

LTE-Advancedのさらなる発展に向けて —Release12 標準化動向—

さらなる高速大容量化を実現する キャリアアグリゲーション高度化およびDual Connectivity技術

3GPP Release 10において、LTE-Advancedの特長となる機能として仕様化されたCAは、ユーザスループットを向上する技術として世界的に商用導入が進められている。Release 12では、さらなる高速大容量化と柔軟な運用を実現するために、異なる複信方式のLTEキャリア間のCAの仕様、LTEキャリア数を増加させたCAの無線仕様、複数の基地局間でのLTEキャリアの同時通信（Dual connectivity）を行うための仕様が新たに規定された。

無線アクセス開発部 うちの 内野 徹 とおる 手島 邦彦
先進技術研究所 たけだ かずき 武田 一樹

1. まえがき

3GPPでは、スマートフォンの普及などに伴って増加するトラフィックに対応するため、無線ネットワークの容量拡大に向けて、マクロセル*1の無線トラフィックを比較的送信電力の小さいスモールセル*2へとオフロードするヘテロジニアスネットワーク（HetNet：Heterogeneous Network）*3の検討が行われてきた。ドコモは、HetNetにRelease 10で仕様化されたキャリアアグリゲーション（CA：Carrier Aggregation）*4を適用することで、通信の安定性を維持しつつ、スモールセルによる無線

容量の拡大を実現する“アドオンセル運用”を提唱している[1]。ドコモではこのアドオンセル運用の適用領域をさらに拡大するための検討を積極的に行っており、また、3GPPの参加各社も同様に、複数のLTEキャリアを用いた高速化や柔軟な運用を実現するための検討をそれぞれ積極的に行っている。このような背景のもと、Release 12では、CAの拡張技術として、周波数分割複信（FDD：Frequency Division Duplex）*5と時分割複信（TDD：Time Division Duplex）*6の異なる方式のLTEキャリア間でCAを実現するTDD-FDD CA技術の仕様化や、CAで利用する

LTEキャリア数の増大に対応した無線仕様関連の規定（端末の実装の観点から必要となる規定など）が行われた。さらに異なる基地局（eNB：evolved Node B）*7間で複数のLTEキャリアによる同時通信を行うDC（Dual Connectivity）技術も規定された。本稿では、これらの技術について解説する。

2. CAの拡張

2.1 異なる複信方式のLTEキャリア間のCA

Release 12では、より多様な周波数バンドの組合せでCAを実現するため、異なる複信方式であるFDD

*1 マクロセル：1つの基地局がカバーする半径数百メートルから数十キロメートルの通信可能エリア。

*2 スモールセル：送信電力が大きいマクロセルと比較して送信電力が小さいセルの総称。

*3 ヘテロジニアスネットワーク（HetNet）：電力の違うノードがオーバーレイするネットワーク構成。従来の基地局に対し、より送

信電力の小さい基地局などが混在、連携、統合化したネットワーク。

*4 キャリアアグリゲーション（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、既存のLTEとのバックワードコンパチビリティを保ちながら広帯域化を行い、高速伝送を実現する技術。

とTDDのLTEキャリア間でCAを行うための制御をTDD-FDD CA技術として仕様化した。FDDとTDDでは仕様の親和性は高いが、各々のフレーム構成に応じた送受信タイミング制御が規定されているため、キャリア間の連携を必要とするCAにおいて、複信方式ごとに異なる制御をそのまま流用して両者を束ねることは困難である。そこで、LTEキャリア間のフレーム構成の違いを意識せずに適用可能な制御が規定された。

