



5G ネットワーク

2020年3月にNTTドコモは5G商用サービスを開始しました。ドコモでは5G導入に際し、LTEで提供している機能・エリアを最大限活用することで、早期提供と安定した品質確保を実現しています。本稿では、5G商用サービスを提供するために実施した無線基地局装置、コアネットワーク装置の開発内容について解説します。

さがえ ゆうた さわむかい しんすけ
寒河江 佑太^{†1} 澤向 信輔^{†1}

おおわたり ゆうすけ きよしま こうへい
大渡 裕介^{†1} 清嶋 耕平^{†1}

かんばら けいいち たかはし じょう
神原 恵一^{†1} 高橋 匠^{†2}

NTTドコモ^{†1}
ドコモ・テクノロジー^{†2}

まえがき

第5世代移動通信システム(5G)は高速・大容量、低遅延、多数端末接続の特長を有しており、動画・サービスなどコンテンツのさらなるリッチ化などへの対応に加え、従来では困難であった社会的課題の解決や新たな産業創出が可能となることにも期待が高まっています。

NTTドコモは2019年9月に開始した5Gプレサービスに続き、2020年3月に5G商用サービスを開始し、2020年7月6日時点において契約者数が17万件を超えています。今後、5G需要の増加が見込まれていることから、端末ラインアップの充実、5G提供エリアの拡大を順次行っていきます。

本稿では、5G商用サービス提供を行うた

めの無線基地局装置、およびコアネットワーク装置の開発内容について解説します。

5G向け周波数の概要

5Gにおいては、ユースケース、利用シナリオなどに応じたネットワークが求められており、技術面では、新たな無線技術〔5G NR (New Radio)〕の採用、既存の周波数帯に加え、より高い周波数帯を活用することなどが求められています⁽¹⁾。

5G向け国内周波数帯として、3.7 GHz帯(3.6~4.1 GHz)、4.5 GHz帯(4.5~4.6 GHz)、および28 GHz帯(27.0~29.5 GHz、うち28.2~29.1 GHzは非割当て)の3つの周波数帯が割り当てられています(表1)。特に前者2つの周波数帯がSub6帯、後者がmmW (millimeter Wave) 帯^{*1}と呼ばれ

※ 本特集は「NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル」(Vol. 28 No. 2, 2020年7月)に掲載された内容を編集したものです。

*1 mmW帯：周波数帯域の区分の1つ。30 GHzから300 GHzの周波数であり、5Gで利用される周波数である28 GHz帯を含めて慣習的にミリ波と呼ばれます。

表1 国内5G周波数の特徴

	3.7 GHz帯	4.5 GHz帯	28 GHz帯
割当周波数	3.6~4.1 GHz (500 MHz幅)	4.5~4.6 GHz (100 MHz幅)	27.0~28.2 GHz 29.1~29.5 GHz (1.6 GHz幅)
割当帯域幅	100 MHz幅/オペレータ	100 MHz幅/オペレータ	400 MHz幅/オペレータ
Massive MIMOの活用	MIMO多重に活用		Beamformingによる カバレッジ拡張
他システムとの利用状況	衛星システム	航空機電波高度計	衛星システム
海外動向	中国, 韓国, 欧州, 米国	将来的に中国が利用予定	米国, 韓国



図1 3.7 GHz帯の周波数割り当てとLTE 3.5 GHz帯の関係

ています。

Sub6帯は、5G国内周波数において100 MHz幅/事業者と、LTEと比較して広帯域利用が可能であり、かつ、LTE 3.5 GHz帯と同様のカバレッジを実現することができます。一方でmmW帯は、これまでLTEで利用してきた周波数とは大きく異なり、超広帯域の割当てにより数Gbit/sの高速伝送によるサービスをスポット的に展開することが期待されています。しかし、一般に高い周波数であるほど電波が飛びづらいため、既存LTE周波数やSub6帯と組み合わせたヘテロジニアス・ネットワークを構築していく必要があります。加えて、高周波数帯においてはアンテナの小型化が容易であり、Massive MIMO (Massive Multiple Input Multiple Output) *2によるMIMO技術の高度化を活用したネットワーク展開が期待されます。

さらに、国内では5G向け国内周波数帯において既存システムが運用されており、その既存事業者との共存・棲分けが重要です。特に3.7 GHz帯は衛星システム事業者が利用しており、衛星システムとのシステム間の干渉調整を実施しながらの展開となるため、5G早期展開に有力な周波数帯として4.5 GHz帯が注目されています(図1)。また、海外動向に注目すると3.7 GHz帯や28 GHz帯はすでに各国で利用開始がされており、端末の対応状況や今後のローミング対応の観点から、今後の5G特有の高速大容量などのサービス展開において有力です。これらの周波数の特徴、既存事業者との共存、そして、グローバ

