



セルラーIoTの標準化動向と展望



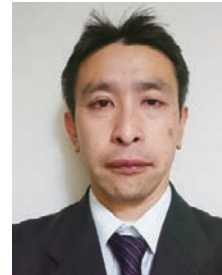
株式会社NTTドコモ
無線アクセス開発部
無線ネットワーク
制御担当

いそ がわ たかゆき
五十川 貴之



株式会社NTTドコモ
無線アクセス開発部
無線ネットワーク
制御担当

おおく ほ なおと
大久保 尚人



株式会社NTTドコモ
IoTビジネス部
サービス支援担当

ふじむら こうた
藤村 広太

1. はじめに

3GPP (Third Generation Partnership Project) では、LTEの無線高速大容量のニーズに応えることに加え、LPWA (Low Power Wide Area) の特徴を持ってセルラー網を活用するセルラー IoT (Internet of Things) の検討も実施されてきた。3GPPにおいて2016年3月に完成したRelease 13仕様では、LTEの要素技術をベースに①端末の低コスト化、②通信可能エリア拡張、③低消費電力を実現するための技術としてLTE-M、NB-IoTが規定された。本稿では、LTE-MとNB-IoTの技術的概要と、これらの技術の特徴を活かす形で検討が進んでいる利用シーンに関して解説をする。

2. Release 13におけるセルラー IoT技術

(1) LTE-M

LTE-Mでは、LTE帯域幅 (最大20MHz) の一部の帯域 (1.08MHz) のみを使用して通信を行う。この1.08MHzの帯域はLTE帯域幅内で稼働するが、LTE-M端末は当該帯域で送信される信号しか受信ができないため、広帯域で送信されるLTE信号は受信することができない。したがって、下りのデータチャネルと上りのデータチャネルは当該狭帯域内に限定して送信することとなり、LTE帯域幅全体に広がる制御チャネルはLTE-M用に新たに規定された。このように狭帯域に閉じた信号の送受信により、処理の簡略化が可能となるため、端末の低コスト化を実現している。電気・水道などのメーター情報を報告させるサービスモデル等のようにLTE-M端末が建物内部や鉄板の内側などに設置されることを想定すると、非常に弱電界の状況下でも正しく信号を送受信することがIoTには期待されている。そのため、同じ信号を繰り返し送受信することで、受信品質を高くして信号を疎通させる繰り返し送信機能が拡張された。これは、LTEでも類似の機能として繰り返し送信が既に導入されているが、LTEの機能では4回の固定送信であったことに比べ、LTE-Mでは最大2048回までの繰り返し送信まで

拡張されていることが違いである。この技術により、LTEと比べ約15dBの通信可能エリア拡張が実現できる。

(2) NB-IoT

LTE-Mよりもさらに端末の低コスト化を実現するために導入されたのが、NB-IoTである。LTE-Mの送受信帯域幅が1.08MHzであるのに対し、NB-IoTの送受信帯域幅はさらに狭帯域となる最大180kHzである。また、LTE-MではLTE帯域内でのみ運用が可能であったが、NB-IoTでは“①NB-IoTのみ存在する専用周波数 (Stand-alone Operation)、②LTE帯域幅内 (In-band Operation)、③LTE帯域のガード領域 (Guard-band Operation)” の3つのモードで運用できることが特徴である。NB-IoTではLTE-Mよりもさらに狭帯域化が進められ、全ての信号が新たに規定され、端末の低コスト化に貢献している。また、LTE-M同様に通信可能エリア拡張機能として繰り返し送信機能にも対応している。さらに、NB-IoTでは上りの送信帯域幅を最小3.75kHzに限定することも可能であり、通信速度は低下するものの、さらなる狭帯域化により電力を集中させることで受信品質を向上することが可能となる。変調方式では、ピーク電力対平均電力比 (PAPR: Peak-to-Average Power Ratio) の低減のために、従来のQPSK変調に位相回転を加えた $\pi/4$ -QPSK変調や $\pi/2$ -BPSK変調が規定され、変調信号の振幅が零点になることを回避するために位相回転を加えることで、振幅変動を抑えることができる。これらの技術により、LTE-Mより通信可能エリアの拡張が可能となり、LTEと比べ約20dBの通信可能エリアの拡張が実現できる。

