

3GPP Release 15標準化技術概要

5Gイノベーション推進室

ながた 永田 さとし 聡 たけだ 武田 かずあき 和晃

無線アクセス開発部

うめだ 梅田 ひろまさ 大將 たかはし 高橋 ひであき 秀明

ネットワーク開発部

あおやぎ 青柳 けんいちろう 健一郎

3GPPにおいて、5Gの商用化に向けたRANおよびCNの詳細仕様の検討（Work Item）が進められ、2017年12月にLTE、NRのエリアと組み合わせてサービスを提供するノンスタンドアローン向けの仕様が完成した。また、2018年6月にNR単独でエリアを提供するスタンドアローン向けの仕様とともに、LTE/LTE-Advancedの高度化仕様を含めたRelease 15の標準化が完成した。本稿では、3GPPのRelease 15で完成したNRおよびLTE仕様について概説する。

1. まえがき

国際的な移動通信システムの標準化団体である3GPP（3rd Generation Partnership Project）において、第5世代移動通信システム（5G）の初版仕様が含まれるRelease 15の策定を2018年6月に完了した。本仕様では、5G向けのユースケース・要求条件を満たすべく、従来のLTE/LTE-Advancedと後

方互換性の無い新しい無線通信方式（NR：New Radio）や、新しいコアネットワーク（5GC：5G Core Network）の規格が策定された。同時に、LTE/LTE-Advancedの機能拡張・高性能化を図る仕様策定も、継続して行われた。本稿では、これらのRelease 15で仕様化された無線、コアネットワークの主要機能とともに、その検討で考慮された背景を概説する。

©2018 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

2. Release 15仕様の機能概要

3GPP Release 15では、NRおよび5GC向けの新規仕様や、LTE/LTE-Advanced向けの拡張仕様として、従来の移動通信技術に求められていた高速・大容量（eMBB：enhanced Mobile BroadBand）を達成する技術に加えて、高信頼・低遅延通信（URLLC：Ultra-Reliable and Low Latency Communications）を実現する技術の検討が精力的に行われた。さらに、LTE/LTE-Advanced向けには、IoT（Internet of Things）端末を多数収容する（mMTC：massive Machine Type Communications）ための技術の拡張も行われた。図1は、これら3つの利用シナリオに対して仕様策定されたNR，5GC，およびLTE/LTE-Advanced向けの機能を示している。

3. Release 15仕様で策定された新たな無線アクセス機能

3.1 NR向けに規定された機能

NRに対しては、eMBBをノンスタンドアローン^{*1}運用、およびスタンドアローン^{*2}運用で提供する技術が規定された [1]。ノンスタンドアローン運用を提供する主な技術にLTEとNRのDual Connectivity^{*3}がある。また、NRでURLLCを提供する技術も規定された。

(1) eMBB向け機能

eMBBを実現するNRの主な特徴として、(a)高周波数・超広帯域伝送、(b)Massive MIMO（Massive Multiple Input Multiple Output）^{*4}伝送、および(c)柔軟なフレーム^{*5}構成・物理チャネル^{*6}構成が挙げ