*2 Massive MIMO:非常に多数のアンテナを用いるMIMO伝送技術の総称。MIMOとは同一時間、同一周波数において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技術。

ル動向などを踏まえ、それぞれの周波数帯の強みを最大限活用した商用展開を実施していきます。

これら国内周波数に対して、総務省による開設計画の認定⁽²⁾の結果、ドコモはSub6帯については3.6~3.7 GHzおよび4.5~4.6 GHzの合計200 MHz、mmW帯は27.4~27.8 GHzの400 MHzが割り当てられています。これにより、下りピークレートとして、既存LTEシステムと組み合わせることでSub6帯では3.4 Gbit/s、mmW帯では4.1 Gbit/sを提供可能です(表2)。

Sub6帯および28 GHz帯はTDD (Time Division Duplex) バンドとして割り当てが行われていますが、周波数の有効利用の観点で、

隣接する携帯事業者間で同じ下り・上りリソース割当て (TDD Config^{*3}) を利用しなければなりません。国内においては、3GPP (3rd Generation Partnership Project) で合意されているTDD Configを基に、データトラフィック量や今後の5Gサービス予測をかんがみたくうえで、図2に示すTDD Configでの運用を実施することとなっています。特に3.7 GHz帯は隣接するLTE 3.5 GHzとの干渉を軽減させるために、同一タイミングにおいて、下り・上りリソースを使用するように設計されています(図2)。また、ドコモのみが獲得した4.5 GHz帯にお

*3 TDD Config: TDDの上下スロットをどのように配分するかを決定するパラメータ。3GPP仕様にて規定されています。

表2 技術的特徴

	Sub6帯	mmW帯
Massive MIMOの活用方法	MIMO多重に活用	Beamformingによるカバレッジ拡張
カバレッジの考え方	LTE 3.5 GHz帯と同様のカバレッジ	広帯域を活用した高スループットを提供 スポット的な展開
ピークレート (3GPP規格値, LTE含む)	下り3.4 Gbit/s/上り182 Mbit/s	下り4.1 Gbit/s/上り480 Mbit/s
MIMO数	下り4×4/上りSISO	下り・上り2×2MIMO
変調方式	下り256QAM/上り64QAM	下り・上り64QAM

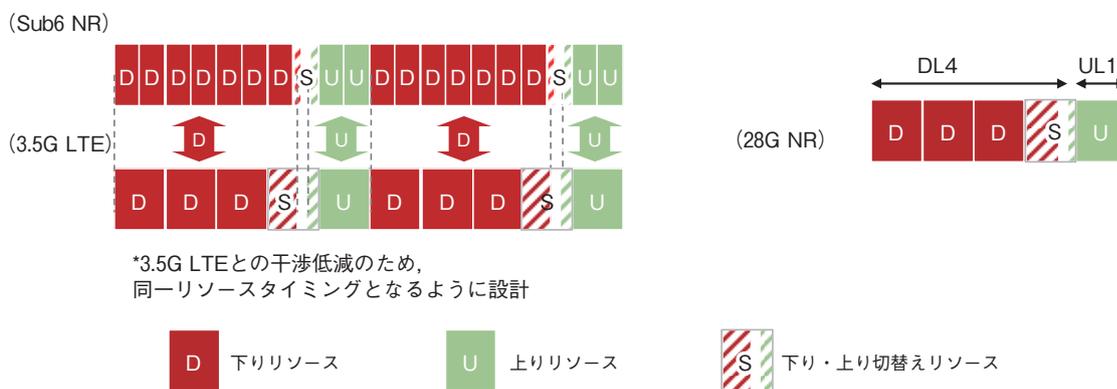


図2 国内周波数で利用されるTDD Config

いては、ユースケースに応じた独自のTDD Configを設定し、周波数を有効に活用していきます。

5G 商用開発

■5G 基地局装置開発

5Gにおけるネットワーク構成を図3に示します。5Gのサービス開始に向けドコモは、5Gに対応したベースバンド（BB: Base Band）信号処理部を集約した親局（CU: Central Unit）を、既存のBB処理装置である高密度BDE（Base station Digital processing Equipment）を拡張して開発し、加えて、電波の送受信機能などを持つ5G無線部（RU: Radio Unit）を新規に開発しました。また、より多くのRUを1台のCUに収容するために、LTEにおいて導入していたフロントホール分配装置（FHM: FrontHaul Multiplexer）⁽³⁾の5G対応版である5G FHM

