



IoT/M2M向け高収容プロトコル技術の確立とパレット管理システムへの適用

NTT未来ねっと研究所^{†1}/ユーピーアール株式会社^{†2}/NTTブロードバンドプラットフォーム^{†3}

もちづき のぶあき^{†1} しみず まさし^{†2} すずき けんじ^{†3} みずの こうへい^{†1} やまざし あきひろ^{†1}
望月 伸晃 /清水 雅史 /鈴木 賢司 /水野 晃平 /山岸 明洋 /
はらだ みつる^{†1} よしの しゅういち^{†1}
原田 充 /吉野 修一

近年、モノとモノをつなぐM2Mサービスの普及が期待されています。NTT未来ねっと研究所では、M2Mでの無線利用に向けて1万台を超える端末の収容と、数100台の端末の移動検出を同時に実現する高収容プロトコル技術を開発しました。本技術は多数の在庫管理を行いつつ、素早い入出庫管理の実現が必要な物流用途に適用され、2015年度よりパレット管理システムとして実用化されています。ここでは、高収容プロトコル技術の概要と、実用化に向けた物流用途での検証について紹介します。

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、さらにモノと人を含むあらゆる存在をネットワークに接続するというIoT (Internet of Things) へと移り変わってきています。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事が期待されています⁽¹⁾。さらにモノへの無線アクセスを想定し、920 MHz帯の標準規格としてARIB (Association of Radio Industries and Businesses) のSTD-T108⁽²⁾が2012年に策定されるなど、利用環境の整備も進んでいます。

NTT未来ねっと研究所では、モノ利用を想定してARIB STD-T108に適用可能な高収容プロトコル技術を開発し、IoT/M2M利用の先駆けとして、物流用途においてパレット管理システムに適用し、検証を完了しました。

M2Mサービスの要求条件

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発

信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で求められる通信環境を図1に示します。求められる通信環境として以下の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できることが必要になります。

② 高収容性：端末がエリア内に密集していたり、災害発生時に一斉発呼する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できることが必要になります。

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電池駆動を可能とすることが必要になります。

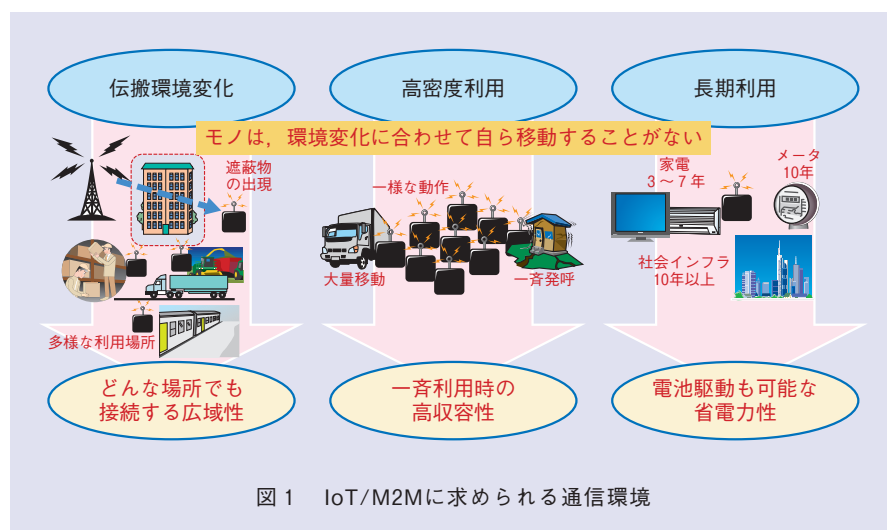


図1 IoT/M2Mに求められる通信環境

これらの通信環境を考慮し、さまざまな用途に合わせた無線通信の規格が策定され、利用されてきました。IoT/M2M向け無線アクセスの状況を図2に示します。免許不要で使用可能な周波数帯域であるISM (Industrial, Scientific and Medical) バンド*1を用いたIoT/M2M向けの無線アクセスには、パッシブタグ、Bluetooth、IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.15.4/4g⁽³⁾/4e⁽⁴⁾などが想定されます。パッシブタグは1:1通信を基本として通信距離が1m前後と短いですが、電池を必要としない通信であり、バーコードの代替として物流用途での物品管理などに利用されています。

Bluetoothは通信距離が10m程度までであり、収容数は数台程度に限られますが、伝送速度は数Mbit/s程度でほとんど比べると高速通信が可能であり、かつ低消費電力に特化したBluetooth LE (Low Energy) を用いた場合、電池寿命は数カ月～数年程度を実現可能であり、ある程度の伝送速度を必要とするウェアラブル端末およびヘルスケア関連の機器などで用いられています。IEEE 802.15.4/4g/4eは伝送速度100 kbit/s程度で通信距離は数100m～1km程度、収容数は最大数100台程度が可能であり、電池寿命は通信頻度によりますが、1カ月～年単位が実現可能であり、Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network) アライアンス*2で策定されたスマートメータのBluetoothの標準仕様に用いられています。

