

3GPP Release 16における 5G無線の高度化技術概要

ネットワークイノベーション研究所

ながた 永田 さとし 聡 はらだ 原田 ひろき 浩樹

移動機開発部

たけだ 武田 だいき 大樹†

無線アクセス開発部

たかはし 高橋 ひであき 秀明

3GPPにおいて、5G向けに、新たな無線アクセス技術であるNRの標準仕様およびLTEの高度化技術の標準仕様が、2018年6月にRel-15仕様として策定され、国内でも、NRを用いた5Gの商用サービスが、2020年3月から開始されている。3GPPでは、Rel-15仕様策定後もNRおよびLTEの拡張技術の検討が続けられ、2020年6月にRel-16仕様の策定を完了した。本稿では、Rel-16で完成したNRおよびLTEの仕様について概説する。

1. まえがき

3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release 15 (以下、Rel-15) の第5世代移動通信システム (5G) (NR (New Radio), LTE (Long Term Evolution)) の仕様策定では、モバイルブロードバンドの高度化 (eMBB: enhanced Mobile Broad-Band) 向けの無線技術が重点的に検討されたが、Rel-16の仕様策定では、eMBBのさらなる高度化に加えて、高信頼・低遅延通信 (URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communication) 向けの

高度化や、産業分野でのIoT (Internet of Things) を促進するIndustrial IoTといった新規事業を創出するための拡張技術が規定された。本稿では、これらのRel-16で仕様化された主な拡張技術と、その検討で考慮された背景を概説する。