以下、LTEのFDDとTDDそれぞれの制御と、両者を束ねるTDD-FDD CAの仕組みについて解説する。

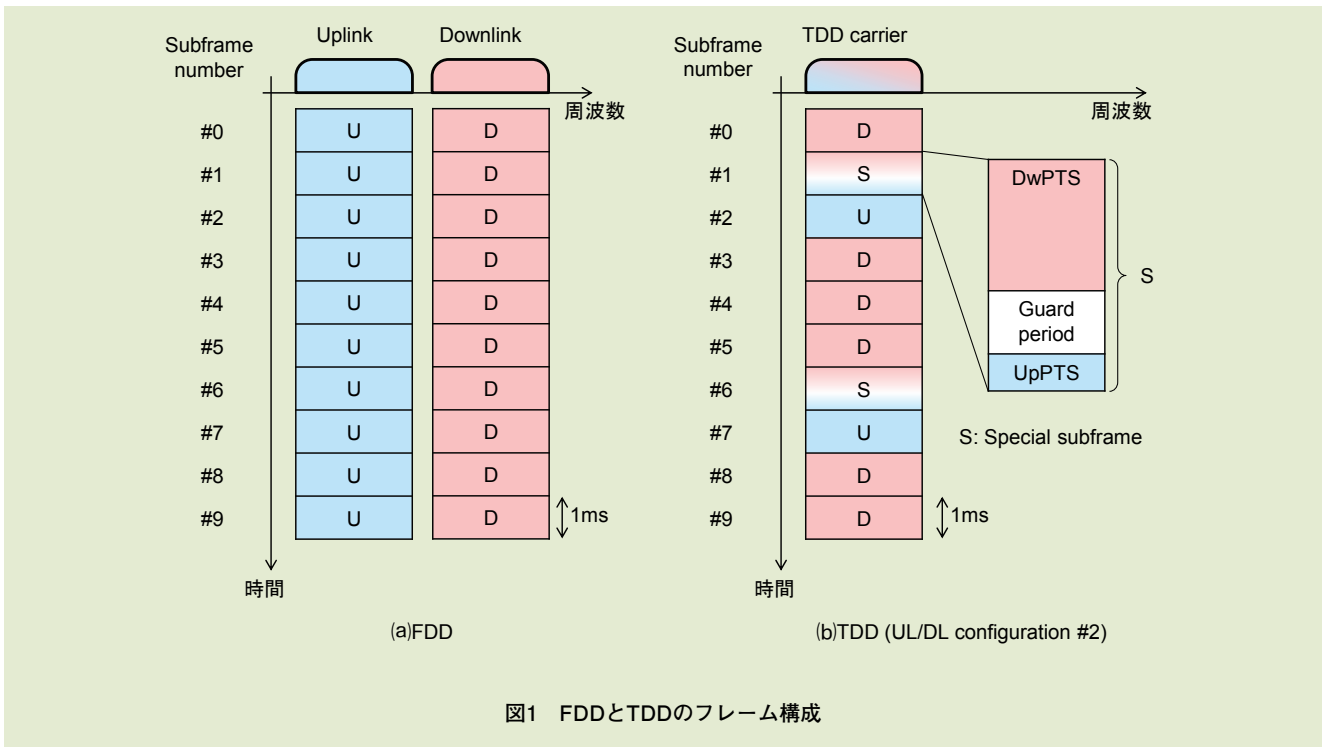
(1)FDDとTDD

LTEで対応するFDDとTDDの概念図を図1に示す。FDDでは上下リンクで異なる周波数（ペアバンド）

を用いて送受信を行う。一方、TDDでは上下リンクで同一周波数を用い、時間的に下りリンク（DL：DownLink）と上りリンク（UL：UpLink）を切り替えて送受信を行う。なお、DLからULに切り替わるタイミングでは、下り受信区間（DwPTS）、無送信区間（GP：Guard Period）、上り送信区間（UpPTS）を含むSpecialサブフレーム*8が挿入される。また、LTEではサブフレームの上下比率や上下リンクの切替周期が異なる7つのUL/DL configurationが規定されている（表1）。

前述のように、FDDとTDDではフレーム構成が異なり、FDDでは任意のタイミングで送受信ができるのに対し、TDDでは送受信タイミングに制約がある。これにより、特定のタ

イミングで行う必要がある制御、例えばHARQ（Hybrid Automatic Retransmission reQuest）*9制御に違いが生じる。HARQ制御では、ユーザ端末（UE：User Equipment）は自身に割り当てられたDL共有チャネル（PDSCH：Physical Downlink Shared CHannel）*10のデータ受信を試み、その復号判定結果（ACK（ACKnowledgement）*11またはNACK）を所定のULサブフレームでHARQ応答信号としてフィードバックする。複数のLTEキャリアを束ねるCAにおいては、PCell（Primary Cell）*12およびSCell（Secondary Cell）*13のDLで受信したデータに対するHARQ応答信号は、まとめてPCellのPUCCH（Physical Uplink Control CHannel）*14で送信される。FDDキャリア（ある



*5 周波数分割複信（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。
 *6 時分割複信（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。
 *7 eNB：LTEにおける無線基地局。

*8 サブフレーム：時間領域の無線リソースの単位であり、複数のOFDMシンボル（一般的には14OFDMシンボル）から構成される。
 *9 HARQ：自動再送要求（ARQ）と誤り訂正符号を組み合わせることで、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。
 *10 PDSCH：LTEにおけるDLデータ送信に使用する共有チャネル。
 *11 ACK：データフレームの受信ノードが正常に受信した際に送信ノードに返送する受信確認。

いはFDDキャリア間CA)の場合、DLで受信したデータに対するHARQ応答信号は一律4ms後にPCellのULサブフレームで送信される(図2(a))。一方、TDDキャリア(あるいはTDDキャリア間CA)の場合、PCellにおいてUL送信可能なサブフレームが限定されていることから、DLでデータを受信したサブフレームタイミングに応じて異なるHARQ応答信

号送信タイミングが規定されている。具体的には、図2(b)に描かれるようにDLデータの受信タイミングから4ms以降、所定のPCellのULサブフレームで1つまたは複数のHARQ応答信号が送信される。

このように、FDDとTDDでは、それぞれのフレーム構成に基づいて一意に決定されるHARQ応答信号送信タイミングが適用される。

(2)TDD-FDD CA

TDD-FDD CAで規定された、フレーム構成の違いを意識せずに適用可能なHARQ応答信号送信タイミングについて、以下に具体的な例を挙げて説明する。

①PCellがFDDキャリアの場合

PCellがFDDキャリアの場合(FDD PCell)、SCellとして追加されるTDDキャリア(TDD

表1 LTEで規定されているTDD UL/DL configuration

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink switch-point periodicity	Subframe #									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

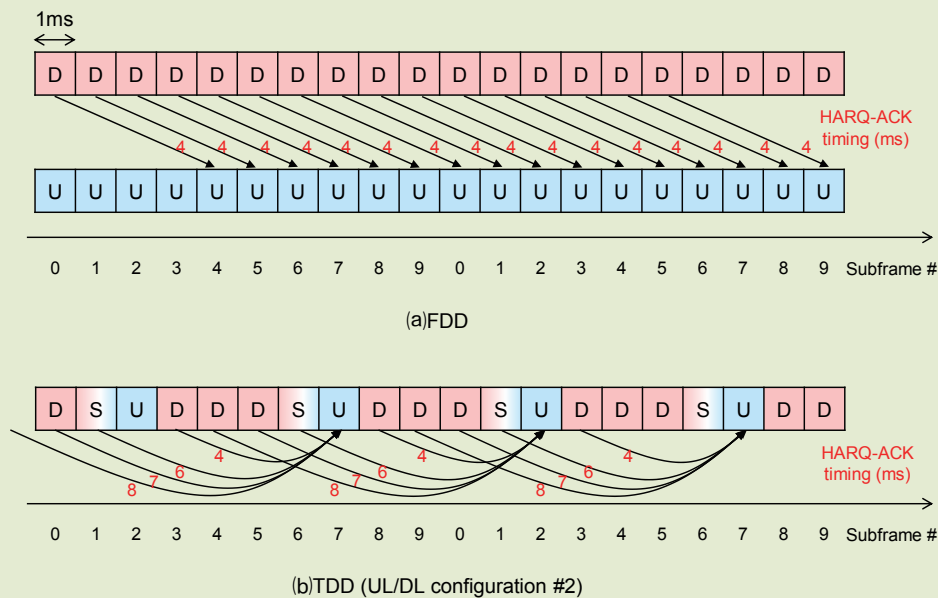


図2 FDDとTDDのDL HARQ-ACK送信タイミング

- *12 PCell : CAにおいてUE-NW間の接続性を担保するセル。
- *13 SCell : CAにおいてPCellに加えて無線リソースを提供するセル。
- *14 PUCCH : 上りリンクで制御信号を送受信するために用いる物理チャンネル。