を開発しました。これらの装置について概要を以下に解説します。

(1) CU

(a) 開発コンセプト

5Gサービスのスムーズな展開に向け、3G/LTE/LTE-Advancedに対応したBB信号処理を行う既存の高密度BDEを最大限活用し、高密度BDEの一部のカード交換、および5G対応ソフトウェアへのアップグレードにより、既存装置を置き換えることなく、工事期間や設備投資を抑えてエリア構築が可能なCUを開発しました。

(b) CU基本仕様

今回開発したCUの装置外観例を写真1に示します。

これまでに述べたように、本装置は既存装置である高密度BDEの一部のカード交換により5Gに対応した機能が実現可能となっています。また、今後のソフトウェアアップグレー

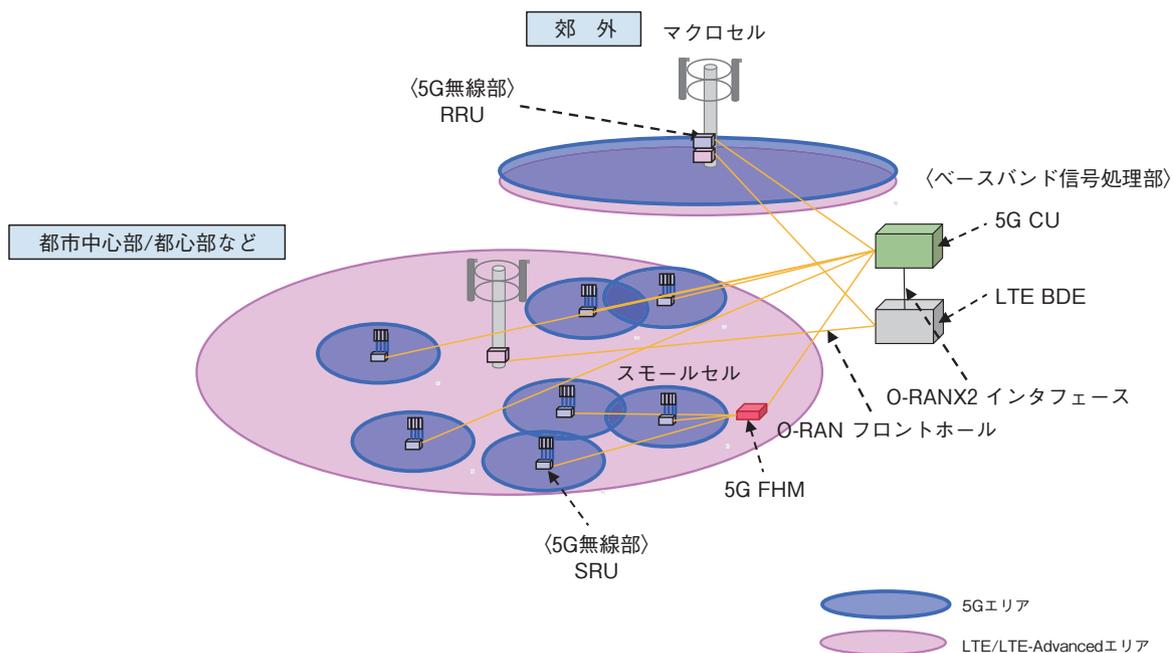


図3 5Gネットワーク構成



写真1 CU外観例

ドにより、従来の3G/LTE/LTE-Advancedに対応したソフトウェアと5G対応ソフトウェアをそれぞれ搭載することで、1台のCUにおいて、3Gから5Gの3世代に対応したネットワークを構築することができます。

既存のLTE-Advancedではドコモが提唱する高度化C-RAN (Centralized RAN)*⁴アーキテクチャ⁽⁴⁾を採用していましたが、5Gにおいても本アーキテクチャに対応しており、CU・RU間はフロントホールを介して接続します。このフロントホールは、ドコモを含めたオペレータ5社により2018年2月に設立したO-RAN (Open RAN) Allianceで標準化を進められ、異なるベンダ間の相互接続を可能とするO-RANフロントホール仕様に、5Gサービス導入当初から準拠しており、同仕様に準拠したCU・RUはベンダを問わず接続可能としています。また、基地局装置どうしを接続するための仕様についても