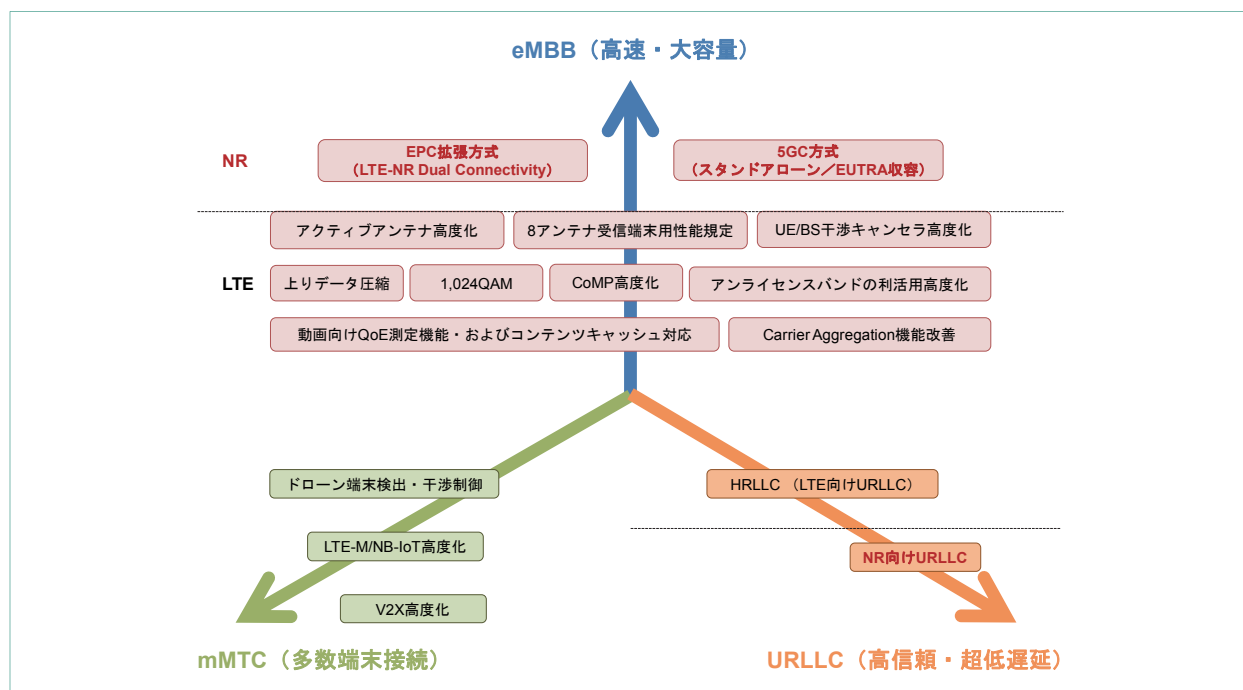


図1 Release 15で仕様化したNRおよび5GC，LTE/LTE-Advanced向けの主な機能

- *1 ノンスタンドアローン：端末が複数の無線技術を経由して移動通信網に接続する形態。
- *2 スタンドアローン：端末が単独の無線技術を用いて移動通信網に接続する形態。
- *3 Dual Connectivity：マスターとセカンダリの2つの基地局に接続し、それらの基地局でサポートされる複数のコンポーネントキャリアを用いて送受信することで、広帯域化を実現する技術。

- *4 Massive MIMO：送信と受信にそれぞれ複数素子のアンテナを用いることで無線信号を空間的に多重して伝送するMIMO伝送方式において、より多くのアンテナ素子で構成される超多素子アンテナの採用により、高周波数帯使用時の電波伝搬損失補償を可能とする鋭い電波ビームの形成や、より多くのストリームの同時伝送を実現する技術。これらにより、所望のサービスエリアを確保しつつ、高速なデータ通信を実現する。
- *5 フレーム：エンコーダ・デコーダが動作する周期、およびそれに対応する長さのデータ信号。
- *6 物理チャネル：周波数、時間などの物理リソース上にマッピングされ、制御情報や上位レイヤのデータを伝送するチャネルの総称。

られる。以降でこれらの特徴を解説する。

(a)高周波数・超広帯域伝送

Release 15のNRにおいては、52.6GHzまでの高周波数帯を想定し、450～6,000MHzをFR1 (Frequency Range 1)、24,250～52,600MHzをFR2として無線性能が規定されている。FR1ではLTE/LTE-Advancedと同様、有線試験を前提にした仕様になっているが、FR2では、すべてOTA (Over The Air)^{*7}を前提にした仕様となっている [2]。また、超高速、広帯域伝送を実現するために、FR1では、1CC (Component Carrier)^{*8}当り最大100MHz、FR2では、1CC当り最大400MHzのチャンネル帯域幅が規定されている。さらに、物理レイヤ^{*9}仕様において最大16のNR CCを束ねて超高速伝送を実現するCA (Carrier Aggregation)^{*10}やDual Connectivityがサポートされている。NRでは、このように幅広いチャンネル帯域幅や、非常に高周波数帯までを対象としている点がLTE/LTE-Advancedと大きく異なる。

またNRでは、15, 30, 60, および120kHzの複数のOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)^{*11}サブキャリア^{*12}間隔をデータ送受信向けにサポートしている。これは、一般にOFDMサブキャリア間隔が共通の場合には、高周波数帯においては、低周波数帯と比較してマルチパスフェージング^{*13}や位相雑音^{*14}への耐性などが、大きく劣化するためである。

さらに、マルチアクセス^{*15}方式としては、MIMO技術との親和性や周波数選択性フェージング^{*16}への耐性が高いOFDMベースの技術が採用されている。具体的には、上下リンクともにOFDMがサポートされている。さらに、

上りではOFDMに加えてカバレッジ確保のためにPAPR (Peak-to-Average Power ratio)^{*17}の低いDFT-spread OFDM (Discrete Fourier Transform-spread OFDM)^{*18}が、シングルストリーム伝送時に限定してサポートされている。

(b)Massive MIMO伝送

Release 15の物理レイヤ仕様では、高周波数帯において基地局で最大256、端末で最大32のアンテナ素子を用いたMassive MIMO伝送を想定した参照信号構成、ビーム制御などの要素技術が規定されている。高速、大容量通信を実現するために、下りで最大8レイヤのシングルユーザMIMO^{*19}伝送、最大12レイヤのマルチユーザMIMO^{*20}伝送、上りで最大4レイヤのシングルユーザMIMO伝送が可能である。