SCell)にTDD向けのHARQ応答信号送信タイミングを適用すると、PCellのULリソースを活用した高速なフィードバックを実現できないという問題がある。そこでPCellではすべてのサブフレームでPUCCHが送信可能であるというFDDの特徴を活かし、TDD SCellには、FDDキャリアと同じHARQ応答信号送信タイミングが適用されることとなった。具体的には、FDD PCellと同様に、TDD

SCellでもデータ受信を試みたサブフレームから4ms後にHARQ応答信号を送信する(図3(a))。このように、HARQ応答信号送信タイミングがFDDおよびFDDキャリア間CAと同一となるため、PCellとSCellでHARQフィードバック遅延を同じにできることに加え、TDD SCellに対して、複信方式の違いを意識することなく、FDDキャリアのみで通信する際と同様のHARQ送信制御を適用す

ることが可能である。

②PCellがTDDキャリアの場合

一方、PCellがTDDキャリアの場合(TDD PCell)、従来のTDDの場合と同様に、PCellでは限定されたサブフレームでしかUL送信ができないという制約があることから、SCellとして追加されるFDDキャリア(FDD SCell)でデータを受信したタイミングから4ms後にULサブフレームがない場合がある。したがって、この場合

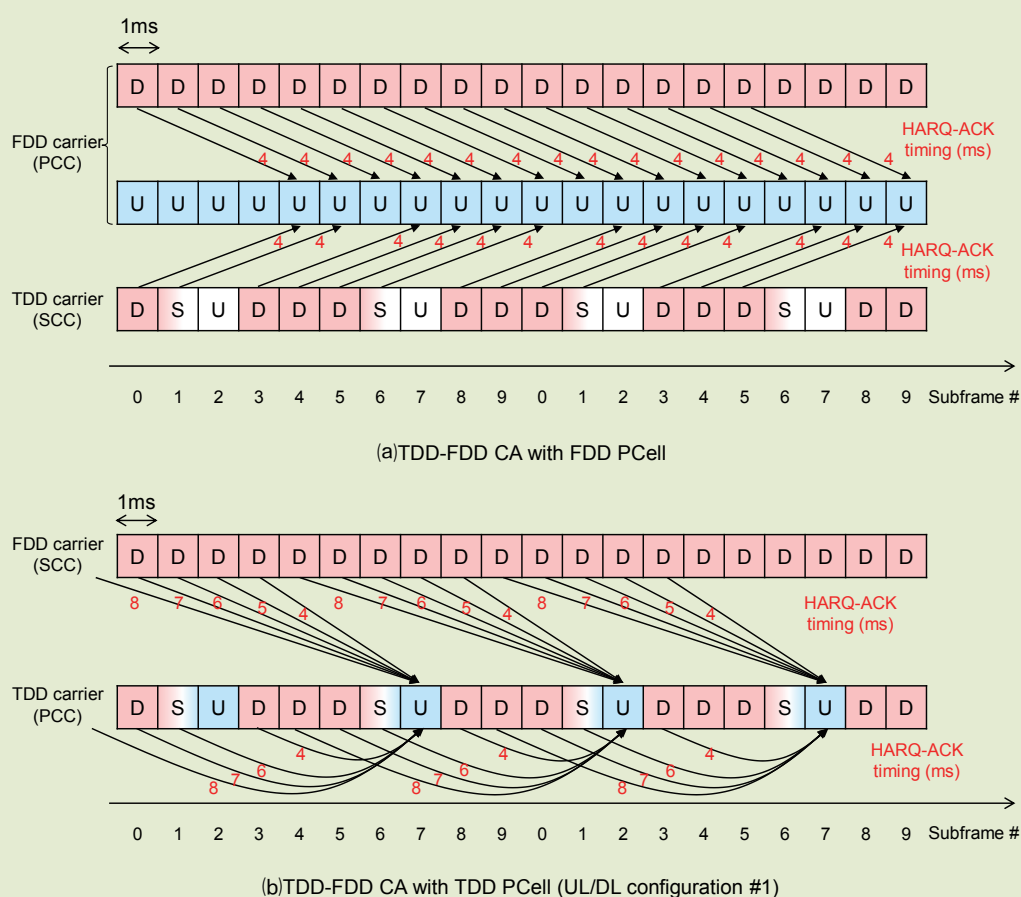


図3 TDD-FDD CAのDL HARQ-ACK送信タイミング

におけるFDD SCell向けに、新たなDLのHARQ応答信号送信タイミングが規定された(図3(b))。ここで、FDD SCellのHARQ応答信号送信タイミングは、TDD PCellのUL/DL configurationに基づいて決定される。このように、TDD PCellの場合、FDD SCellに対しても、複信方式の違いを意識することなく、TDDキャリアのみで通信する際と同様のHARQ制御を適用することが可能である。

2.2 キャリア数増加に対応したCAのための無線仕様規定

CAはRelease 10から仕様規定されており、規格上、最大5つのLTEキャリア(CC:Component Carrier)^{*15}を束ねて100MHzの広帯域通信を実現することができる。しかしながら、UEがCAを行う際に満たすべき無線仕様の要求条件(例えば、受信感度規定や送信スプリアス規定^{*16}など)は、用いる周波数バンドやCC数、帯域幅などの組合せごとに異なり、無数に存在する。このため、特定の周波数の組合せに対応するUEを開発するためには、まず対応する無線仕様を標準規格上で規定する必要がある。3GPPでは、このようなCAの無線仕様が通信事業者のニーズに応じて順次規定されており、Release 10および11では、2つのCCを束ねる周波数の組合せに対する無線仕様規定された。Release 12ではさらなる高速化を目指し、DLで新たに3つの

CCを束ねる周波数の組合せに対する無線仕様規定された。これにより合計60MHzを用いた、さらなる高速通信を実現するUEの開発が可能となる。

また、CAによるスループット向上の検討はULでも進められた。Release 11までは、同一周波数バンド内の2つのCCを束ねる周波数の組合せのみを規定したが、Release 12では異なる2つの周波数バンド間の組合せを規定した。

3. Dual Connectivity

本特集の冒頭記事[2]で述べたとおり、多くの国/地域で比較的安価で遅延を許容したバックホール^{*17}を用いていることにかんがみ、遅延のあるバックホールで接続されたeNB間の複数CCを束ねてユーザスループットを向上させる技術が、Dual Connectivityという名称で仕様策定された。同一eNB内のCCを束ねる従来のCAと比較して、異なるeNB間のキャリアを束ねるために、次のように大きく3つの検討項目があった。