O-RAN標準仕様に準拠しており、5G対応のCUとLTE-Advanced対応の高密度BDEについて異なるベンダ間の接続を可能としています⁽⁵⁾。これにより、ドコモでは既存の高密度BDEのベンダに依存せずにCUを導入可能となり、既存資産を活かしつつスピーディに必要な場所に柔軟にエリア展開することが可能です。なお、CU1台につき、6本以上のフロントホール接続が可能となっており、それぞれのフロントホールに対して接続先のRUを選択可能にしています。5GではLTE-Advancedに比較してさらなる広帯域伝送に対応するため、フロントホール伝送レートを従来の最大9.8 Gbit/sから最大25 Gbit/sに拡張しながら、CU・RU間の光張出し距離は従来の高密度BDEと同等を実現しました。

(2) RU

(a) 開発コンセプト

ドコモでは、5Gサービス導入当初から柔軟なエリア構築を可能とするため、2019年9月の5Gプレサービス開始に合わせ、導入時の周波数帯である3.7 GHz帯、4.5 GHz帯、および28 GHz帯にそれぞれ対応した、スモールセル用のRUとなる小型低出力張出しRU

*4 高度化C-RAN：ドコモが提唱する新しいネットワークアーキテクチャで、LTE-Advancedの主要な技術であるキャリアアグリゲーション技術を活用し、広域エリアをカバーするマクロセルと局所的なエリアをカバーするスモールセルを同一の基地局制御部により高度に連携させる無線アクセスネットワーク。

(SRU: low power Small Radio Unit) を開発しました。また、5Gエリアの早期拡大に向け、郊外などにおける効率的なエリア化の実現を可能としたマクロセル用のRUである張出しRU (RRU: Regular power Radio Unit) についても開発しました。

5G機能の1つとして、他セルへの干渉低減を図り、ユーザ体感品質の向上が期待できるBeamforming^{*5}機能があります。本機能に対応したアンテナ・5G無線部一体型の装置(アンテナ一体型RU)を開発するとともに、既設の3G/LTE/LTE-Advanced向けの無線装置(RE: Radio Equipment)に本装置を併設できるようにスペースなどが限られた個所に対して柔軟に設置可能とすることを目的として、アンテナ・5G無線部

*5 Beamforming: 送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します。

分離型の装置(アンテナ分離型RU)を開発しました。

(b) SRU基本仕様

SRUは、これまでに述べたように柔軟なエリア構築を可能とすることを目的とし、5Gプレサービス開始当初から、3.7 GHz帯・4.5 GHz帯・28 GHz帯にそれぞれ対応したアンテナ一体型SRU、および3.7 GHz帯・4.5 GHz帯にそれぞれ対応したアンテナ分離型SRUを開発しました(写真2)。

アンテナ一体型RUについては、Beamforming機能を実現するアンテナパネルを具備しています。3.7 GHz帯・4.5 GHz帯では標準仕様上最大8ビーム、28 GHz帯では標準仕様上最大64ビームであり、ドコモで利用するTDD Configなどに応じた送受信ビーム数にてエリアを形成可能としています。また、送受信ブランチ数は3.7 GHz帯・4.5 GHz帯では428 GHz帯では2とし、1台で前者は最大4レイヤ、後者は最大2レイヤ



(a) アンテナ一体型SRU



(b) アンテナ分離型SRU

写真2 SRU外観例



写真3 RRU外観例

のMIMO送受信が可能です。

アンテナ分離型SRUについては、設置性を考慮して省スペース化を目的とし、従来のRE同様に無線部のみの構成としており、SRUとアンテナを別の場所に設置することが可能です。なお、同周波数帯に対応したアンテナ一体型SRUと比較して装置容積を低減し、6.5 ℓ以下を実現しました。アンテナ分離型SRUでは、Beamforming機能には非対応となっているものの、同周波数帯のアンテナ一体型SRU同様に送受信ブランチ数は4としています。

(c) RRU基本仕様

RRUは、5Gエリアの早期拡大に向け、SRUと比較して高出力の装置として、5Gサービス展開に合わせて開発されました(写真3)。

5Gの広帯域幅をサポートするために、従来のマクロセル用RE(RRE: Remote Radio Equipment)と比較して装置サイズが大きくなる傾向となりますが、最新のデバイス動向をかんがみ、早期に省スペース化・軽量化が期待できるアンテナ分離型を先行開発して導入しました。最大送信出力はマクロセルの工

リア半径を考慮し、36.3 W/100 MHz/ブランチ*⁶としました。また、送受信ブランチ数は4としており、アンテナ分離型SRUと同様のMIMO送受信レイヤ数を実現しています。

ドコモでは、引き続きアンテナ一体型RRUについても導入予定であり、今後は設置場所などをかんがみながらそれぞれの機種を活用して柔軟に5Gエリアを構築していく予定です。