2. Rel-16仕様における高度化 5G無線の方向性

図1は、3GPP Rel-16で仕様策定したNR, LTEの機能を、5Gの主な利用シナリオであるeMBB,

©2020 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

† 現在、R&D戦略部

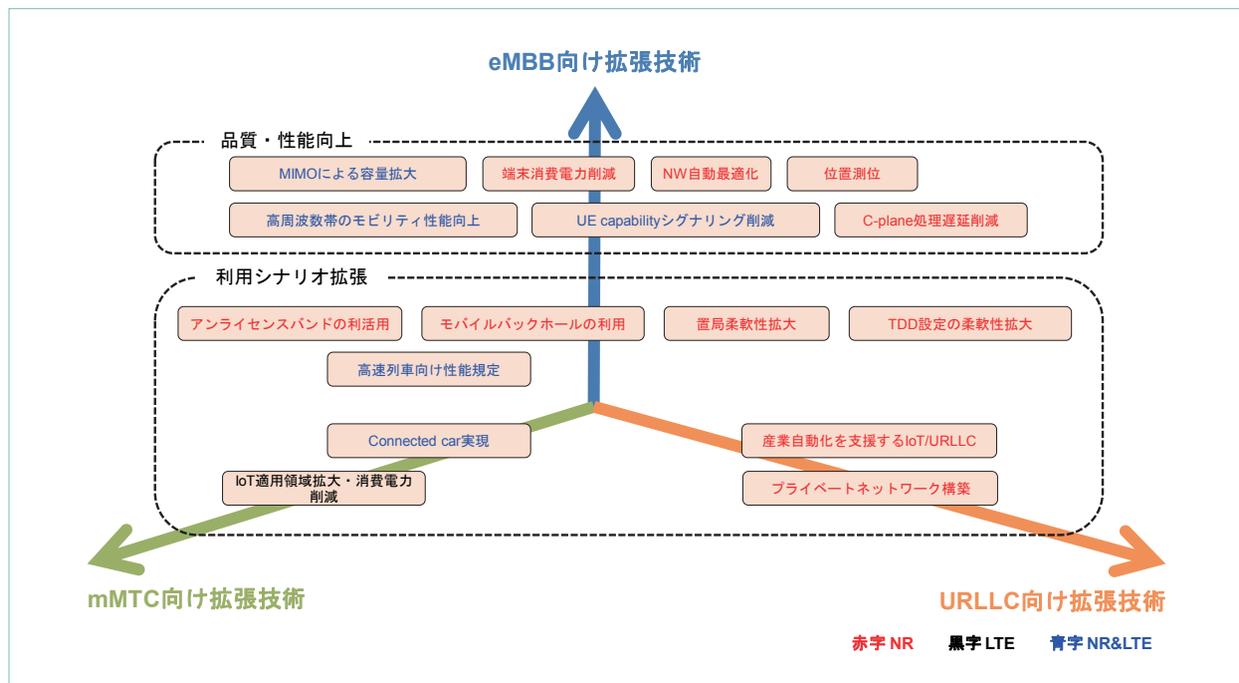


図1 Rel-16で仕様化したNRおよびLTEの主な機能

URLLC, 多数のマシン端末通信 (mMTC: massive Machine-Type Communications) ごとに分類している。

Rel-15と同様に, Rel-16でも多くのeMBB向けの機能があり, それらは, さらに品質・性能向上を目的とした機能, 利用シナリオ拡張を目的とした機能に分けられる。Rel-15で仕様策定したNRは, ノンスタンドアローン*1, およびスタンドアローン運用を実現するための基本機能に特化しており, 品質・性能向上を図る機能はさらなる検討が必要な状況であった。したがって, Rel-16でそれらの機能のうちのいくつかは, LTEでの仕様策定経験を基に規定された。同時に, アンライセンスバンド(後述)の利活用や, 置局の柔軟性を図るための拡張など, 利用シナリオを拡張し, 市場拡大を図るための機能も規定された。

一方で, URLLCやマシン端末通信向けの拡張は,

新規産業の開拓が主要な目的であり, さまざまなIndustrial IoTの利用シナリオを実現するための機能拡張が行われた。利用シナリオごとの主なRel-16機能を以下に概説する。

2.1 eMBB向け拡張技術

図1に示すとおり, eMBBの品質・性能向上を図るため, 7つの目的を満たす機能が規定された。また, eMBBの利用シナリオを拡張するためにも, 5つの目的を満たす機能が規定された。

(1) 品質・性能向上

(a) MIMO (Multiple Input Multiple Output)*2による容量拡大

Rel-15 NRにおけるMIMOでは, 複数アンテナパネルで構成されるアンテナアレー*3やアナログビームフォーミング*4を用いる高周波数帯

*1 ノンスタンドアローン: NR単独ではエリアを提供せず, LTEのエリアと組み合わせてサービスを提供する運用形態。

*2 MIMO: 複数の送受信アンテナを用いて信号の伝送を行い, 通信品質および周波数利用効率の向上を実現する信号伝送技術。

*3 アンテナアレー: 複数のアンテナ素子やアンテナパネルを並べて配置したアンテナ群。

*4 ビームフォーミング: 送受信信号に指向性をもたせることで, 特定方向の信号電力を増加/低下させる技術。複数のアンテナ素子(RF装置)の位相制御により指向性を形成するアナログビームフォーミングと, ベースバンド部において位相制御するデジタルビームフォーミングが存在する。

でのマルチビーム運用など、多数の新しい機能が規定されたが、そのさらなる拡張がRel-16において行われた。例えば、基地局側で複数のアンテナパネルあるいは送受信ポイントを用いてユーザ端末との通信を行う際、Rel-15ではそのような構成をユーザ端末が認識できない仕様となっており、地理的に離れたアンテナパネルあるいは送受信ポイントを用いた分散MIMO*5通信への適用は現実的ではなかった。そこでRel-16では、ユーザ端末が基地局側の複数のアンテナパネルあるいは送受信ポイントを認識し、それぞれに対して適切な設定を用いて同時に通信を行うための仕組みが規定され、分散MIMO通信による高次ランク利用での高速化や信頼性の向上が可能となっている。