通常、高周波数帯では、伝搬損失^{*21}によるカバレッジの減少を補うために、ビームフォーミング^{*22}技術が重要となる。LTE/LTE-Advancedでは高周波数帯の利用を想定していないため、デジタル領域でビームフォーミングを生成するデジタルビームフォーミングの実装が前提となっていたが、高周波数帯のMassive MIMOでは実装が困難となるため、デジタルビームフォーミングとアナログビームフォーミングの併用である、ハイブリッドビームフォーミングの実装が前提となっている。その結果NRでは、初期アクセス、スケジューリング、HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)^{*23}再送などの主要機能は、これまでの低周波数帯のデジタルビームフォーミングに加えて、新たに高周波数帯のハイブリッドビームフォーミングを考慮した標準仕様となっている [2]。

*7 OTA：電波伝搬空間上に規定点や測定点を設け、アンテナの放射／受信特性も含め無線性能を規定する方法、およびそれらを測定する方法。

*8 CC：キャリアアグリゲーションにおいて束ねられるキャリアを表す用語。

*9 物理レイヤ：OSI参照モデルの第一層。例えば、物理レイヤ仕様とは、ビット伝送に関わる無線インタフェース仕様のことを指し示す。

*10 CA：複数のキャリアを用いて同時に送受信することにより広帯域化を行い、高速伝送を実現する技術。

*11 OFDM：デジタル変調方式の1つで、情報を複数の直交する搬送波に分割して並列伝送する方式。高い周波数利用効率での伝送が可能。

*12 サブキャリア：OFDM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。

*13 マルチパスフェージング：電波が地形や建物によって反射や回折を繰り返し、複数の電波となって受信機に到達する現象。

*14 位相雑音：局部発振信号における搬送周波数以外の周波数成分によって発生する位相変動。

*15 マルチアクセス：無線システム内において、複数の端末が通信を行う際、各端末に対して複数の無線チャネルのうち、空き状態にあるチャネルを割り当てて通信を行う方法を指す。

*16 周波数選択性フェージング：建物などに反射して異なる経路で到来する信号（電波）が受信されることにより、受信信号の周波数軸上における受信レベルが一様でなくなることを指す。

(c)柔軟なフレーム構成・物理チャネル構成

前述の通り、NRでは複数のサブキャリア間隔がサポートされており、周波数方向に広いサブキャリア間隔では時間方向であるOFDMシンボル^{*24}長が短くなる。例えば、120kHzのサブキャリア間隔では、LTE/LTE-Advancedの15kHzのサブキャリア間隔と比較して、OFDMシンボル長は1/8となる。このように広いサブキャリア間隔を用いることで、低遅延伝送が可能となる。さらに、制御、データチャネルの割当て単位を構成するOFDMシンボル数を柔軟に変えることができる[2]。また、フレーム構成においては、上下リンクのトラフィック比に応じて、上下リンクのスロット比を柔軟に切り替えることができる。

(2)URLLC向け機能

URLLCは、自動運転車、産業用ロボット、遠隔医療などIoTの一種ではあるが、高いリアルタイム性や信頼性が要求とされるミッションクリティカルサービス^{*25}をサポート／アシストする利用シナリオとなっている。低遅延機能については、前述の通り、広いサブキャリア間隔を適用する、あるいはデータ割当てに用いるOFDMシンボル数を減らすことで実現できる。一方、高信頼性の実現に向けては、eMBBよりも低い符号化率をサポートできるよう、CQI (Channel Quality Indicator)^{*26}、MCS (Modulation and Coding Scheme)^{*27}テーブルをURLLC向けに新たに規定している。

3.2 LTE/LTE-Advanced向けに規定された機能

Release 15では、eMBBを実現するLTE/LTE-Advancedの拡張技術を、従来の仕様から策定を継

続しつつ、周波数利用効率の向上を図る1024QAM (Quadrature Amplitude Modulation)^{*28}の対応、アクティブアンテナシステム^{*29}向けのOTA規定の拡充や、アンライセンスバンドを利活用する技術の拡張などが規定された。

(1)周波数利用効率向上を図るeMBB向け技術

周波数利用効率向上を図るLTE/LTE-Advancedの拡張技術を以下で解説する。

①1,024QAMのサポート

さらなる高速化に向けて、1,024QAM、およびDM-RS (DeModulation Reference Signal)^{*30}オーバーヘッド^{*31}低減が仕様化された。

②CoMP (Coordinated Multi-Point transmission/reception)^{*32}高度化

2つの基地局でお互いのCSI (Channel State Information)^{*33}情報を知ることなく、異なるデータ系列をそれぞれの基地局から送信するNon-coherent joint transmissionがサポートされた。これに伴い、QCL、下り制御情報、およびCSIフィードバック機能が拡張された。