- ①異なるeNB間のキャリアを束ねるネットワーク(NW)構成
 - ・異なるeNBへのデータ配信方法
 - ・C-plane^{*18}/U-plane^{*19}のプロトコル終端点
 - ・MeNBとSeNB間連携
- ②異なるeNBと同時に接続する物理(Physical)レイヤの仕組み
 - ・制御信号の送信方法
 - ・同時送信時の送信電力制御^{*20}

方法

③同期/非同期NWへの対応

以下、DCの仕様を策定する際に上記課題をいかにして解決したか説明する。

3.1 異なるeNB間キャリアを束ねるNW構成

(1)異なるeNBへのデータ配信方法

Release 12のDCでは、Master-eNB(MeNB)およびSecondary-eNB(SeNB)と呼ばれる2つのeNBの無線リソース^{*21}を使用してデータ通信を実現する。CA相当のスループットを実現するためには、同一ベアラ^{*22}のユーザデータを2つのeNBから配信する必要がある。よって、DCではMeNBがユーザデータ伝送の分岐点となり、S-GW(Serving GateWay)^{*23}からS1インタフェース^{*24}を介して転送される下りデータをMeNBのキャリア、もしくはX2インタフェース^{*25}を介してSeNB側へ配信し、SeNBのキャリアで伝送するアーキテクチャを規定している(図4(a))。また、スループット効果よりもオフロード効果を重視した運用も考慮され、同一ベアラのユーザデータをSeNBのキャリアのみで伝送するアーキテクチャも規定されている(図4(b))。この場合、MeNBを介さず、S-GWから直接下りデータがSeNBに到来する。なお、いずれのアーキテクチャにおいてもMME(Mobility Management Entity)との接続はMeNBとのみ確立される。

*15 CC: CAにおいて束ねられるキャリアを表す用語。

*16 スプリアス規定: 不要発射による干渉を回避するために規定されている保護規格。

*17 バックホール: コアネットワークから無線基地局への接続回線を指す。

*18 C-plane: 制御プレーン。通信の確立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。

ロトコル。

*19 U-plane: ユーザプレーン。ユーザデータを転送するためのプロトコル。

*20 送信電力制御: 受信側での信号対雑音電力比(SNR)または信号対干渉雑音電力比(SINR)が所要値以上になるよう送信電力を変化させる制御。

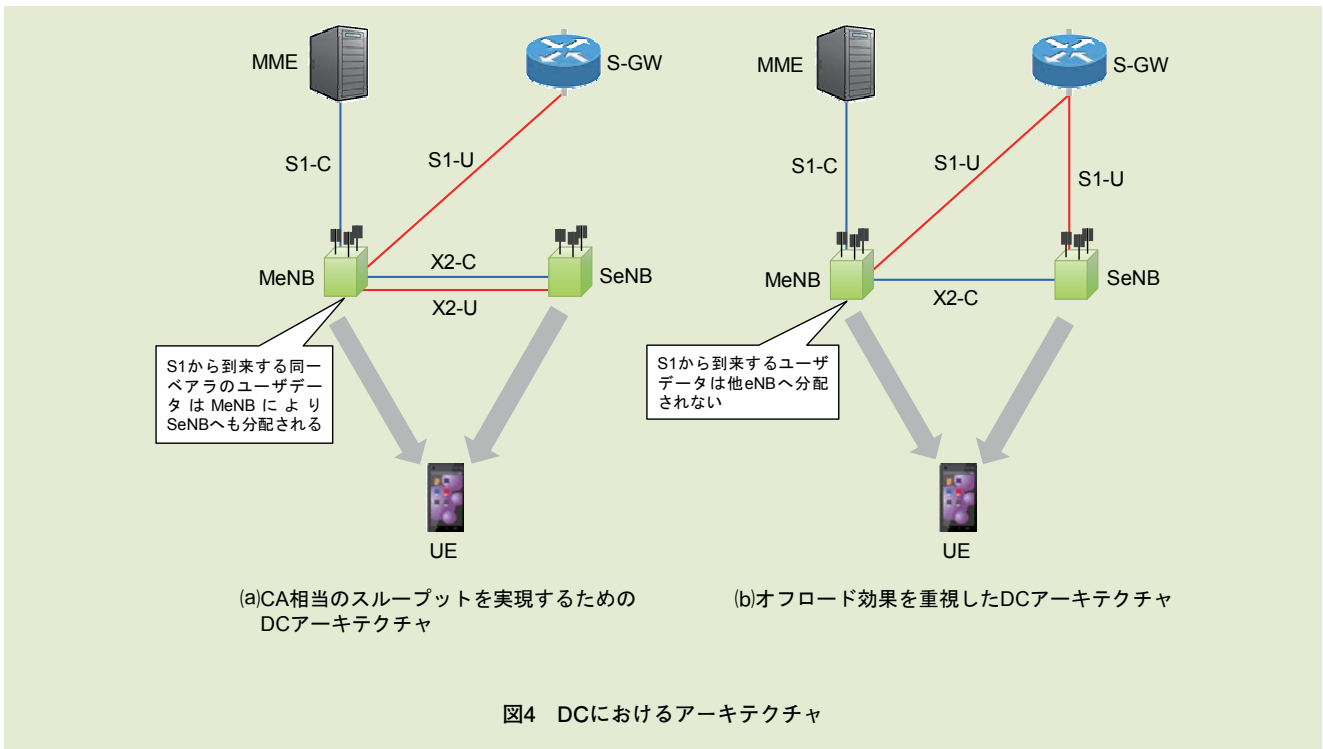
*21 無線リソース: 無線チャネル(周波数)割

当てに必要なリソースの総称。

*22 ベアラ: P-GW, S-GW, eNB, UE間で設定される論理的なユーザデータパケット伝達経路。

*23 S-GW: LTEネットワーク上でユーザデータを処理するパケット交換機。

*24 S1インタフェース: MMEやS-GWとeNBをつなぐインタフェース。



本稿では、スループット効果を重視したデータ配信方法について解説する。なお、Release 12では、2つのeNBによるデータ配信は下りのみ対応し、上りはいずれかのeNBに対してのみ伝送する仕様になっている。