*1 ISMバンド：産業科学医療用バンド。920 MHz帯以外では、2.4 GHz帯や5 GHz帯などがあります。

*2 Wi-SUNアライアンス：2012年に情報通信研究機構 (NICT) などを中心となって設立されたWi-SUN規格の標準化、普及促進活動、さらに相互接続性の試験などを行う業界団体。

これに対して、例えば物流用途（特にパレット管理）で想定される要求条件を図2の点線の領域として示します。大きな倉庫で管理している数万台のパレットを少ない基地局で収容することが望まれるため、数100m程度の伝搬距離と1万台以上の収容性が求められます。さらにパレットの耐用年数である10年程度の間電池交換を行わずに連続動作し続けることが望まれています。これらの要求条件を考慮すると、現在規格化されている無線アクセスより性能向上が必要となります。さらに物流用途では、図3に示すように倉庫内の数万台を超えるパレットを収容することに加えて、トラックなどで数100台のパレットを搬入・搬出された場合の迅速な入出庫管理も必要になり、これらの条件に対応した無線技術が必要になります。

高収容プロトコル技術

そこで数万台の端末を収容しつつ、最大数100個の移動管理ができ、かつ端末は電池で10年連続動作を実現する高収容プロトコル技術の開発を行いました。高収容プロトコル技術の概要を図4に示します。端末が装着されているモノが移動していない、静止している状態を静止状態、端末が装着されているモノが移動している状態を移動状態として、端末内でこの2つの状態を管理しています。移動状態は、端末に振動センサなどを搭載して振動センサが振動を検知することで認識することが可能であり、物流用途ではフォークリフトやトラックなどで端末が装着されたパレットが運ばれている状態を示しています。端末から定期的に端末ID、シーケ

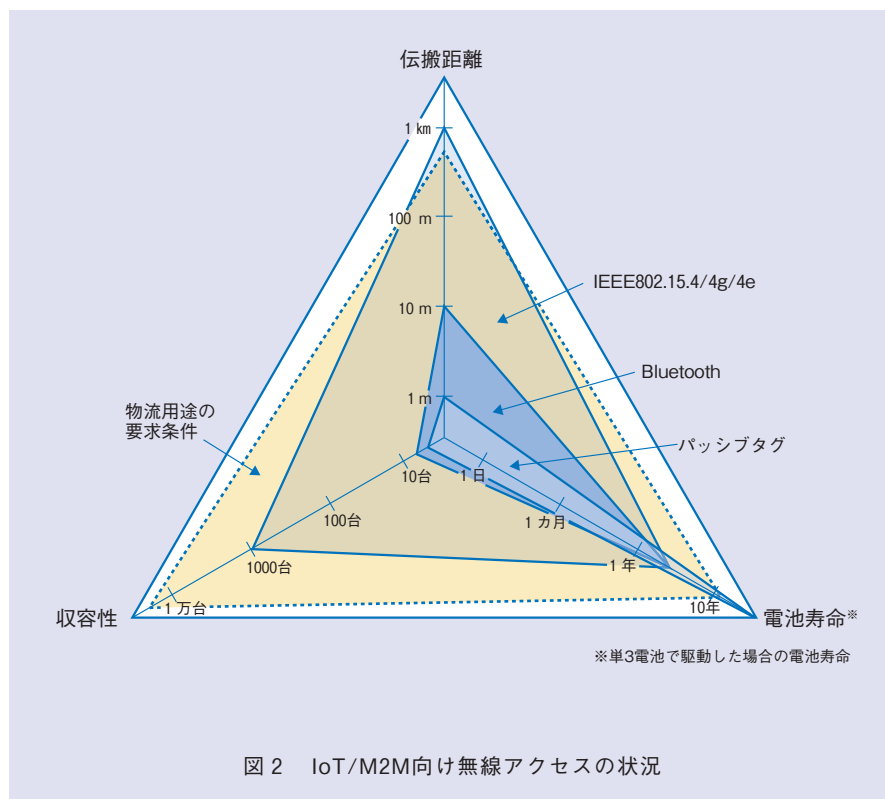


図2 IoT/M2M向け無線アクセスの状況

ンス番号，端末で管理している状態情報などを含むビーコン信号を送信しま

す。このビーコン信号の送信間隔を端末の状態によって制御しています。振

動状態では迅速に認識することが必要なのでビーコン信号の送信間隔を短くし，静止状態ではたくさんの端末を収容することが求められるのでビーコン信号を長く設定します。

さらに，移動状態と静止状態でビーコン信号を送信する周波数を分けています。これにより，静止状態としてたくさんの端末が収容されている状態であっても，移動状態の短い間隔で送信されるビーコン信号が干渉することなく，基地局で受信できるため，移動状態である端末を素早く認識することが可能になります。