(3) 5G FHM

5G FHMは、フロントホール上の無線信号を最大12分配、合成する機能を持つ装置であり、RRU同様に5Gサービス展開に合わせて開発されました(写真4)。

5G FHMを用いない場合は、1台のRUごとに1セルとして収容しますが、5G FHMを用いることにより、最大12台のRUを1セルとしてCUに収容可能となり、5Gサービス開始当初、必要な無線容量が少ない場所のエリア化において、より多くのRUを1台の

*6 ブランチ：本稿では、アンテナおよびRF送受信機の総称。



写真4 5G FHM 外観例

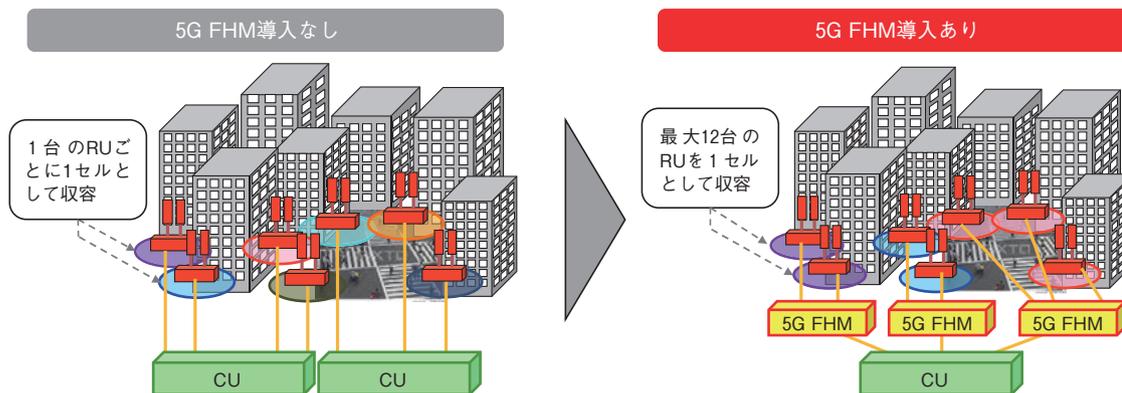


図4 5G FHM 導入イメージ

CUに収容することが可能です(図4)。また、従来のFHM同様、全RUが同一セルの無線信号の送受信を行うため、RU間の干渉や、RU間をまたがるハンドオーバー(HO: Hand Over)制御の発生を抑止することができます。なお、5G周波数帯である3.7 GHz帯・4.5 GHz帯・28 GHz帯すべてに対応しており、それぞれの周波数帯の用途に応じて柔軟にエリア構築が可能となっています。

■5G無線アクセスネットワーク対応

5Gサービスを実現するRANの構成と、無線アクセスネットワーク技術としてLTE-NR Dual Connectivity*7, Beam Management技術, NR高速化対応に関する技術概要を解説します。

(1) RANの構成

5G商用サービス展開にあたっては、ドコモはNRの特徴の1つであるノンスタンドアロン運用にてサービスを提供しています。

ノンスタンドアロンとは、NR単独ではエリア提供せず、LTE/LTE-Advancedのエリアをアンカーとして利用し、サービスを提供する運用形態です。図5に示すように、NRのノンスタンドアロン運用においてeNB(evolved NodeB)*8は、NRを提供する基地局であるgNB*9とはX2*10インターフェースを用いて接続します。また、eNBとgNBはEPC(Evolved Packet Core)とS1インターフェースを用いて接続します。ノンスタンドアロンではLTEをアンカー*11としているため、接続性に関してはこれまでと同等の品質レベルを実現しつつ、LTE装置との