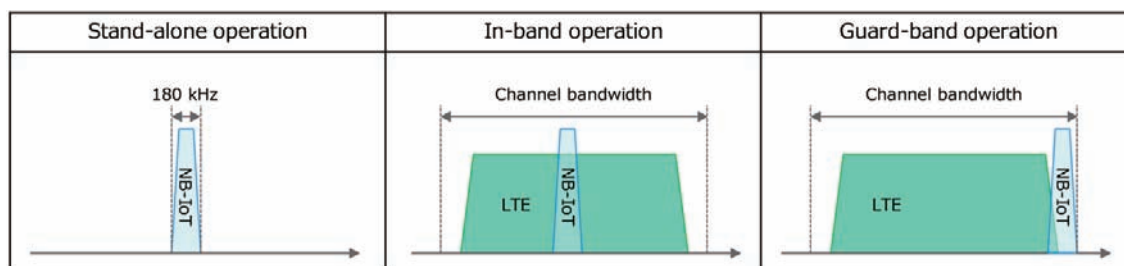
(3) eDRX

IoTのシナリオでは、10年以上のバッテリー駆動が望ましく、従来のLTEの消費電力と比べより高いバッテリーセービング効果を持つ技術が必要となる。この技術がeDRX (extended Discontinuous Reception) である。まず、DRXと呼ばれる間欠的な受信を行う技術がLTE導入当初 (2009年春に標準化完了) から規定されており、受信しない期間を設



■表. Release 13におけるセルラー IoT技術

	LTE-M (カテゴリM1)	NB IoT (カテゴリNB1)
LTEとの周波数共用運用	共用運用	共用運用: In-band Operation 非共用運用: Stand-alone Operation/ Guard-band Operation
最大送受信帯域幅	1.08 MHz	180 kHz
最小送受信帯域幅	180 kHz	DL: 180 kHz, UL: 3.75 kHz
変調方式	QPSK, 16QAM	DL: QPSK UL: pi/2-BPSK, pi/4-QPSK, QPSK
通信可能エリア	LTE+15 dB	LTE+20 dB
ピークレート	DL: 1 Mbps UL: 1 Mbps	DL: 約20 ~ 30 kbps UL: 約60 ~ 70 kbps
Duplex mode	Full duplex FDD / Half duplex FDD	Half duplex FDD
送信電力	20 / 23 dBm	20 / 23 dBm
ハンドオーバー	サポート	非サポート



■図1. NB-IoTの運用モード

けることで端末のスリープ状態期間を増やし、バッテリーセービング効果を高めることができる。eDRXは、このDRX技術を拡張する形で規定されており、スリープ状態期間をより長くすることが可能となる。具体的には、LTE/LTE-Mは43.96分ごと、NB-IoTは2.91時間ごとに受信データをモニタリングする設定が可能である。このeDRX技術をIoTと組み合わせることにより、IoT端末の低消費電力を実現することができる。

3. セルラー IoT技術適用による利用シーンの拡大

セルラー IoT技術の普及により、従来の技術では適応できなかった領域においても、セルラー回線を用いた利用シーンが増加している。これらの領域では、非ライセンスバンドを利用したLPWAの利用も注目を集めているが、既に十分にネットワークが構築されているセルラーのネットワークを使用できること（すなわち、新たにネットワークを構築する必要がないこと）及びシステムの要求条件にセンター側からの呼出し機能への対応が含まれていること等により、セルラー IoT技術が選択されるようになってきている。