③8アンテナ受信端末用性能規定

端末での8アンテナ受信によるセルカパレッジの拡張、並びに下り8レイヤ利用による最大伝送速度向上を実現する無線性能が規定された。

④アクティブアンテナシステム向けのOTA規定の拡充

Release 13では、基本的に有線試験を前提にアクティブアンテナシステムの無線性能が規定されていた (EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power)^{*34}とEIS (Equivalent Isotropic Sensitivity)^{*35}の2項目のみOTA規定化) が、Release 15ではOTAにて規定することにより、アンテナ部を含めたエンドツーエンドの性能担

*17 PAPR：最大電力と平均電力の比。これが大きいと、信号歪みを避けるために送信側のパワーアンプのバックオフを大きくする必要があり、特に移動端末において問題となる。

*18 DFT-spread OFDM：デジタル変調方式の1つ。1ユーザの信号に対して、OFDM変調を行う前にDFTプリコーダーを乗算することでPAPRを抑えることができる。

*19 シングルユーザMIMO：同一時間周波数において、単一ユーザに対してMIMO伝送を行う技術。

*20 マルチユーザMIMO：複数のユーザに対する信号を同一時間・周波数においてMIMOを用いて伝送する技術。

*21 伝搬損失：送信局から放射された電波の電力が受信点に到達するまでに減衰する量。

*22 ビームフォーミング：複数のアンテナそれぞれの振幅および位相の制御によってアンテナ全体に対して指向性パターンを形成し、特定方向に対するアンテナ利得を増加／減少させる技術。

*23 HARQ：誤り訂正符号と再送を併用して、受信した信号の誤りを補償する技術。

*24 OFDMシンボル：伝送するデータの単位であり、OFDMの場合は複数のサブキャリアから構成される。各シンボルの先頭にはCPが挿入される。

*25 ミッションクリティカルサービス：3GPP移動通信網にて規定された、主に警察、消防などの公共安全機関向けに提供される通信サービス。

保を可能にする仕様が導入された。本規定が行われることで、アンテナコネクタを具備していないアクティブアンテナシステムに対して3GPP仕様にに基づく性能担保を求めることが可能となる。このような構成の装置では、装置内での電力損失が低減され、複数の送受信機とアンテナを高密度に実装できることで、より鋭いビーム形成（高い利得）が可能となり、高周波数帯による電波伝搬損失の増大を補うことが可能である。

⑤各種干渉低減技術

他セル干渉を除去し、ユーザスループット向上を図るLTE/LTE-Advancedの拡張機能が、いくつか規定された。まず、データトラフィック量が少ない時間帯・エリアでは基地局のCRS (Cell-specific Reference Signal) *36の送信量を減らし、CRSによる干渉低減、および基地局の消費電力を低減する機能が規定された。基地局向けには、上り受信の干渉キャンセラ *37の性能も規定された。また、IoT端末のように、受信アンテナを1つのみ搭載する低コスト端末向けの干渉低減技術の性能も規定された。

(2)その他eMBB向け技術

周波数利用効率向上を図る技術以外にも、LTE/LTE-Advancedネットワークの運用経験を踏まえた機能改善が行われた。以下で主な技術を解説する。

①アンライセンスバンドの利活用高度化

Release 13, 14で仕様化された、LAA (Licensed Assisted Access) *38の上りリンク機能が拡張された。具体的には、上りデータ送信の開始シンボルと完了シンボル位置をより柔軟に変えることが可能となった。また、端末が自律的に上りリンク送信を開始できる、Autonomous

UL送信がサポートされた。

②CA機能改善

従来のCAでは、SCell (Secondary Cell) *39を設定するまでの間、以下の端末処理に遅延を要していた。

- ・SCell候補の測定キャリア数に応じて、候補キャリアの品質測定時間が長くなる。
- ・SCellで通信を開始する際、RF (Radio Frequency) 回路を起動するまでに数十ミリ秒かかる。

これらの課題を解決するため、端末がIdle状態の時に、SCellの候補となるセルの無線品質を測定する仕組み、およびSCellでの通信開始前に、SCellのRF回路を起動した状態でSCellを設定するdormant SCell stateという新しい状態を規定した。

③上りデータ圧縮

TDD (Time Division Duplex) *40において、下りに比重をおく上下比が一般的に用いられており、上り送信に使える無線リソースには限りがある。限られた無線リソースで効率的に上りユーザデータを伝送するため、IPより上位のパケット (IP, UDP (User Datagram Protocol) *41, RTP (Real-time Transport Protocol) *42など) のヘッダを圧縮するUDC (Uplink Data Compression) の仕組みを規定した。圧縮のアルゴリズムは、IETF (Internet Engineering Task Force) *43で標準化されたDEFLATE *44を採用し、PDCP (Packet Data Convergence Protocol) *45レイヤでヘッダ圧縮を行う。