*7 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。

*8 eNB: LTE無線を提供する無線基地局。

*9 gNB: NR無線を提供する無線基地局。

*10 X2: 3GPPで定義されたeNodeB間のリファレンスポイント。

*11 アンカー: 制御信号もしくは、ユーザペアラの切替え基点となる論理的ノード地点。

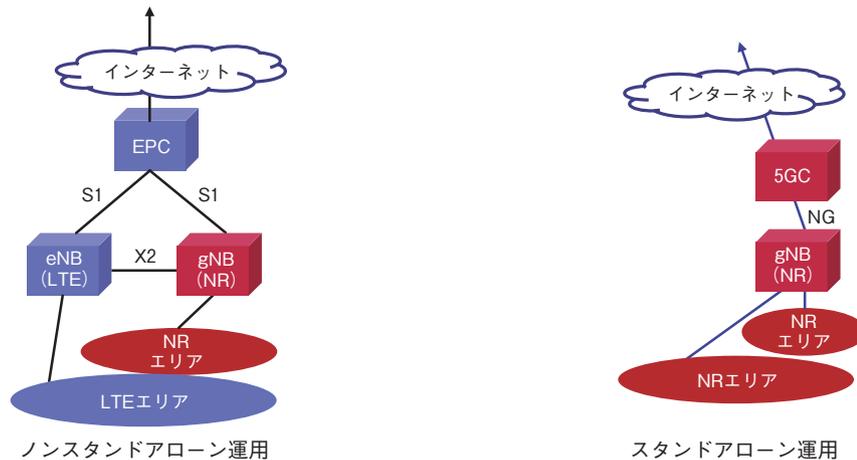


図5 5Gにおけるネットワーク構成

併用による既存ネットワークインフラの活用により早期に商用化を実現しました。またeNBとgNB間の接続に際してドコモらが主導したO-RAN X2仕様に準拠し、LTEとNRの、異なるベンダ間における相互接続を可能としました。すでに展開されているLTEエリアに対して5Gエリアを迅速かつ柔軟に展開することもできるようになりました。

今後提供予定のNRのスタンドアローンは、gNBのみでサービス提供を可能とするもので、RANは新しいコアネットワーク(5GC: 5G Core network)に接続します。gNB間はXnインタフェースを用いて接続し、gNB-5GC間はNGインタフェースを用いて接続します。

(2) LTE-NR Dual Connectivity

前述のとおり既存のLTE/LTE-AdvancedとNRとを組み合わせるサービス提供するノンスタンドアローン構成において、UEに対してLTE/NR両方で同時に通信するアーキテクチャがLTE-NR Dual Connectivityです。LTE-NR Dual Connectivityでは、LTE/NRそれぞれの無線リソースを同時に

送るSplit Bearer^{*12}が規定されており、最大5つのLTEキャリアとNRとの同時送信を実現し、高速化や柔軟な5G商用サービス展開を可能としています。

LTE-NR Dual Connectivityの、LTE基地局がMN (Master Node) となる運用においては、NR側の帯域が大きくなるに連れてLTE基地局側でMCG (Master Cell Group) Split Bearerを行う必要があり、そのため、NR装置に比べ能力に制限のあるLTE基地局装置側の増強が必要であり、それに伴う装置開発・運用コストの増加につながります。そこでLTE基地局装置の増強を抑えつつ、その装置能力によるスループットの制約を回避するために、LTE-NR Dual Connectivityではユーザデータの分岐点をNR装置であるSN (Secondary Node)^{*13}で設定できるようにSN terminated split

*12 Split Bearer: Dual Connectivityにおいて、マスターとセカンダリの両方の基地局を介して送受信されるペア。

*13 SN: Dual Connectivity中の端末に、MNの無線リソースに加えて、追加で端末に無線リソースを提供する基地局。LTE-NR Dual Connectivityにおいて、SNは、MNがLTE基地局(eNB)の場合はNR基地局(gNB)、MNがNR基地局(gNB)の場合はLTE基地局(eNB)がなり得ます。

bearer, および SN Terminated MCG Bearerが仕様化されています。SCG split bearerはユーザデータをSNのキャリアに伝送しつつMNのキャリアにも転送を行い、SNおよびMN同時にデータをユーザに伝送できるようにする方法です。これにより高速化通信を実現しています。またSN terminated MCG BearerはNRのエリア外においてもSNからデータ転送を行えるようにする方法であり、これにより安定的な通信を実現しています。

(3) Beam Management技術

NRでは新たにBeam Management技術を採用しています。前述のようにアンテナ一体型RUについては複数ビームを形成するような構成となっています(図6)。

FR1 (Frequency Range 1) ではBB信号に位相回転を与えることによりビーム形成するDigital beamformingを採用し、FR2 (Frequency Range 2) ではRF (Radio Frequency) 信号に位相を与えることによりビーム形成するAnalog beamformingを採用しています。NR接続開始時の最適ビーム選択処理および、UEの移動などによる無線品質変更に伴いビームを変更するビーム切替え処理を具備し、通信するUEの位置に応じた最適な送受信ビームを使用することで、

高周波数帯においてもカバレッジの確保を実現しています。また、UEの位置に対してビームを向けることにより、不要な方向への電波の放射が抑制され、セル間の干渉の抑圧効果も期待できます。