(b)高周波数帯のモビリティ性能向上

Rel-15 NRにおいてハンドオーバー*6などの基本的なモビリティ機能が規定されたが、アナログビームフォーミングを用いる高周波数帯でのモビリティ機能には、ビームスイープ*7のための遅延などにより信頼性の観点で課題があった。また、安定した継続的な通信の実現のため、ハンドオーバーやSCG (Secondary Cell Group)*8切替処理などによって通信が途切れる時間 (interruption time) を短縮する要望があり、Rel-16では同一周波数および異周波数間のハンドオーバーやSCG切替を対象として、機能拡張が行われた。具体的には、従来は1つであったハンドオーバー先候補基地局をユーザ端末に複数設定することで、ハンドオーバーの失敗率を低減することや、ハンドオーバー先基地局とハンドオーバー元基地局の双方と同時にユーザ端末が通信を行うことで、通信が途切れる時間を削減することが可能となっている。

(c)端末消費電力削減

端末の電池持ち時間の改善は、ユーザの満足度向上において重要な要素の1つであり、Rel-15 NRではLTEでもサポートされているDRX (Discontinuous Reception)*9機能や新たに追加されたBWP (Bandwidth part) adaptation*10機能などが、端末消費電力削減のため規定された。

さらなる消費電力削減のためには、ユーザ端末がより細かくPDCCH (Physical Downlink Control CHannel)*11のモニタリング動作などを止めてスリープ状態に入れる機会を増やすことや、複数の処理を同時に行うことを避けることが有効である。一方でこのような消費電力を削減するための動作を行う際には、通常時よりも通信遅延が大きくなり達成可能なスループットも低下する。

そこでRel-16では、基地局からの指示に基づいてDRX時の周期的な受信動作や測定動作を適宜スキップしスリープを継続する仕組みや、高いスループットが必要な通信を行っていない時に最大MIMOレイヤ*12数を減らす指示を基地局が出して、ユーザ端末側の回路を一部オフにできる機能などが導入された。これにより、端末や提供サービスにより異なる要求条件に、柔軟に適応することができるようになっている。

(d)位置測位

位置測位機能は重要なアプリケーションの1つであるが、Rel-15 NRではセルID*13の報告に基づく測位などのみに機能が限られていた。そこでRel-16では、NR向けの位置測位に特化した機能の仕様化が行われた。具体的には、位置測位用の下りリンク参照信号*14としてPRS (Positioning Reference Signal) が規定されたほか、受信タイミング差 (Reference signal

*5 分散MIMO：複数の基地局から異なるMIMOストリームを1つの移動局に送信しMIMO伝送を行う技術。

*6 ハンドオーバー：移動端末が接続する基地局を切り替えること。

*7 ビームスイープ：基地局が使用可能なビームを順に切り替えながら同一の信号を送信し、エリア全体をカバーする技術。

*8 SCG：デュアルコネクティビティにおいて、端末と接続する2つの基地局のうち2つめの基地局との通信に用いられるセービングセルのグループのこと。

*9 DRX：端末の電力消費の低減を目的とした間欠受信制御。

*10 BWP adaptation：NRにおいてセービングセルと端末との通信に用いる帯域幅やサブキャリア間隔などの設定を動的に切り替える技術。高い通信速度が必要でないときは帯域幅を狭くするなどして消費電力の低減が可能。

*11 PDCCH：下りリンクにおける物理レイヤの制御チャンネル。

*12 MIMOレイヤ：MIMOにおいて、異なるアンテナを用いて同じ無線リソース上で異なる信号を空間多重する際の多重数。

*13 セルID：セルごとに付与される識別情報。

*14 参照信号：基地局から端末に設定される既知信号。

timing difference) に基づく測位, 受信信号電力 (Reference signal received power) *15 に基づく測位, 受信信号到来角 (Angle of arrival) *16 に基づく測位, 送受信時間差 (Rx-Tx time difference) に基づく測位など各種の測位方式が下りリンクおよび上りリンク向けそれぞれに規定された。通信事業者は置局シナリオや利用する周波数, 要求される測位精度などに応じて適切な測位方式を用いることができる。また, NRにおける測位機能のサポートにより, NRの特徴である広帯域やMassive MIMO *17 を活かしたLTEよりも高精度な測位が実現可能となる。

