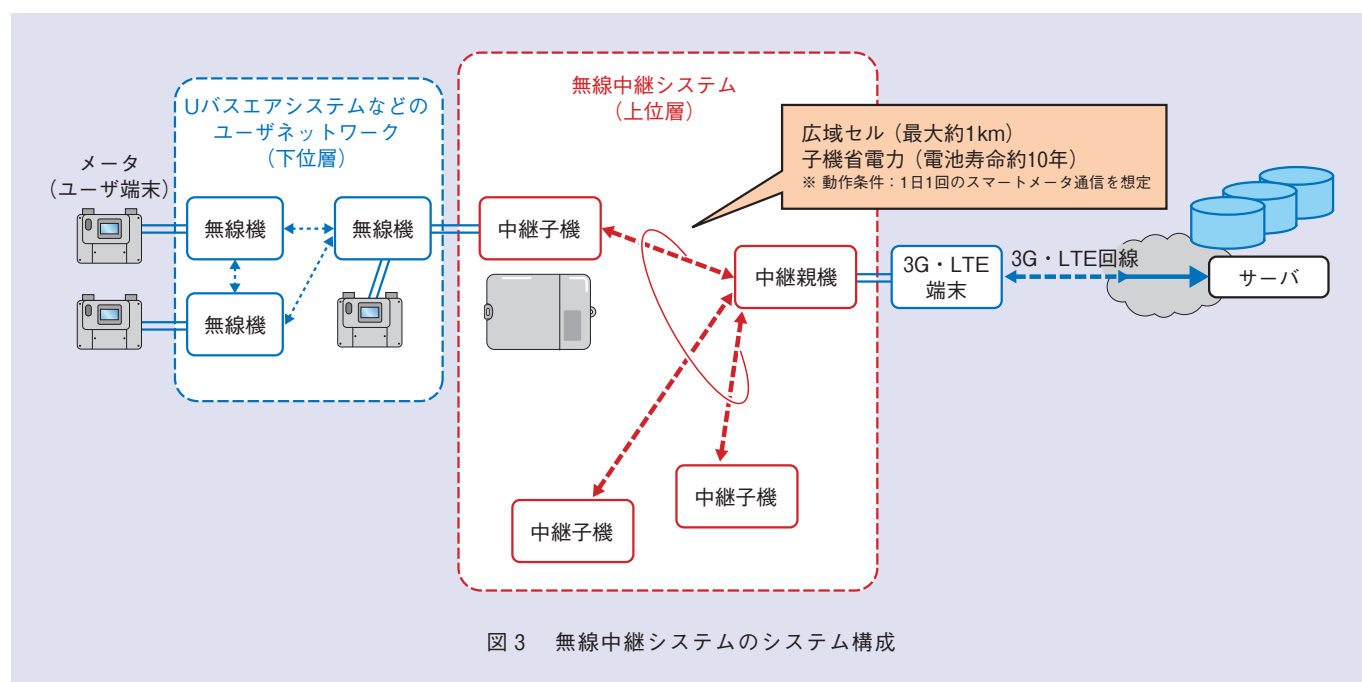
上位層の広域化を実現するためには伝送速度の低速化が必要ですが、低速化により伝送できるデータ量が減るため、端末収容性が低下してしまいます。また、低速化により中継子機の送受信に必要な時間が増加するため、消費電力も増加してしまいます。そのため、広域化・高収容性と省電力性の両立が必要となります。省電力化のために間欠動作を行う通常の無線システムでは、中継親機と中継子機間の同期維持のために制御信号(ピーコン信号など)の送受信が必要となります。