(4) NR高速化対応

5GではLTE/LTE-AdvancedとNRとのDual ConnectivityにてNRも同時に利用することにより、さらなる高速通信が実現されます。現在ドコモではLTE/LTE-Advancedにて、下り通信は5つのコンポーネントキャリアをキャリアアグリゲーションすることにより下り最大1.7 Gbit/sのサービスを提供していますが、ドコモの5Gでは導入当初からLTE/LTE-Advancedの5つのコンポーネントキャリアとNRのDual connectivityを実現しており、NRとして3.7 GHz帯または4.5 GHz帯を利用する場合は最大3.4 Gbit/s、NRとして28 GHz帯を利用する場合は最大4.1 Gbit/sを実現しています。

また、上り通信においては、28 GHz帯において、合計200 MHz(2コンポーネントキャリア)をキャリアアグリゲーションで同時利用することに加え、2×2 MIMOの導入により、合計480 Mbit/sを実現しています。

さらに、今後、下り通信においては3.7

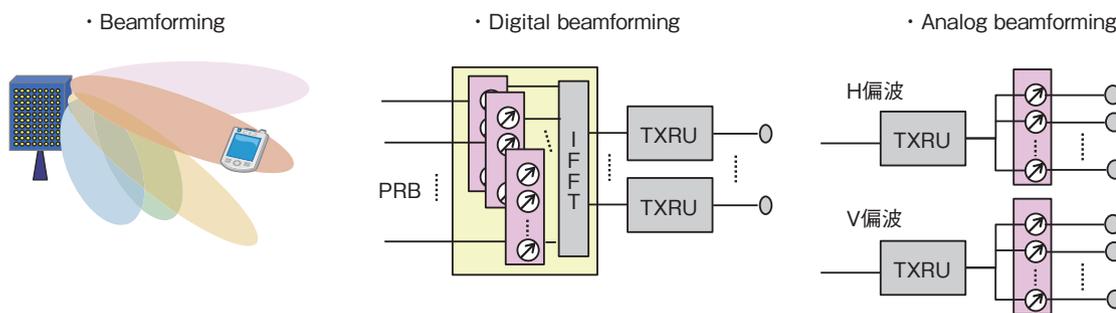


図6 Beamforming技術の種別

GHz帯と4.5 GHzのキャリアアグリゲーション、上り通信においては28 GHz帯における400 MHz（4コンポーネントキャリア）のキャリアアグリゲーションによりさらなる広帯域利用による高速化をねらいます。

■コアネットワーク装置開発

国際的な標準化団体である3GPPにおいては、5Gの提供に向けた複数のマイグレーションのアーキテクチャが規定されています。3GPPに規定されているアーキテクチャの一覧を図7に示します。Option 1がLTEで提供しているアーキテクチャであり、5Gを提供するにあたりOption 2～5、7の、どのアーキテクチャを採用するかは各オペレータの判断になります。ドコモは前述したとおり、5G導入当初においてはLTEで商用運用しているEPCを拡張することでNRと接続し、

5Gを提供するOption 3アーキテクチャを採用しています。これにより、LTE/LTE-Advancedで展開済みの安定した品質を担保可能としつつ、早期に5Gの商用提供を実現しました。なお、5G導入当初は世界的に見て多くのオペレータがOption 3を採用しています。

今後は新しいコアネットワークである5GCの導入も含め、将来のマイグレーションに向けた検討を続けていきます。

(1) Option 3xアーキテクチャ

前述のとおり、装置開発・運用コストを抑制するためのSCG split bearerによるユーザデータの転送処理を行っています。つまり制御系信号のやり取りはEPC-eNB間で行い、ユーザデータのやり取りはEPC-gNB間で行っています。これはOption 3xとして