④動画向けQoE測定機能・コンテンツキャッシュ対応

近年のスマートフォンにおける動画視聴サー

*26 CQI：移動局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。

*27 MCS：適用変調を行う際にあらかじめ決めておく変調方式と符号化率の組合せ。

*28 QAM：変調方式の1つであり、振幅と位相の双方を利用して変調する方式。定義されるパターン数に応じて16QAM, 64QAMなどの種類がある。

*29 アクティブアンテナシステム：従来独立していたアンテナ素子と無線装置を一体化したシステム。一体化することで、従来型と比較して高効率なシステムを提供可能となる。

*30 DM-RS：データ復調に用いるフェージングチャネルを推定するためのユーザ個別の、基地局と移動局で既知の参照信号（パイ

ロット信号）のこと。

*31 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。

*32 CoMP：ある端末に対して、複数のセクタあるいはセルと信号の送受信を行う技術。複数のセルが協調して送受信を行うことにより、他セル干渉低減および所望信号電力の増大を実現する。

*33 CSI：信号が経由した無線チャネルの状態を表す情報。

*34 EIRP：電波放射空間上に設けられた規定点における送信電力。

*35 EIS：電波受信空間上に設けられた規定点における受信電力。

*36 CRS：下りリンクの受信品質測定などに用いられる各セル固有の参照信号。

ビスの高まりに応じて、移動通信環境での動画の品質、QoE (Quality of Experience) を向上することがオペレータの課題の1つとなっている。実ネットワークでQoEを測定するため、MDT (Minimization of Drive Test)^{*46}の仕組みを用いて、ネットワークがQoEの測定結果を端末から収集する仕組みを規定した。同時に、動画のコンテンツキャッシュサーバを基地局の近くに設置することで、動画のダウンロード遅延を低減する仕組みも検討された。この仕組みではコンテンツサーバからデータをダウンロードする場合、端末は、EPC (Evolved Packet Core)^{*47}を経由せず、基地局経由で直接コンテンツサーバと通信を行う。

(3)mMTC向け技術

昨今高まっているIoTへの市場の期待に応えるべく、3GPPにおいても、マシンコム通信、車間通信向けの技術を策定してきた。Release 15ではそれらの高機能化が実施され、ドローン、URLLC向け仕様の高機能化が規定された。

①ドローン端末検出・干渉制御

ドローンを用いたサービスの普及に伴い、移動通信システム上でもドローン端末へ広域なエリアでの通信を提供することの需要が高まっている。市場の期待に応えるため、3GPPでもLTE/LTE-Advancedによるドローン端末への通信提供の実現性を検討し、既存仕様においても、ドローン端末への通信を提供するために必要十分な機能を有しているとの結果が得られた。

一方で、上空を飛行するドローン端末から基地局への上り方向の干渉が増加する課題も発見された。また、ドローン端末が上空を飛行するためには、免許を必要とする国・地域も存在す

るため、免許を取得したドローン端末か否かをいかにネットワークで判定できるかという課題も検討された。

上り方向の干渉の課題に対しては、端末個別にオープンループ^{*48}の送信電力制御のパラメータを変更することとし、基地局からの伝搬損失が小さくても、target SIR (Signal to Interference Ratio)^{*49}を抑えるようなパラメータに設定することで、ドローン端末からの送信電力を抑える仕組みを規定した。

免許を取得したドローン端末か否かに関しては、ネットワーク内のHSS (Home Subscriber Service)^{*50}と連携し、契約情報から判定する仕組みを規定した。

②LTE-M^{*51}/NB (NarrowBand) -IoT^{*52}高度化

Release 15では、LTEネットワークを介したIoT端末向けに、TDDのサポートや低消費電力化に関する機能拡張が行われた。

(a)Idleモード時の低消費電力化技術 (Wake-up signal)

Idleモード時の低消費電力化に向けて、Wake-up signalが新たに仕様化された。通常、Idleモードの端末は、周期的に下り制御チャネルの復調を試みてページング^{*53}情報を取得するが、ページング情報の有無は復調するまで分からないため、周期的に下り制御チャネルを復調しようとし、端末の消費電力が増大してしまう。そこで、Release 15では、Wake-up signalの簡易な検出処理で、ページング情報の有無を判断することができる仕様となり、端末の低消費電力化が期待できる。

(b)小パケット通信の低遅延化

スマートメータなどのユースケースでは、比

^{*37} 干渉キャンセラ：複数の信号が合成された受信信号から1つずつ信号を検出、キャンセルしながら信号分離を行う方法。MMSEによる検出法よりも高い性能を有する。

^{*38} LAA：端末が、ライセンスバンドで運用しているLTE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。