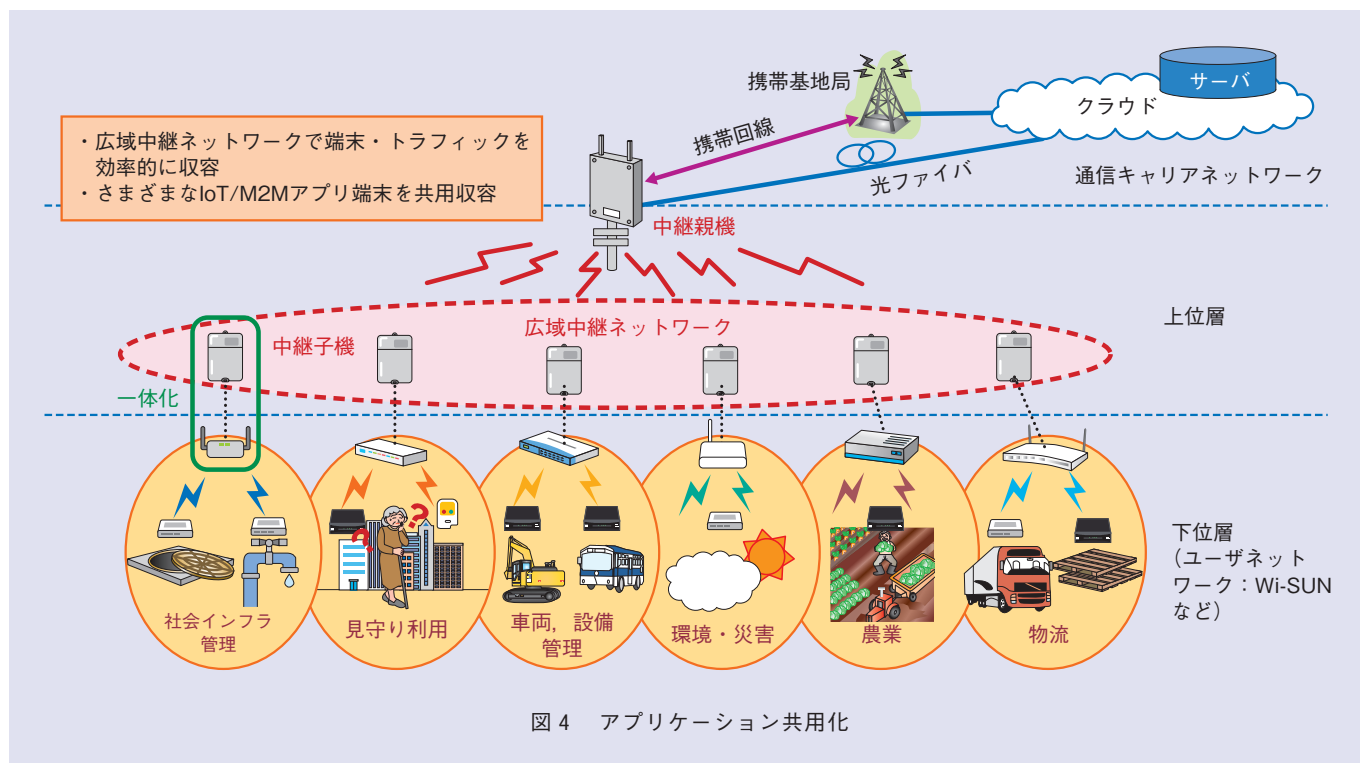
一方、中継子機の数が増加すると、中継子機からの制御信号による干渉が増大するため、それを回避するために中継子機からの制御信号の送信頻度を

減らす必要があります。しかし、制御信号の送信頻度を削減するとデータ送信機会が減るため、結果的に転送遅延が増大し、適用できるアプリケーションが制限されてしまいます。

開発した無線中継システムでは、転送遅延を増加させずに制御信号の送信頻度を削減できる方法として、中継親機においてすべての中継子機の制御信号の送信タイミングを管理する仮想ビーコン方式を採用しました。その結果、中継子機からの制御信号の送信頻度を削減することにより、干渉を削減でき、スループットが向上し、端末収容性が向上します。さらに、中継子機は制御信号の送信頻度が減るため、省電力化も可能になります。

例えば、ユーザ端末から送信されるトラフィック量を1日当たり1kbyteと仮定した場合、中継親機は2000台のユーザ端末を収容することができます。さらに、中継子機は電池で10年間動作可能です。その結果、ガスマータの密度が低く、広域なエリアを必要と





するLPガス集中監視サービスや多くのガスメータの収容を必要とする都市ガス遠隔検針サービスなどの要件を充足できると考えています。また、ガス検針だけでなく、その他のさまざまなM2Mサービス、社会インフラ管理・制御などの双方向性が必要なサービスへの適用も想定しています。

今後の展開

NTT西日本では、本トライアルで得られたIoT向けネットワーク技術に関するノウハウを基に、さまざまなIoT分野に活用できるLPWAネットワークの活用シーンの検討を進めていく予定です。また、NTT未来ねっと研究所では、今後、さらなる広域化、高収容化および低消費電力化を進めて、ガススマートメータリングにとどまらず、それ以外の多様なM2Mサービスとの共用を実現するため、研究開発を継続していきます（図4）。

参考文献

- (1) <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h27.html>
- (2) 特集：“5Gを待っていたら遅い！IoT通信を巡り新旧対決,” 日経コミュニケーション, No.627, pp.12-15, 2016.
- (3) <https://www.lora-alliance.org/>
- (4) <https://www.sigfox.com/>
- (5) http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/5-STD-T108v1_0-E2.pdf
- (6) <http://www.ntt-west.co.jp/news/1606/160629a.html>
- (7) 経済産業省：“「スマートコミュニティ」へようこそ,” 経済産業ジャーナル, 10・11月号, 2011.
- (8) <http://www.teleme-r.or.jp/u-bus/index.html>



（上段左から）勝田 肇/ 藤野 洋輔/
望月 伸晃/ 赤羽 和徳
（下段左から）米坂 真司/ 長岡 秀樹/
村尾 貴史

NTTグループでは、さまざまなパートナーの方々とのフィールドトライアルの実施や無線システムの研究開発を行うことにより、あらゆるモノがネットワークに接続するIoT/M2Mサービスの実現を進めていきます。

◆問い合わせ先

NTT未来ねっと研究所
ワイヤレスシステムイノベーション研究部
TEL 046-859-3261
FAX 046-859-3351
E-mail ntt-lab-wireless@lab.ntt.co.jp