セルラー IoTの技術を用いたユースケースとして注目されているケースの一つが、電気、ガス、水道等の検針である。検

針に使用されるメーターは、商用電源が確保できない環境に設置されることや、（既にエリア化されている住宅地等に設置されるとはいえ）金属枠内に収容されて無線環境としては劣悪な環境に設置されることも想定されている。したがって、省電力・カバレッジ拡張の特徴を持つセルラー IoTとの親和性が高いと期待されている。さらに、検針器自体が一定数存在するため、低価格で提供可能なセルラー IoT端末は、台数に比例してコストメリットも大きくなる。また、これらの検針システムにおいては、要求条件として、センター側からの問合せへの対応が含まれることも多い。一方で、セルラー IoT技術は既存LTEと比較して低スループットになるという制約に関しては、実際の検針データのデータ量は比較的少量であるため、デメリットとはならない。また、セルラー IoTにおける省電力技術においては、省電力性能とリアルタイム性がトレードオフの関係となるが、検針データに求められるリアルタイム性は限定的であることが多く、そのような意味でも検針系のユースケースはセルラー IoT技術の利用に非常に適したユースケースである。

同様の理由で、センサーデータによる遠隔監視系のユースケースにおいてもセルラー IoT技術の利用に適している場合が多い。例えば、河川の水位監視や、橋桁や水道管の保全



図2. セルラーIoTの想定ユースケース

監視等のために特定のセンサーを設置し、そのデータをセルラー回線によってデータセンター等に集約する。これにより、従来は実際の検査や、監視データの回収のために定期的に人員を現地に派遣することで行っていた監視業務を、遠隔で継続的に行うことが可能となり、業務の低コスト化と効率化が可能となる。また、農業においては、水位監視に加え、セルラー回線を用いた遠隔水位制御を加えたシステムの検討が進んでいる。これらのユースケースにおいても、データ量の送受信が限定的であり、リアルタイム性に対する要求条件が厳しくなく、電池駆動が見込まれているため、セルラーIoT技術利用に適している。さらに、既存のLTEよりも安価であることが見込まれているのも、期待を高める要因の一つである。(なお、同じ遠隔監視でも、映像を用いるケースや、音声など、一定のスループットや、リアルタイム性を要するユースケースについては、同じセルラー技術でも既存のLTE等を使用する方が適している。)

トラック系の用途もユースケースとして注目を集めている分野である。中国におけるレンタルサイクルへの搭載等が非常に有名だが、レンタル機器や、物流管理における所在確認等においては、電池駆動やエネルギーハーベスティング技術による動作が必要で、省電力性能が求められるため、この分野においてもセルラーIoTに対する期待が高い。また、ここまでは商業利用のケースばかり紹介してきたが、本分野においては、商業目的のみならず、コンシューマー向けの用途(所有物に対する所在確認、若年者、老年者に対するみまもり等)においても今後の続伸が期待される領域である。現状、この分野は、無料で使用できるBLEを利用した製品が主流となっているが、BLEよりも広い範囲での位置把握が要求される場合、既にエリア化が完了して

いるセルラー網の利用を選択することが多く、ペット用のトラッカーを筆頭にセルラーIoT技術への期待は高い。

これら以外にも、単純に端末価格が安価となる期待から、自販機の在庫管理等、既にセルラー化されているユースケースにおける置換は当然想定されるが、コストの観点から従来まではセルラーの通信機能を搭載していなかった物へのセルラー機能の追加や、さらに、従来では想定されていなかったようなユースケースの発出も期待できる。一例としては、IoT家電へのセルラー回線の搭載である。従来のIoT家電においては、無線LAN等の設定をエンドユーザ自らで設定する必要があったが、それらの設定作業を煩雑に感じるユーザが多かったことが普及の妨げになっていた部分があった。これをセルラー回線に置き換えることで、エンドユーザ側からは家電の接続の簡易化、家電メーカー側からはIoT家電の保守、保全の効率化や、発売後の機能追加等を容易にすることが期待されている。また、機器の使用量データをオンライン化することで得られたデータの保険料への反映等も進むと考えられる。(既に自動車保険業界では、走行距離や運転パターンなどのデータを取得し、それによって保険料を変動させる動きがあるが、それに類するケースとして健康/医療機器の利用頻度による医療/生命保険費用を変動させる、等)。

4. 今後の展望

Release 13以降、通信速度の高速化、無線容量の拡大、接続遅延の短縮、さらなる低消費電力に関する機能の導入及び5Gで導入される新方式との共存に向けた検討も進んでおり、セルラーIoTのさらなるユースケースの拡張が期待される。