(2)C-planeプロトコル終端

LTEでは、UEはNWに接続するために、1つのeNBに対してRRC (Radio Resource Control)^{*26}コネクションを確立し、RRCコネクションを用いてeNBから無線リソース設定の通知や、ハンドオーバー^{*27}などのため無線測定の設定や報告を実施する。DCでは、こうした従来のRRCコネクションの考え方を踏襲し、RRCコネクションはMeNBとのみ確立し、MeNBを介してSeNBの制御を実施している。制御の内容として

は、例えば、SeNBが提供するキャリアをUEに設定するためのSeNB追加 (SeNB Addition) や、そのキャリアを削除するためのSeNB削除 (SeNB Release や Change of SeNB) プロシージャが規定されている。

また、MeNBにマクロセル、SeNBにスモールセルを設定する運用では、UEの接続性をMeNBで担保することで、HetNetシナリオにおけるアドオンセルにおけるUEの移動管理の考え方を採用することができる。ユーザの移動によって、複数SeNBをまたいで、ハンドオーバー手順を実施することなく、RRC制御によるSeNB Addition, SeNB Release やChange of SeNBで実現することで、モビリティの特性劣化を防ぐこ

とができる。

(3)U-planeプロトコルの終端

従来のLTEでは、図5に示すようなプロトコルスタックが採用されており、eNB/UEにおいて上位からPDCP (Packet Data Convergence Protocol)^{*28}レイヤ、RLC (Radio Link Control)^{*29}レイヤ、MAC (Medium Access Control)^{*30}レイヤ、物理レイヤが設置される構成となっている。一方、DCでは複数のeNBがUEと通信を行うために、eNB側ではMeNB内のPDCPレイヤの下でプロトコルスタックが分離され、RLCレイヤ以下についてはMeNBとSeNBそれぞれに従来の同様のプロトコルスタックが用意される。UE側では、それぞれに対応するプロトコルレイヤが用意される。

*25 X2インタフェース：eNB同士をつなぐインタフェース。

*26 RRC：無線ネットワークにおける無線リソースを制御するプロトコル。

*27 ハンドオーバー：通信中端末が移動に伴いセルを跨る際、通信を継続させながら基地局を切り替える技術。

*28 PDCP：LTE方式における無線インタフェースのレイヤ2におけるサブレイヤの1つで、秘匿、正当性確認、ヘッダ圧縮などを行うプロトコル。

*29 RLC：LTE方式における無線インタフェースのレイヤ2におけるサブレイヤの1つで、再送制御、重複検出、順序整列などを行うプロトコル。

*30 MAC：LTE方式における無線インタフェースのレイヤ2におけるサブレイヤの1つで、無線リソース割当て、TBへのデータマッピング、HARQ再送制御などを行うプロトコル。

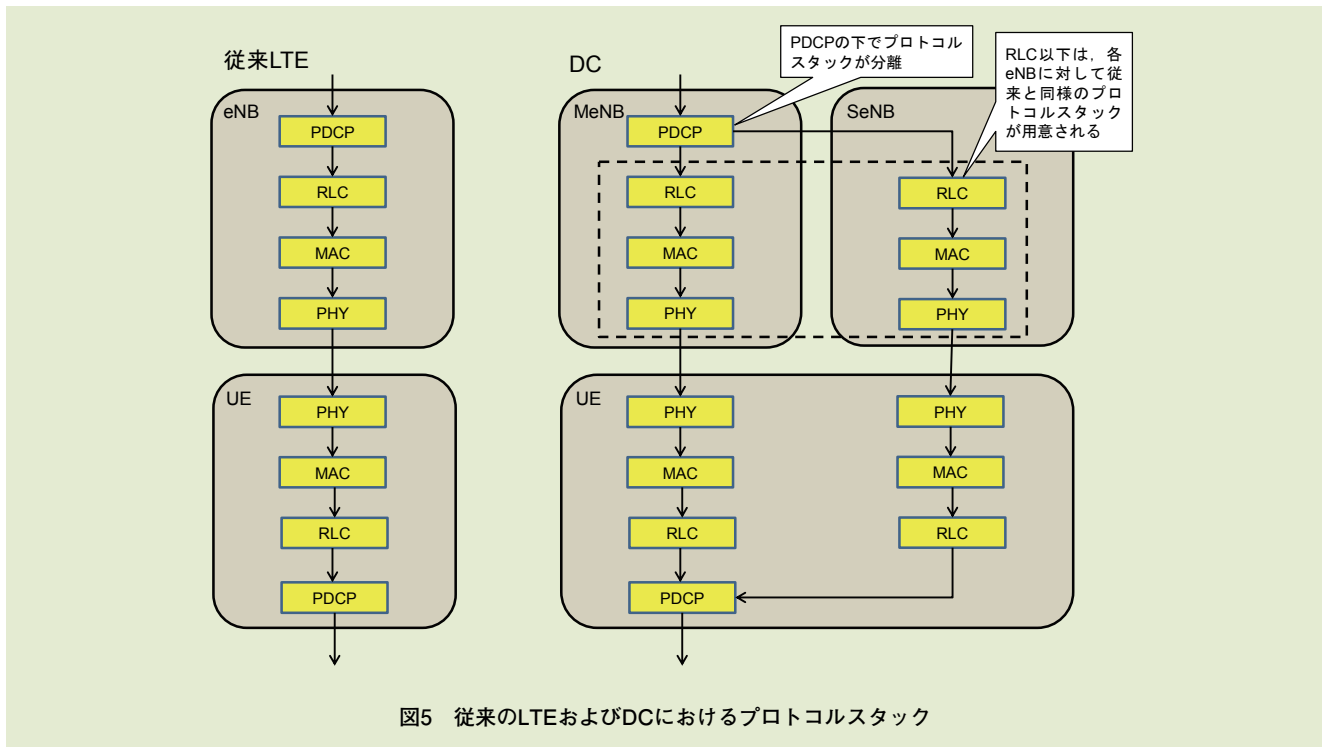


図5 従来のLTEおよびDCにおけるプロトコルスタック

(4) MeNBとSeNB間連携

(1)で説明したデータ配信方法を実現するためには、MeNBが、自身のキャリア、およびSeNBのキャリアで配信するユーザデータ量を適切に分配する必要がある。この目的のため、SeNB側から送信したユーザデータの送達確認、およびSeNB内の許容データバッファ量をSeNBからMeNBに対して通知するflow control制御が新たに規定された。