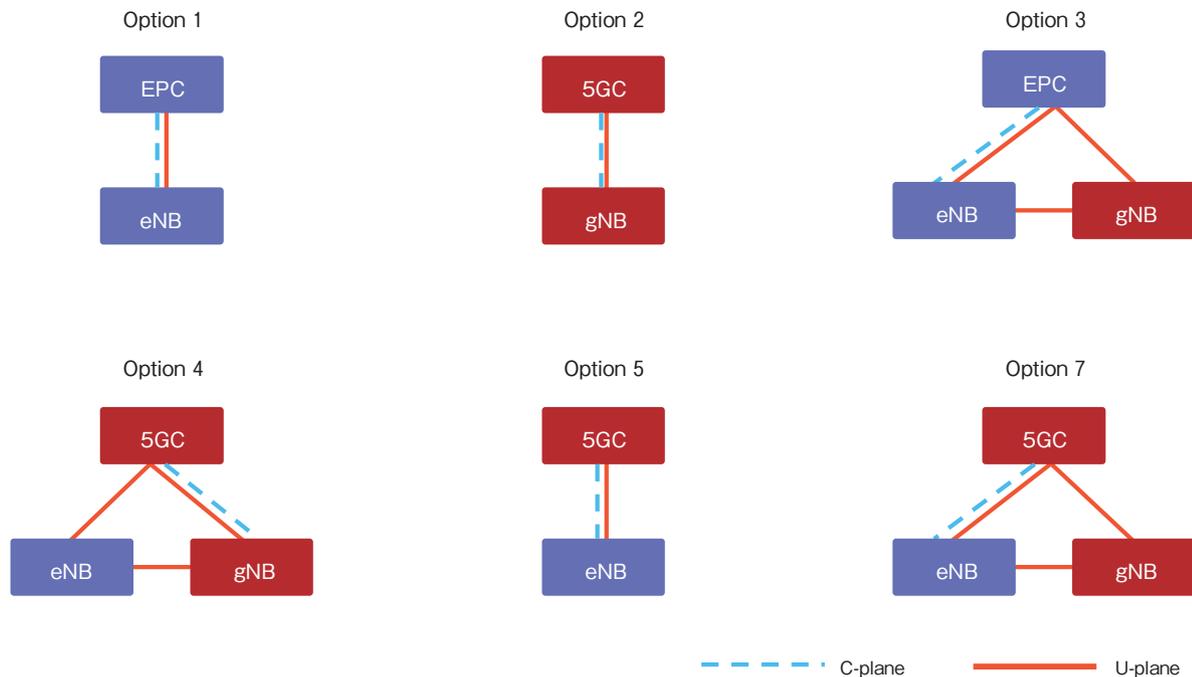


図7 5Gへのマイグレーションアーキテクチャ

標準上規定されています。

EPCはeNBとのS1インタフェースおよびUEとのNAS (Non-Access Stratum) インタフェースを拡張することでNRを収容可能となるため、コアネットワーク装置への影響を軽減でき、安定した品質と早期導入を両立可能なことが最大の特長です。

(2) 高スループット対応

5Gでは最大で4.1 Gbit/sの下りスループットを提供し、今後もより高速・大容量通信を実現するために開発を続けていきます。一方、EPCはさまざまな能力の装置が混在しており、5Gの求めるスループットの提供が困難な装置も存在します。これらをかんがみ、EPCの中でデータ転送処理を担うS/P-GW (Serving Gateway/PDN Gateway) を選択する際に、5Gのスループットを提供可能なS/P-GWを選択する開発を実施しました。

具体的には、MME (Mobility Management Entity) でS/P-GWを選択する際にTA (Tracking Area) やAPN (Access Point Name) をキーにDNS (Domain Name System) を引くことで、応答に含まれるレコードからS/P-GWを選択していますが、DNSの応答に含まれるサービスパラメータ (network capability) に5G能力を示す値 (+nc-nr) を追加しました。5Gユーザに対しては、この値に応じて5Gのスループットを提供可能なS/P-GWを選択することで高速通信を実現しています。

(3) 低遅延ネットワーク

5Gの商用開始と同時にドコモオープンイノベーションクラウドの提供も開始しました。ドコモオープンイノベーションクラウドはMEC (Multi-access Edge Computing)

の1つの形態として提供しており、コアネットワークを含めたコンピューティングリソースを端末に近いところに配備することでEnd to Endの通信遅延を短縮することができます。さらに接続端末とクラウド基盤間の通信経路を最適化することでネットワーク伝送遅延を短縮する「クラウドダイレクト™」も提供します。

あ と が き

本稿では、5G商用サービス提供を行うための無線基地局装置、およびコアネットワーク装置の開発内容について解説しました。

ドコモは5Gを通じてさまざまなパートナーと協創し、豊かな社会の実現に貢献するとともに、今後も先進的で高度な技術開発を進めていきます。

■参考文献

- (1) https://www.soumu.go.jp/main_content/000567504.pdf
- (2) https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000378.html
- (3) 藤井・諏訪・鳥羽・戸枝：“3.5 GHz帯TD-LTE導入に向けた基地局装置の開発,” NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol. 24, No. 2, pp. 8-13, Jul. 2016.
- (4) 吉原・戸枝・藤井・諏訪・山田：“高度化C-RANアーキテクチャを実現する無線装置およびアンテナの開発,” NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol. 23, No. 2, pp. 19-24, Jul. 2015.
- (5) https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2019/09/18_01.html

◆問い合わせ先

NTTドコモ
R&D戦略部
E-mail dtj@nttdocomo.com