^{*39} SCell：CAにおいて複数用いるキャリアの中で、PCellでないキャリアの総称。セカンダリセルとも呼ばれる。

^{*40} TDD：下りリンクと上りリンクの通信を時間で区切り、送信と受信を切り替えながら通信を行う方式。

^{*41} UDP：インターネットで標準的に利用されるIPの上位プロトコル。TCPとは異なり、サーバと端末との間で通信が確立してい

るかを確認する機能あるいは送信先に届かなかったデータを再送信する機能などが省かれている。

^{*42} RTP：IETF (^{*43}参照) で規格化されたIPネットワークを介したリアルタイムマルチメディア伝送用のプロトコル。

^{*43} IETF：インターネット技術標準の開発、推進を行っている標準化組織。

^{*44} DEFLATE：IETFで標準化されたデータ圧縮アルゴリズム。

^{*45} 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。

^{*46} 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。

較的パケットサイズの小さいデータ送信が想定される。そこで、通常ではデータ送信が開始できないランダムアクセス^{*54}手順中に、小さいデータ送信を開始するための手順がサポートされた。これにより、小パケット通信の低遅延化が期待できる。

(c)TDDのサポート

Release 13, 14では、FDD (Frequency Division Duplex)^{*55}バンドでの運用をターゲットとして、LTE-M、およびNB-IoTが仕様化された。Release 15では、さらにTDDバンドでの運用も可能となった。

③車間通信 (V2X: Vehicle to Everything) 高度化

Release 15では、Release 14で仕様化されたV2X通信の機能拡張が行われた。具体的には、V2X通信の広帯域、高速化を目的として、端末がリソースプール^{*56}から自律的に送信リソースを選択するMode 4^{*57}に対してCAが新たに導入された。また変調方式として、64QAMがV2X向けにサポートされた。また、より低遅延な要求条件を満たす端末能力が新たに仕様化された。

(4)HRLLC (High-Reliable Low Latency Communication, LTE向けURLLC)

近年、自動運転車、産業用ロボット、遠隔医療、VR (Virtual reality) など高いリアルタイム性が要求されるサービスや信頼性が必要とされるミッションクリティカルサービスへの需要が高まっている。そこで、LTE/LTE-Advancedにおいても低遅延・高信頼通信を実現するための機能が仕様化された。

(a)高信頼通信に向けた技術

高信頼通信に向けて、下りの制御チャンネル、

上下リンクデータチャンネルの送受信品質を向上させるための機能が導入された。

下りの制御チャンネルに対しては、従来のLTE/LTE-AdvancedではPCFICH (Physical Control Format Indicator Channel)^{*58}を検出してPDCCHのOFDMシンボル数を識別していた。しかし、この場合PCFICHの検出誤り・誤検出が下り制御チャンネル全体の品質を制約してしまう。そこで、PDCCHのOFDMシンボル数を上位レイヤシグナリングで通知し、従来のPCFICHの検出誤り・誤検出の影響を避けることで、下り制御チャンネル受信の品質を向上させる方法が規定された。

また、上下データチャンネルの送受信の品質向上に向けて、同じデータを複数のPDSCH/SPDSCH、またはSPS (Semi Persistent Scheduling) -PUSCH^{*59}/SPS-SPUSCHで繰り返し送受信する機能を導入した。

(b)低遅延通信に向けた技術

低遅延通信に向けては、従来の1ms TTI (Time-To-Interval)^{*60}に対する信号処理時間短縮と、新たなshort TTIを仕様化した。

まず、下りデータ受信のタイミングからHARQフィードバックを送信するまでの信号処理時間、および、上りデータをスケジューリングする下り制御チャンネル受信のタイミングから上りデータ送信までの信号処理時間を、従来の最短4msから3msへと、25%短縮する機能を規定した。

また、従来の14OFDMシンボルから構成される1msのTTIそのものを短縮するため、7OFDMシンボルから構成されるスロット、および、2または3OFDMシンボルから構成されるサブスロットをshort TTIとして規定し、これをスケ

*47 EPC: 3GPP移動通信網における主にE-UTRAを収容するコアネットワーク。

*48 オープンループ: 制御の出力をフィードバックせずに、入力に対して計算を行う制御。

*49 SIR: 所望電力と干渉電力の比率。

*50 HSS: 3GPP移動通信網におけるユーザ情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

*51 LTE-M: 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。

*52 NB-IoT: LTE-M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。

*53 ページング: 着信時に待受け在圏の端末を呼び出す手順および信号。

び信号。

*54 ランダムアクセス: 移動端末と基地局が上り信号の送信タイミング同期および接続を確立するために行う手順。

*55 FDD: 周波数分割複信。無線通信などで同時送受信を実現する方式の1つで、異なる周波数にて送信と受信を同時に行う方式。

*56 リソースプール: 大量のハードウェアを束ねて、それぞれのハードウェアが保持するリソース (CPU/メモリ/HDDなど) の集合体としたものであり、これを基にさまざまな仮想マシンが作成可能となる。