また、(2)で説明したUEに対する無線リソースの設定を可能にするため、X2インタフェースを用いてSeNBが割り当てる無線リソース情報をMeNBに通知する制御手順を規定した。図6は、DCにおけるSeNB Additionの制御シーケンスを示す。UEは最初にMeNBとして動作するeNB

へ接続し、MeNBは他eNB (SeNBとして設定されるeNB) 配下のセルの品質が良好になったことをUEから報告されると、以下のようにDC設定手順を行う。

- ① MeNBはSeNBに対し、DC設定要求 (SeNB Addition Request) を通知する。
- ② SeNBは、DC設定要求に対し、応答信号 (SeNB Addition Request Acknowledgement) に配下のセルの無線パラメータ情報を格納し、MeNBへ通知する。
- ③ MeNBはSeNBからの応答信号を受信すると、UEに対して無線リソースの設定信号 (RRC connection reconfiguration) を送信する。
- ④ UEは、MeNBに対して設定信

号に対応する完了通知 (RRC connection reconfiguration complete) を送信、SeNBに対しては同期確立手順 (Random Access procedure) を開始し、当該手順完了をもってSeNBとの接続確立状態となる。

- ⑤ MeNBは、UEからの完了通知を受信すると、SeNBへ完了通知 (SeNB reconfiguration complete) を転送し、DC設定手順完了となる。MeNBは以降、S-GWから到来する下りユーザデータをSeNBへ分配する。

3.2 異なるeNBと同時に接続する物理レイヤの仕組み

CAでは、束ねるキャリアは単一のeNBによって管理、スケジューリング

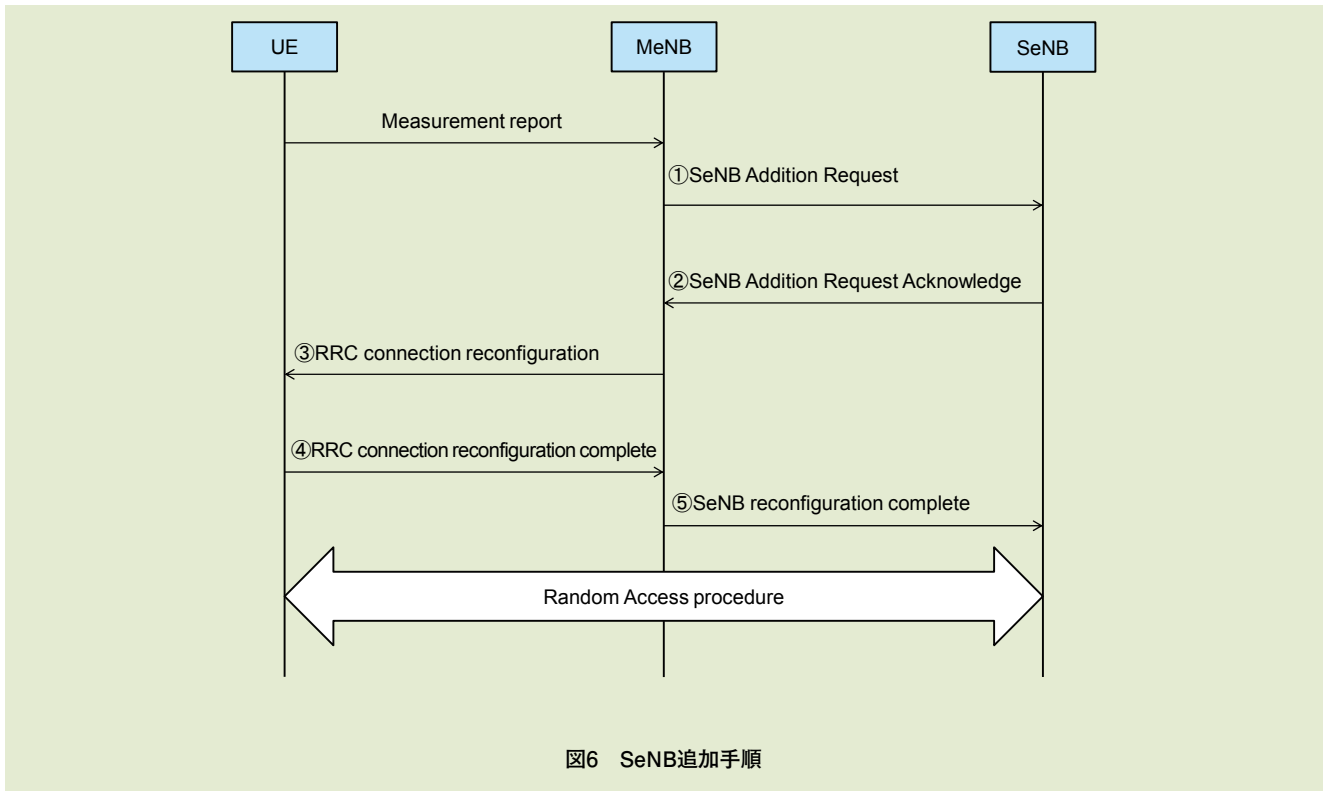


図6 SeNB追加手順

される。このため、束ねる各キャリアの情報は当該eNBによりリアルタイムに把握できる。一方、DCで束ねられるキャリアは遅延の大きいバックホールで接続され得る2つのeNBによって管理、スケジューリングされるため、eNBが各キャリアの情報をリアルタイムに共有・反映することは困難である。この課題を解決するため、キャリア間で動的な情報交換をせずとも通信を可能とするための物理レイヤ高度化が行われた。

(1)制御信号の送信方法

CAのPCellでは、Release 8でサポートされる物理チャンネル^{*31}・機能のすべてがサポートされ、SCellではその一部のみがサポートされている。例えば、SCellではPUCCHや