(e) UE capabilityのシグナリング量削減

5G向けの多様な要求を満たすべく, 多岐にわたる機能がNR向けに規定されたが, それに伴い端末が対応する機能 (UE capability) を示すシグナリング量が増加した。過去の3GPP Releaseにおいても, 本シグナリング量を低減する解決策が無線プロトコルで実現可能な範囲で導入されたが, シグナリング量が, 無線で伝送可能な1データユニット当りの最大バイト数に近づくことが現実的になりつつある中で, コアネットワーク *18 も含めたシステム全体で抜本的なシグナリング量の低減を図る解決策が必要とされた。抜本的な解決策として, UE capabilityをデータベースに登録し, データベース化されたUE capabilityに付与した識別子を用いて, 端末が対応する機能を特定する仕組みを策定した。

(f) C-plane *19 処理遅延削減

Rel-16では, C-plane遅延のさらなる削減を実現するための機能拡張も行われた。例えば, Rel-15 NRでは4つのメッセージ交換によって通信を確立する手順, すなわち4stepのRACH

(Random Access Channel) *20 手順が一般に用いられる。その手順を2stepに短縮し, C-planeの遅延を削減する2step RACHがRel-16 NRにおいて仕様化された。この機能は, LBT (Listen Before Talk) *21 方式を用いるアンライセンスバンド向けの利用シナリオで, 多段階のメッセージ交換によるオーバーヘッド *22 が懸念されたことを理由にRel-16で検討された機能であるが, ライセンスバンド向けの利用シナリオでもその有用性が認められ, NRの各利用シナリオでこの機能を利用できるように仕様策定された。

(g) ネットワーク自動最適化

端末側で観測された無線の品質をネットワークに報告し, ネットワーク側でユーザ端末から収集した品質情報を解析してエリア品質の自動最適化を図る機能 (MDT (Minimization of Drive Test) *23, SON (Self Organizing Networks) *24) がLTE向けに策定されていた。MDTやSONの機能を用いることで, 通信事業者は, 人的稼働を抑えて品質を向上できる。NR Rel-15仕様では, これらの機能に対応していなかったが, NRの商用サービスが本格化するRel-16のタイミングでNR向けにも仕様化すべきという声に応えるため, MDT, SONと同様の機能が新たに仕様化された。また, NRの特徴である, マルチビーム運用におけるビームごとの品質情報収集や, ノンスタンドアローン運用時の品質情報を取得する事もできるようになった。

(2) 利用シナリオ拡張

(a) アンライセンスバンドの利活用

3GPPでは, ネットワーク容量改善の需要に応えるため, 通信事業者へ免許された周波数帯 (ライセンスバンド) と, 無線局免許が不要な

*15 受信信号電力 (Reference signal received power) : 端末で測定される参照信号の受信電力。

*16 受信信号到来角 (Angle of arrival) : 送信機から送信された電波の, 受信機からみた到来方位角のことで, 一般的には2つ以上のアンテナで受信した電波の到達時間差により測定する。

*17 Massive MIMO : 非常に多数のアンテナを用いるMIMO伝送技術の総称。

*18 コアネットワーク : 交換機, 加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

*19 C-plane : 制御プレーン。通信の確立や切断などをするための制御信号を転送するためのプロトコル。

*20 RACH : 上り方向の共通チャンネルで, 制御情報およびユーザデータの送信に使用するチャンネル。各ユーザが独立に信号をランダムに送信することにより, 1つのチャンネルを複数ユーザで共通に使用する。