端末で管理する状態として，今回は静止状態と振動センサで検知する移動状態の2つについて説明しましたが，搭載するセンサを変更・追加することで，さまざまな状態を管理することが可能であり，M2Mの多様な利用シーンに対し本技術の応用が可能です。例えば，温度センサにより温度状態を管理して平常時は定期的に情報を送信し，温度が一定値以上，または以下になった場合は素早く通知したり，水量センサにより水位を監視して水位が規定値を超えたら素早く通知することもセンサの変更とビーコン送信間隔を変更することで対応可能です。

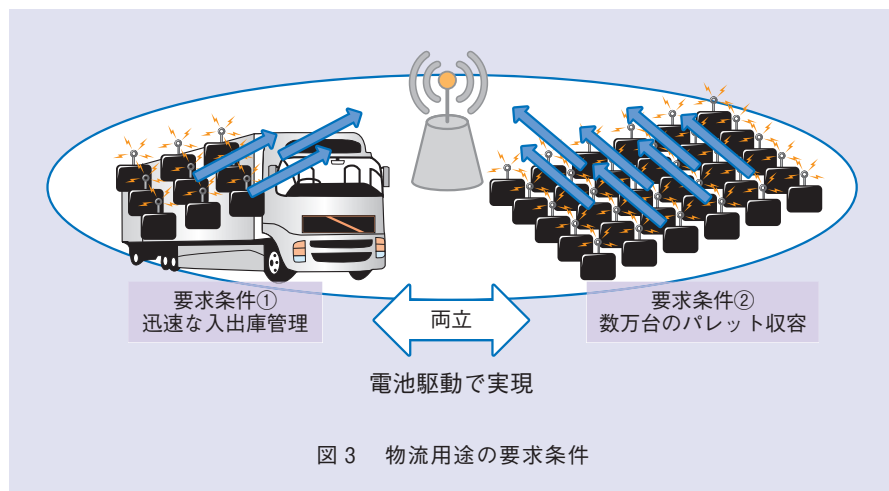


図3 物流用途の要求条件

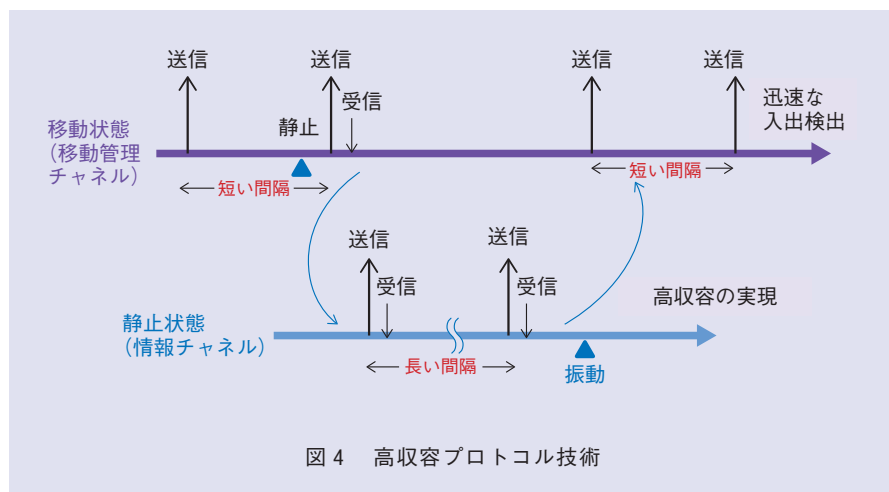


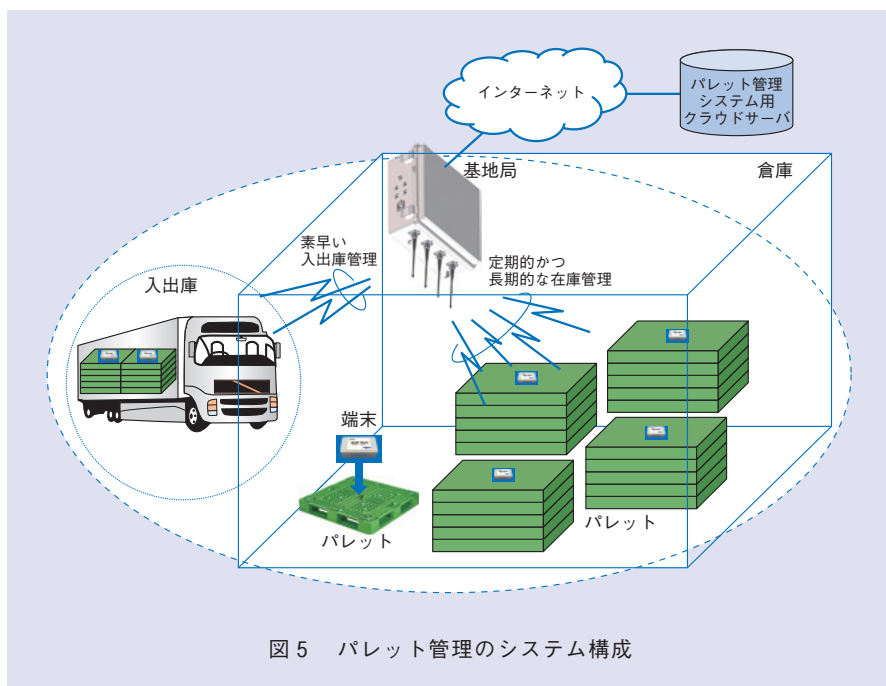
図4 高収容プロトコル技術

表 無線装置の主要諸元

項目	仕様
周波数	920 MHz帯
送信電力	20 mW
伝送速度	50 kbit/s
変調方式	FSK
装置寸法	基地局：280×280×130.5 mm 端末：130×40×25 mm
電源	基地局：AC電源 端末：電池

パレット管理システムへの実用化に向けた検証

高収容プロトコル技術を実装した無線装置の主要諸元を表に示します。無線装置の仕様は，920 MHz帯を用い，周波数帯域，送信電力およびその他の無線仕様はARIB標準規格のSTD-T108に準拠しています。さらに伝送速度，変調方式などはIEEE 802.15.4gの仕様準拠しています。基地局は複数の周波数と同時に対応する必要があるため，



参考文献

- (1) 総務省：“パーソナルデータの利用・流通に関する研究会報告書,” 2013.
- (2) http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/1-STD-T108v1_0.pdf
- (3) IEEE Std 802.15.4g-2012：“Part15.4-Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs),” April 2012.
- (4) IEEE Std 802.15.4e-2012：“Part15.4-Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs),” April 2012.
- (5) http://www.upr-net.co.jp/pdf/news_2014_0908_02.pdf