*57 Mode 4: LTE V2Xにおけるリソース割当て法の一種。

*58 PCFICH: LTEのPDCCHが送信されるシンボル数を通知するための物理チャンネル。

ジャーリングリソース単位とする下りデータ（SPDSCH：Short Physical Downlink Shared CHannel*⁶¹）や上りデータ（SPUSCH：Short Physical Uplink Shared CHannel*⁶²）のリソース割当てを規定した。同時に、Short TTIのデータ割当てを実現すべく、上下リンクの制御チャンネルSPDCCH（Short Physical Downlink Control CHannel）、およびSPUCCH（Short Physical Uplink Control CHannel）も仕様化された。

4. Release 15 NR向けに規定されたコアネットワーク

コアネットワークの観点でNRを提供する方式として、図2に示す通り、既存EPCを拡張し、ノンス

タンドアローン運用でNRを提供する「EPC拡張方式」と、新規に規定された5GC（5Gコアネットワーク）を導入し、スタンドアローン運用でNRを提供する「5GC方式」の2つをRelease 15で規定した [1]。

4.1 EPC拡張方式の特徴

(1)EPC Dual Connectivity

NRは高周波数帯を用いるなどの特徴から、局所的なエリア展開、限定的なカバレッジによる運用ケースも想定される。一方、VoLTE（Voice over LTE）やIoTなど、面的に十分なカバレッジを要するような既存サービスの品質を担保する必要がある。これらのサービスにおいては既存EPC設備や、LTE/LTE-Advancedで提供されるカバレッジを活用しながら、高画質な動画の視聴などの特定サービスにお

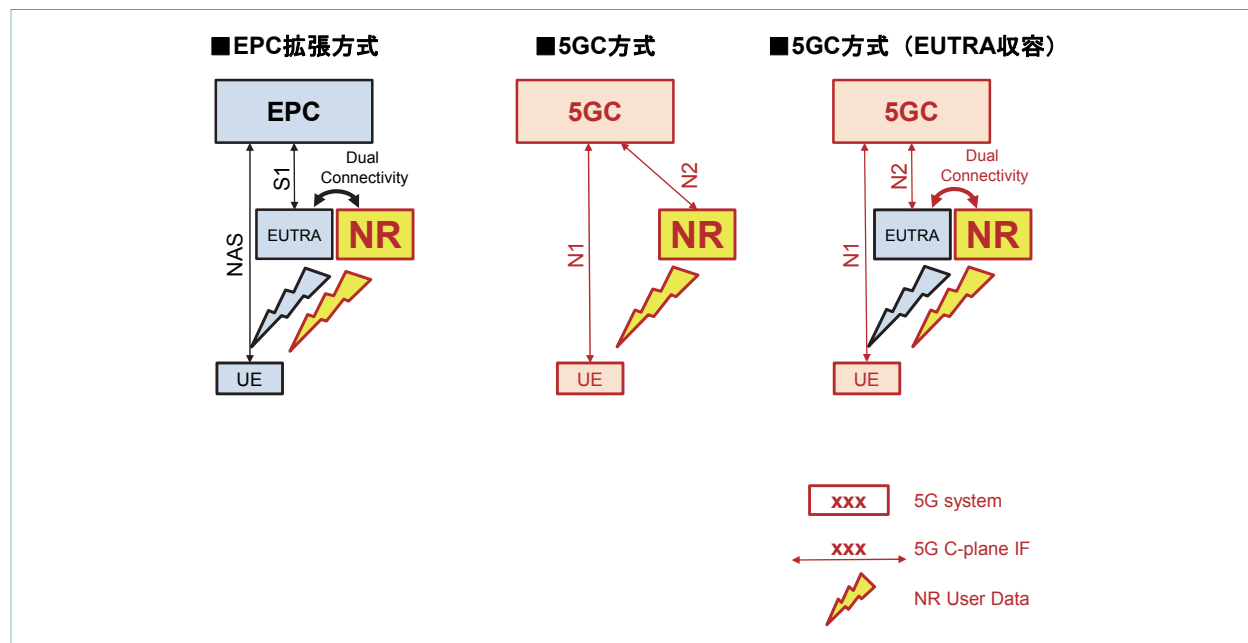


図2 コアネットワークの観点からNRを提供する方式

*59 SPS-PUSCH：下り制御情報の復調に基づいて、異なる上りデータを周期的に送信する方法。

*60 TTI：トランスポートチャンネルで伝送される1データ当りの伝送時間。

*61 SPDSCH：Short TTIを適用したPDSCH。

*62 SPUSCH：Short TTIを適用したPUSCH。

いてNRを適用するといった、サービスや環境に応じた運用が求められる。EPC Dual Connectivityは、既存EPC設備の各種設定と、eNB (evolved NodeB)^{*63}とのS1-IF (InterFace^{*64})と、端末とのNAS (Non Access Stratum) -IF^{*65}を活用することで、コアネットワーク設備への影響を軽減し、比較的早期にNRを導入できることが、最大の特徴となる。