*21 LBT : 端末がデータを無線上で送信する前に, 他の端末がデータ送信を行っていないかを事前に確認する仕組み。

周波数帯（アンライセンスバンド）を、キャリアアグリゲーションにより束ねて利用するLAA（Licensed Assisted Access）^{*25}機能を、LTE向けにRel-13から仕様化していた。Rel-16ではNR向けのLAAに加え、NR単独でのアンライセンスバンド利用や、ライセンスバンドとアンライセンスバンドのDC（Dual Connectivity）など、LTE向けにはサポートされていないシナリオまでサポートしている。キャリアアグリゲーションではなくDCを用いることで、通信事業者は、アンライセンスバンド用の基地局を、ライセンスバンド用の基地局とは独立に置局することができる。アンライセンスバンドを単独利用する仕組みを用いると、ライセンスバンドを保有しない事業者も通信サービスを提供することができる。なお、アンライセンスバンドの対象周波数として、LTEでサポートされた5GHz帯に加え、6GHz帯もサポートされている。

(b) モバイルバックホールの利用

通常、NRの無線アクセスネットワーク^{*26}を拡張・高密度化していくためには、基地局の設置密度向上とともに、コアネットワークと接続するバックホールネットワーク^{*27}も同様に拡張・高密度化していく必要がある。Rel-16では、有線を用いたバックホールリンクではなく、NRに基づく無線を用いたバックホールリンクにより柔軟にネットワークを拡張・高密度化する技術としてIAB（Integrated Access and Backhaul）の仕様策定が行われた。IABノードはバックホールリンクおよびアクセスリンクの双方にNR通信を用いるリレーノードであり、親ノードとしてIABノードを収容する機能をもつ基地局あるいは別のIABノードと無線バックホールリンクで接続し、ユーザ端末や別のIAB

ノードを収容することができる [2]。IABノードは、NRスタンドアロン運用に加えて、DCを用いたノンスタンドアロン運用 [1] においても、基地局間のバックホール（X2^{*28}、Xn^{*29} IF）を無線で提供できる特長がある。また、IABノードは親ノードからの下りリンク信号およびアシスト情報の受信に基づき、TDD（Time Division Duplex）^{*30}システムの要求条件を満たすノード間のネットワーク同期を実現することができる。

(c) 置局柔軟性拡大

Rel-15 NRではEN-DC（E-UTRA - NR DC）^{*31}やNRスタンドアロン、NE-DC（NR - E-UTRA DC）の運用形態に加え、NR-DC（NR-NR DC）の運用形態も限定的ではあるが仕様化されていた。Rel-16では、Rel-15で仕様化されなかったMCG（Master Cell Group）とSCGとが非同期のNR-DCがサポートされ、例えばFDD（Frequency Division Duplex）^{*32}バンドとTDDバンドでのNR-DCが、バンド間同期を必要とせず実現可能となった。また、Rel-15で仕様化されなかったサブキャリア^{*33}間隔の異なるキャリア間のクロスキャリアスケジューリング^{*34}やAperiodic CSI-RS（Channel State Information - Reference Signal）トリガ^{*35}などのキャリアアグリゲーション向け機能拡張が行われたことにより、低周波数帯キャリアと高周波数帯キャリアのキャリアアグリゲーション時に、高周波数帯キャリアでのデータ送受信やビーム測定を信頼性の高い低周波数帯キャリアを用いて制御することが可能となっている。

(d) 高速列車向け性能規定

Rel-15までのLTE、NRの仕様においては、端末が時速300kmまでの速度下で通信を行うた

^{*22} オーバヘッド：ユーザデータの送受信を行うために必要な制御情報や、受信品質測定に必要な参照信号など、ユーザデータの送信以外に用いられる無線リソース。

^{*23} MDT：3GPPにて標準化されている。通信中の無線切断やハンドオーバーの失敗など、端末からネットワークに対して事象の発生した位置情報やその原因などを通知し、QoEを収集する技術。