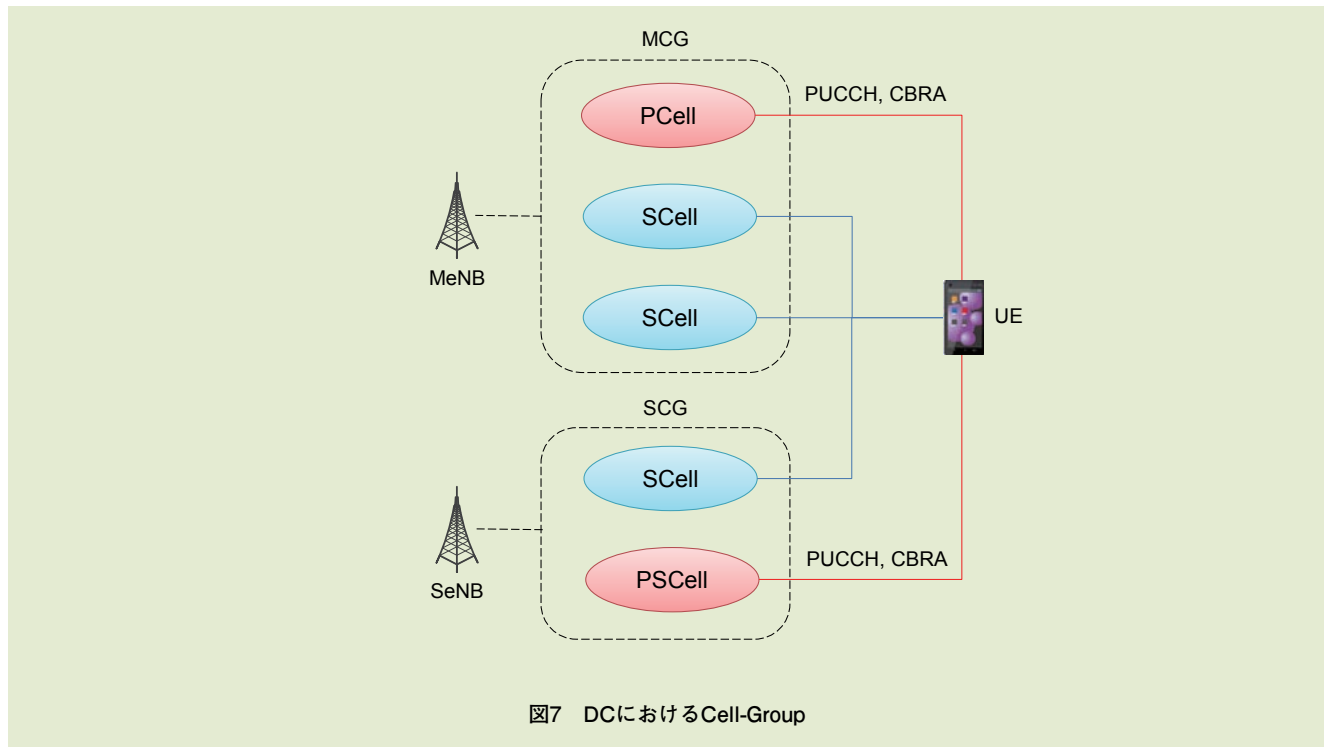
CBRA (Contention Based Random Access) などはサポートされておらず、HARQ応答信号やDLの品質情報などといったUCI (Uplink Control Information) の送信や、eNBに対する上りのスケジューリング要求などは基本的にPCellで行われる。

一方、DCではキャリアを束ねるeNB間の遅延が大きいため、MeNBのPCellで受信した前記UCIやスケジューリング要求を、バックホールを介してSeNBへリアルタイム通知し、配下のSCellのスケジューリングに反映させることは困難である。そこでDCでは、PCellに加えてSeNB配下の1つのキャリアをPSCell (Primary SCell) としてPUCCH送信やCBRAなどをサポートし、SeNB配

下の各キャリアに関するUCIやスケジューリング要求を、UEからSeNBへ直接送信することが規定された(図7)。これにより、eNB間の遅延に影響されることなく、複数のeNBとの通信を実現することが可能となる。なお、UEがSeNBとの送受信を安定して行えるように、PSCellはRadio Link Monitoring (下りの無線品質監視) 機能など、これまでPCellでしかサポートされていなかった機能も備えている。

UEは、MeNBとSeNB各々に対し、PCellあるいは、PSCellに加えて従来のSCellを設定し、各eNBにCAを適用することでスループットを向上することも可能である。この時、UEはMeNB配下の各キャリアのUCIを

*31 物理チャンネル：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ンネルの総称。



PCellのPUCCHで、SeNB配下の各キャリアのUCIをPSCellのPUCCHで送信する。このように、UEに設定される各キャリアはPCellまたはPSCellのいずれかに関連付けられてCG (Cell-group) としてグループングされる。このことから、MeNB配下のCGをMCG (Master Cell-Group)、SeNB配下のCGをSCG (Secondary Cell-Group) と呼び、スケジューリングをはじめとするMACレイヤ以下の制御はCGごとに実施される。

(2)同時送信時の送信電力制御方法

従来、UEに対して複数のULキャリアが設定される場合、eNBはUE当りの送信電力状況を管理し、許容最大値を超えないように各キャリアのリソース割当てや送信電力調整を

行っていた。本制御は物理レイヤの制御信号によりTTI (Transmission Time Interval) *32単位で動的に行われる。ところがDCでは、各eNBがUE当りの送信電力をリアルタイムに把握して制御することが困難であるため、各eNBから指示されるCGのUL送信電力の和が、UE当りの許容最大値を超過する場合が生じる。このときUEは、送信電力を許容値内に収める必要があるため、UL信号に対する電力を減らさなければならない (スケールリング)。しかし、制御情報など重要なUL信号に対するスケールリングが多発すると、ユーザスループットの劣化につながる恐れがある。そこでDCでは、各eNBに対する最低限の上りカバレッジを担保し、重要なUL信号がスケーリ

ングされることを回避するため、CGごとに所定の送信電力を最低限保証する制御が導入されている。具体的には、UEはeNBから指示される値 (MGP: Maximum Guaranteed Power) に従い、所定の送信電力を各CGに対して優先的に確保する。UEは、両CGの送信電力の和がUE当りの許容最大電力を超える場合には、各CGに対して設定されたMGP分の電力はスケールリングせずに配分しつつ、残りの電力に対してスケールリングを行うことで、送信電力を許容値内に収めるよう制御する。

また、3.3節で後述するように、DCでは同期運用と非同期運用がサポートされるため、それぞれを想定した2つの電力制御モードが規定された。同期DC運用 (モード1) では