(2)5G NRサービス識別 (制御) 機能

上記のDual Connectivity機能に加え、ローミングなどのさまざまな契約、運用形態などを考慮し、一層柔軟かつ適切にNRを提供するための機能が以下のように規定されている。

- ・5Gエリア通知機能：端末からのアタッチ^{*66}手順などを受信した際、コアネットワークは当該端末の5G契約に関する情報を端末に通知する。端末は、本情報、および基地局から通知される通信セルごとに設定される5G NR接続可否を識別する情報などから、アイコン表示などでユーザへのNRエリア通知を行う。
- ・5G NR接続判定機能：上記と同じく5G契約に関する情報を端末、および基地局に通知する。これにより、例えばローミング時の5G使用可否を条件にNRに接続させる、あるいは試験用の特定端末に限ってNRに接続させるといったネットワーク運用を可能としている。
- ・5G-GW (GateWay)^{*67}選択機能：5Gの特徴であるスループット、容量観点で最適化されたGW装置を提供する場合、NRに端末可能な端末をこのGW装置に優先的に接続させる。
- ・5G-Data Reporting機能：Dual Connectivityの場合、ユーザデータの送受信は基地局において無線環境などに応じてE-UTRA (Evolved Universal Terrestrial Radio Access)^{*68}、NRに振

り分けられる。コアネットワークでは実際に“NRで送受信されたユーザデータ量”を把握するため、基地局から“NRで送受信されたユーザデータ量”をカウントして、報告させる。

4.2 新規5Gコアネットワークの特徴

5GCはRelease 15で新規に規定された5G向けコアネットワーク装置である。その主な特徴については文献 [1] を参照されたい。

なお5GCの特徴の1つは、E-UTRAをNRとともにNG-RAN (Next Generation - Radio Access Network)^{*69}として収容可能としていることである。5GCに接続可能なeNBはng-eNBと呼ばれ、このng-eNBは5GCにNRを接続する際と同様のNG-APインタフェースで接続される。また端末が5GC在圏中にIMS (IP Multimedia Subsystem)^{*70}・音声サービスを起動する場合、端末をEPCに接続させ、EPCでIMS・音声サービスを提供するフォールバック技術も提供されている。これらにより5GCにおいてもE-UTRANで構築された無線設備およびその設定、カバレッジを活用し、既存サービスの品質やエリアを維持しながら新たな5Gサービスを提供する運用や、円滑なマイグレーションを実現している。

5. あとがき

本稿では、NR、5GC、およびLTE/LTE-AdvancedのRelease 15仕様の背景、および主要機能を概説した。本稿で紹介したNR、および関連するネットワーク管理仕様については、本特集別記事でより詳細に解説をしているので、ご参照頂きたい [2]～[5]。3GPPでは、2018年10月から、Release 16仕様の作成を本格的に開始している。特にNRに対しては、

^{*63} eNB：LTEにおける無線基地局。

^{*64} S1-IF：eNBとEPCとの間の機能レイヤ。

^{*65} NAS-IF：無線アクセス層 (AS：Access Stratum) を経由し、移動端末とコアネットワーク間での通信を行う機能レイヤ。

^{*66} アタッチ：移動端末の電源投入時などにおいて、移動端末をネットワークに登録する処理。

^{*67} GW：プロトコル変換やデータの中継機能などを有するノード機能。

^{*68} E-UTRA：3GPP移動通信網における高機能無線アクセス方式におけるエアインタフェース。

^{*69} NG-RAN：5Gコアネットワークに接続されるRAN。無線アクセス技術としてNR、E-UTRAを用いる。

^{*70} IMS：3GPP移動通信網におけるIPマルチメディアサービス (VoIP、メッセージング、プレゼンスなど) を提供するサブシステム。

ミリ波向けのマルチビーム・MIMOの高機能化やURLLC, IoTの適用領域の拡大を図る仕様を策定する予定である。またコアNWにおいても, 5GC商用導入に向け, 各種基盤機能の改善, URLLC, V2X, IoTなど, 新しいサービスの5GCへの適用, およびその高度化を検討予定である。

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] 武田, ほか: “5GにおけるNR物理レイヤ仕様,” 本誌, Vol.26, No.3, pp.47-58, Nov. 2018.

[3] 内野, ほか: “5Gにおける上位レイヤ仕様,” 本誌, Vol.26, No.3, pp.59-73, Nov. 2018.

[4] 佐野, ほか: “5Gにおける無線性能／無線リソース制御仕様,” 本誌, Vol.26, No.3, pp.74-88, Nov. 2018.

[5] 坪内, ほか: “5G時代のネットワークマネジメント仕様,” 本誌, Vol.26, No.3, pp.89-94, Nov. 2018.