^{*24} SON：eNB設置時の自動設定やパラメータの自動最適化などを含む、無線ネットワーク自己最適化機能の通称。

^{*25} LAA：端末が、ライセンスバンドで運用しているキャリアから設定情報を受けてアンライセンスバンドで無線通信を行う、無

線アクセス方式の総称。

^{*26} 無線アクセスネットワーク：コアネットワークと端末の間に位置する、無線レイヤの制御を行う基地局などで構成されるネットワーク。

^{*27} バックホールネットワーク：コアネットワークから無線基地局への接続回線を指す。

^{*28} X2：3GPPで定義されたeNB間のリファレンスポイント。

^{*29} Xn：3GPPで定義されたgNB間のリファレンスポイント。

^{*30} TDD：上りリンクと下りリンクで、同じキャリア周波数、周波数帯域を用いて時間スロットで分割して信号伝送を行う方式。

めの性能を担保していた。一方で、日本をはじめとした各国において、将来的に時速300kmを超える高速移動環境下でも安定して通信を提供できる事への需要が高まることを見込まれる。そこで、Rel-16仕様で、時速500kmまでの速度に対応する性能規定を行った。

(e) TDD設定の柔軟性拡大

従来、TDDでは、隣接セル間での干渉を避けるため、同一周波数を用いている隣接セル間で、上り通信用と下り通信用の時間方向のリソースに関して同じ上下比を用いるのが典型的な運用形態であった。一方で、上下トラフィックの特性は、場所により異なり、例えばスポーツスタジアムでは、動画や写真のアップロードが、他のエリアと比較して多く行われ、上りのトラフィックが多い傾向がある。したがって、エリアによるトラフィックの特性に合わせて、TDDの上下比をエリアごとに異なるように設定したいという要望があった。一方で、上下比の異なるTDDセル間の干渉を抑える必要があるため、端末側でセル間干渉を測定して、ネットワークに報告し、ネットワーク側で干渉を制御する仕組みを策定した。なお、標準仕様で策定された機能は、端末がTDDセル間干渉を測定し、報告する機能であり、ネットワーク側で干渉をどのように抑制するかは、実装依存になっている。

2.2 高信頼・低遅延通信向け拡張技術

(1) 産業自動化を支援するIoT/URLLC

Rel-15 NRでは基本的なURLLC機能として、低遅延化のためのTTI (Transmission Time Interval)^{*36}構成や信頼性向上のためのURLLC向けCQI (Channel Quality Indicator)^{*37}、MCS (Modulation and Cod-

ing Scheme)^{*38}テーブルがサポートされた。

Rel-16 NRでは、Rel-15で考慮されたAR (Augmented Reality) /VR (Virtual Reality) などに加え、Factory automationなど、99.999999%の信頼性や0.5~1ms以下の遅延などの要求条件を必要とするユースケースのため、URLLCおよびIndustrial IoT向け拡張が行われた。さらなる低遅延化に向けた拡張の一例としては、スロット^{*39}内でより柔軟に制御信号の送受信を行えるような設定や端末動作を規定したことが挙げられ、これによりRel-15よりも短い時間間隔で制御信号の送受信を行うことが可能となった。また、高信頼化に向けた拡張として、ペイロード^{*40}サイズを抑え信頼性を高めた下りリンク制御情報^{*41}フォーマットの導入やPDCP (Packet Data Convergence Protocol)^{*42}レイヤでのパケット重複送信制御の重複送信キャリア数拡張などが行われ、無線区間の通信信頼性をさらに向上させることが可能となった。

(2) プライベートネットワーク構築

産業自動化のための利用シナリオとして、工場内の機器や電車車両内、smart city向けのデバイスなど、閉域に閉じて特定の機器のみが接続できるネットワークを構築したいという需要が高まっている。3GPPでは、これらの需要に応えるため、既存の通信事業者や、新規事業者が、既存の携帯電話・スマートフォン向けの公衆ネットワークとは別の、独立したプライベートネットワークを構築できる仕組みを導入した。