*32 TTI: 信号を送信するための時間間隔。

MCGとSCGのサブフレーム境界がほぼ揃っている(図8(a))ため、UEは各CGに対して配分すべき送信電力をほぼ同じタイミングで算出することが可能である。このため、UE当りの許容最大電力を超える場合、いずれのCGにおいてもMGPで保証されない電力分に対しては、UEがCAのように各キャリアにおけるUL送信のチャンネル種別を判定し、チャンネル種別に基づいて優先度の低いものからスケールリングを適用する。これにより、MGPで保証されない電力分についても、優先度の高い信号に対するスケールリングの発生を抑えることができる。

一方、非同期DC運用(モード2)ではMCGとSCGのサブフレーム境界が大きくずれている(図8(b))た

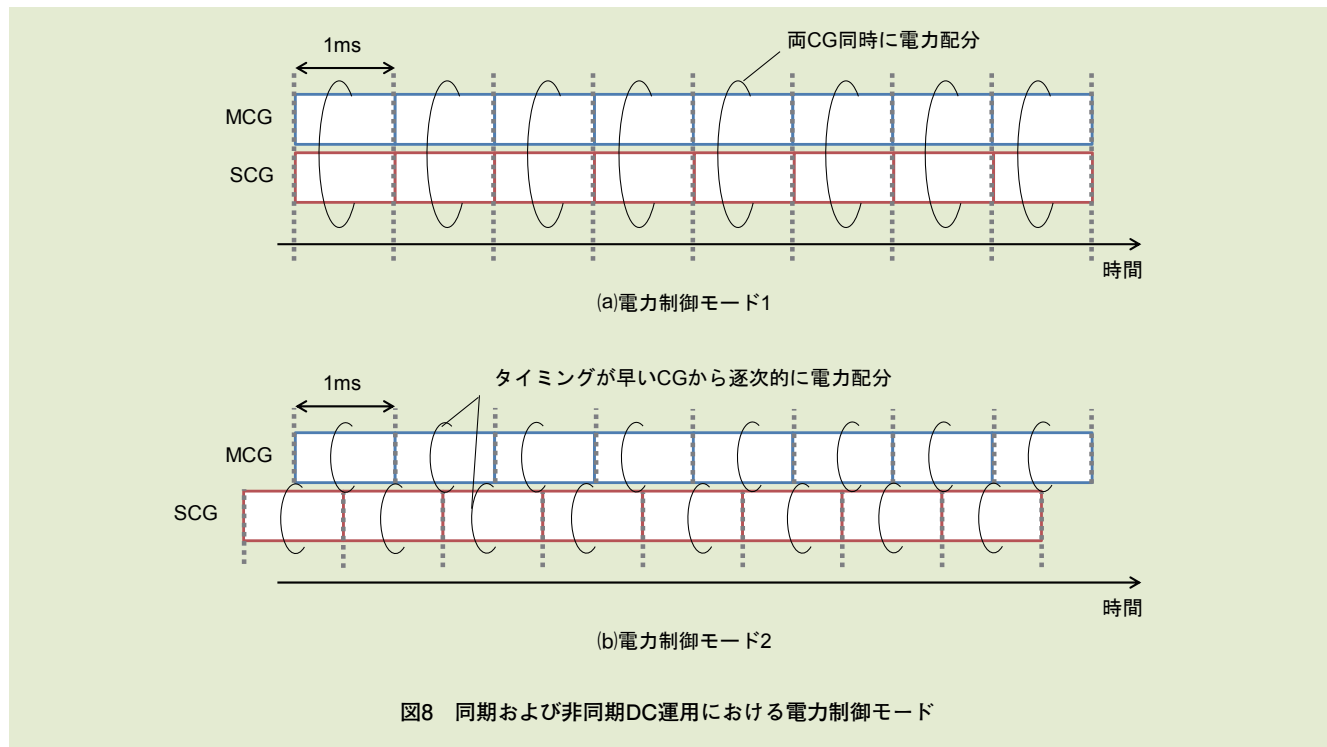
め、各CGに対して配分すべき送信電力は送信が発生したタイミングで決定される。このため、MGPで保証されない電力分は、送信タイミングが早いCGから逐次的に配分される。許容最大電力を超える場合、チャンネル種別に関わらず、送信タイミングが遅いCGに対する電力配分が制限される。しかしながら、時間的にずれたMCGとSCGのサブフレーム間で優先度を判定してスケールリングを適用する制御が不要となることから、電力計算に要するUEの処理負担を軽減することが可能である。

3.3 同期／非同期NWへの対応

CAにおいて設定されるCCはすべて同一eNB配下のキャリアであり、

キャリア間がほぼ同期しているため、従来のCA対応UEはキャリア間同期を前提とした実装となっている。一方、異なるeNB配下のキャリア間では、同一NW内であっても必ずしも同期しているとは限らない。このため、UEがキャリア間同期を前提とした実装では、非同期NWでDCを運用することができず、DCの適用領域が制限される可能性がある。そこで、より柔軟なDC運用を実現するために、eNB間の同期を前提とするDC制御に加えて、同期を前提としない非同期DC制御が規定され、DC対応UEはこれら2つの制御を想定して実装される。

同期DC制御については、CAと同程度のキャリア間の同期精度を前提としているため、eNB間が同期して



いるNWでしか運用することができないが、UEとしてはCA実装を流用してDC実装を実現することができる。一方、非同期DC制御については、キャリア間で時間的に大きくずれて到来する信号を適切に処理する制御が必要となるが、通信事業者はeNB間を同期せずにDCを運用でき、より柔軟な置局構成が可能となる。

4. あとがき

本稿では、3GPP Release 12にて規定された、TDD-FDD CAや、CA

で利用するCC数の増大に対応する無線仕様、およびDCについて、機能的特徴や基本制御を解説した。これらの機能によって、より柔軟なアドオンセル運用が可能となり、適用領域をさらに広げてユーザースループットを向上できる。

今後さらに増加するトラフィックに対応するため、Release 13では、100MHzを超える広帯域で通信を行う拡張CA制御の検討や、ULにおいても各eNBに対してユーザーデータを送信してスループットを向上するな

ど、DCの拡張技術の検討が進められている。

文献

- [1] NTTドコモ報道発表資料：“「高度化C-RANアーキテクチャ」を実現する基地局装置の開発を開始,” Feb. 2013.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2013/02/21_00.html
- [2] 永田, ほか：“LTE-Advanced Release 12 標準化技術概要,” 本誌, Vol.23, No.2 pp.30-34, Jul. 2015.