- (6) <http://www.ntt-electronics.com/new/information/2014/9/upr-rfid-smart-pallet.html>

複数の無線モジュールおよびアンテナを実装しています。端末は無線モジュール以外に内蔵アンテナ、振動センサ、電池等を搭載しており、パレットに実装可能なように、たばこと同程度のサイズで実現しています。

開発した無線装置を用いて、共同実験パートナーであるユーピーアール株式会社の倉庫においてパレット管理の検証を行いました。検証したパレット管理のシステム構成を図5に示します。いくつかの移動する端末はパレットに装着し、そのほかの端末は倉庫内に蔵置されていることを模擬し倉庫内に設置しました。基地局は倉庫内に設置して、倉庫内に置かれた端末やトラックの入出庫口を無線エリア化しています。基地局はパレット管理システム向けクラウドサーバと接続し、端末から送信される信号をクラウドサーバに転送して、端末と通信状態を確認しました。

今回の検証に用いたパラメータでは、

倉庫内に設置されている1万台以上の端末を収容できること、さらに移動状態ならば100 m程度離れた端末でも3分以内に100%読み取り可能であることを確認しました。静止状態でのビーコン送信間隔を広げることで1つの基地局において収容可能な端末数を増やすことが可能です。

2015年4月より、本技術を適用したパレット管理システムが、ユーピーアール株式会社において事業化されています^{(5), (6)}。

今後の展開

今後は、さらなる高収容化および低消費電力化を進めて、物流用途にとどまらず、収容台数や電池駆動で長期利用が望まれる用途、例えば移動体管理、家電トレーサビリティ、見守り等の多様なM2Mサービスへの展開を見据えて、研究開発を継続していきます。



(上段左から) 吉野 修一/ 原田 充/
鈴木 賢司

(下段左から) 望月 伸晃/ 清水 雅史/
水野 晃平/ 山岸 明洋

高収容プロトコル技術をIoT/M2M利用の先駆けとして、物流用途に適用しましたが、今後さらなるIoT/M2Mの普及を目指して収容台数や電池駆動で長期利用が望まれる用途への展開を見据え研究開発を継続します。

◆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 046-859-3054
FAX 046-859-3351
E-mail mochizuki.nobuaki@lab.ntt.co.jp