2.3 多数接続向け拡張技術

(1) IoT適用領域拡大・消費電力削減

Rel-16 LTEでは、多数の端末接続を可能とする運用シナリオであるmMTCに関連して、LTEをベースとしたIoT端末向けの通信規格であるeMTC

*31 EN-DC：NRノンスタンドアロン運用のためのアーキテクチャ。LTE無線でRRC connectionを行い、追加の無線リソースとして加えてNRを用いる。

*32 FDD：上りリンクと下りリンクで、異なるキャリア周波数、周波数帯域を用いて信号伝送を行う方式。

*33 サブキャリア：OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) などのマルチキャリア伝送において信号を伝送する個々の搬送波。

*34 クロスキャリアスケジューリング：データの送受信を行うキャリアとは異なるキャリアからその指示を行う方法。

*35 Aperiodic CSI-RSトリガ：無線チャネルの状態を測定するための参照信号を周期的ではなく必要なタイミングでのみ送信する方法。

*36 TTI：トランスポートチャネルで伝送される1データ当りの伝送時間。

*37 CQI：端末で測定された下りリンクの伝搬路状況を表す受信品質指標。

*38 MCS：AMCを行う際にあらかじめ決めておくデータ変調方式とチャネル符号化率の組合せ。

(enhanced Machine Type Communication)^{*43}およびNB-IoT (Narrow Band Internet of Things)^{*44}向けの機能拡張が仕様化された。

Rel-16 LTEにおけるeMTC/NB-IoT機能拡張の多くは既存機能の拡張に関するものである。例えば、Rel-15で導入された、端末消費電力削減のためにページング信号^{*45}の検出をスキップさせる機能 (Wake-Up Signal) を、より細かなUEの単位ごとに指示できるように拡張することで、より効率的に端末消費電力が削減できるGroup Wake-Up Signalが仕様化された。また、再同期信号 (RSS: Resynchronization Signal)^{*46}をセル測定にも使えるようにするなど、セル測定動作をより充実させる機能拡張も仕様化されており、より高精度なeMTCのセル測定動作が可能となっている。その他にも、制御チャンネルのオーバヘッド削減技術やCE (Coverage Enhancement) モード^{*47}の機能拡充など、多様な既存機能の拡張がサポートされ、より幅広いIoT向けユースケースに対応できるようになっている。

またRel-16における新たな機能として、将来の運用で想定されるNRスタンドアローンとeMTC/NB-IoTの共存シナリオが議論された。具体的な機能としては、NRとの共存シナリオを意識した無線リソース^{*48}のスケジューリング機能が拡張されており、今後NRスタンドアローンの普及以降も、より効率的・柔軟にeMTC/NB-IoTの運用ができるような機能も追加されている。そのほか、事前のリソース割当て (PUR: Preconfigured Uplink Resource) によりIDLE状態^{*49}のまま直接上りデータの送信を可能とすることで、ほとんどの時間がIDLE状態であると考えられるIoT端末で上りデータ送信をより低遅延・低消費電力で実施する機能もサポートされるなど、単なる機能拡張だけではなく継続的な機能革新についても機能が拡充された。

(2)コネクテッドカーサービスの実現

3GPPではRel-14よりLTEに基づくsidelink^{*50}を用いたV2X (Vehicle to Everything)^{*51}が仕様化され、Rel-15ではさらにsidelinkでのキャリアアグリゲーション、高次多値変調^{*52}、遅延低減などの新機能が追加された。Rel-16で仕様化されたNR sidelinkは、基本的なV2XサービスをカバーできるLTE sidelinkを置き換えるものではなく、それを補完するものとしてより低遅延、高信頼、大容量、広カバレッジなどが要求される高度なV2Xサービスをターゲットとしている。Rel-16ではNR sidelinkの各種物理チャネル^{*53}やリソース割当てが規定されたほか、HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)^{*54}フィードバック、CSIフィードバックなどの基本機能や、LTEとNRの連携としてRAT (Radio Access Technology) をまたがるsidelink向けリソース設定機能がサポートされた。NR sidelink機能については、Rel-17以降でリレー機能、測位機能などの機能拡張がさらに検討される予定である。

3. あとがき

本稿では、3GPP Rel-16仕様で策定された5G無線の拡張技術を概説した。本稿で紹介したeMBB向け拡張技術の一部、産業自動化を支援するIoT/URLLC、および高速列車向けの性能規定については、本特集別記事でより詳細に解説しているのをご参照いただきたい [2]~[4]。3GPPでは、2020年8月から、5G無線のさらなる高度化を図るRel-17仕様の作成を開始している。ドコモは、3GPPにおける5G標準化推進に寄与しており、今後も5G標準化のさらなる発展に貢献していく。

*39 スロット：データのスケジューリング単位。複数のOFDMシンボルから構成される。

*40 ペイロード：通信データのうち、ヘッダなどを除いた本来通信したいデータ本体。

*41 下りリンク制御情報：各ユーザがデータを復調するために必要なスケジューリング情報、データ変調、およびチャネル符号化率の情報などを含む下りリンクで送信する制御情報のこと。

*42 PDCP：レイヤ2におけるサブレイヤの1つで、秘匿、正当性確認、順序整理、ヘッダ圧縮などを行うプロトコル。

*43 eMTC：狭い周波数帯を用いてIoT (センサなど) 向けに低速

データ通信を行う端末用LTE通信仕様。

*44 NB-IoT：eMTCよりもさらに狭い周波数帯を用いてIoT (センサなど) 向けに低速データ通信を行う端末用LTE通信仕様。

*45 ページング信号：待受状態の移動端末に、着信あるいはネットワーク情報更新を通知する無線信号。

*46 再同期信号 (RSS)：既存の同期信号とは別にセル再同期用の信号を送信することで端末がセル再同期に要する時間や消費電力を削減する機能。

*47 CEモード：移動機の状態の1つで、カバレッジを拡大するために繰り返し送信された信号を受信する状態。

文 献

- [1] 巳之口, ほか: “3GPPにおける5G標準化動向,” 本誌, Vol.25, No.3, pp.6-12, Oct. 2017.
- [2] 松村, ほか: “モバイルブロードバンド向けの5G高度化技術,” 本誌, Vol.28, No.3, pp.82-95, Oct. 2020.
- [3] 青柳, ほか: “産業創出・ソリューション協創に向けた5G高度化技術,” 本誌, Vol.28, No.3, pp.65-81, Oct. 2020.
- [4] 高田, ほか: “LTE/NRにおける高速移動環境下での性能向上技術,” 本誌, Vol.28, No.3, pp.96-100, Oct. 2020.

-
- *48 無線リソース: ユーザごとに通信のため割り当てられる時間および周波数.
- *49 IDLE状態: 移動端末と無線ネットワーク間のリソースが解放された状態.
- *50 sidelink: 基地局を介さず端末間で行われる通信のリンク.
- *51 V2X: 車車間の直接通信 (V2V: Vehicle to Vehicle), 車と路側機 (道路脇に設置されている無線通信設備) 間の直接通信 (V2I: Vehicle to Infrastructure), 車両と歩行者間の直接通信 (V2P: Vehicle to Pedestrian), LTEや5Gなどのセルラ網を経由して通信する広域通信 (基地局経由通信, V2N: Vehicle to Network) などの総称.

- *52 多値変調: 1つの信号に2ビット以上の情報を含める変調方式, QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や16QAM (16Quadrature Amplitude Modulation) などの種類がある.
- *53 物理チャンネル: 無線インタフェースにおいて, 周波数, 時間などの物理リソースによって分けられるチャンネル.
- *54 HARQ: 自動再送要求 (ARQ) と誤り訂正符号を組み合わせることにより, 再送時に誤り訂正能力を向上させ再送回数を低減させる技術. 基地局より再送されたデータと過去に受信したデータを合成することにより, 受信品質の向上と効率の良い伝送を実現するパケット再送方法.