

LTE-Advanced (3GPP Rel.11)

技術紹介

ホワイト・ペーパー

3GPP Release 8 で規定された LTE 技術が、初めて商用展開されたのは、2009 年末のことでした。それ以降、商用ネットワーク数は世界中で堅調な伸びを示しています。LTE は、最も急速に開発が進んでいるモバイル・システム技術になりました。他の携帯電話技術と同様に、LTE においても引き続き改善の取り組みが行われています。3GPP グループでは、各リリースに対して技術要素を追加しました。最初の拡張は 3GPP Release 9 で導入され、さらなる改善が LTE-Advanced と呼ばれる 3GPP Release 10 で行われました。Release 10 以降でも、複数のマーケット用語が使用されています。しかしながら、3GPP では、技術ファミリーとその進化の名称については、今後も LTE-Advanced という用語で十分であると判断しています。つまり、LTE-Advanced という用語は、3GPP Release 12 も含めた Release 10 以降で定義された仕様を正確に説明しているということです。本ホワイト・ペーパーでは、3GPP Release 11 で導入された改善点を、無線インタフェースを中心にまとめてあります。

目次

1	はじめに	3
2	LTE-Advanced Release 11 の技術要素	5
2.1	LTE キャリア・アグリゲーションの高度化.....	5
2.1.1	アップリンク・キャリア・アグリゲーションの TAs (マルチ・タイミング・アドバンス)	5
2.1.2	隣接しないバンド内キャリア・アグリゲーション	7
2.1.3	LTE TDD の追加のスペシャル・サブフレーム・コンフィグと異なるバンドにおける異なる UL/DL コンフィグへの対応	11
2.1.4	チャンネル選択のある PUCCH フォーマット 1b 用拡張 TxD スキーム	13
2.2	LTE CoMP (Coordinated Multi-Point Operation)	14
2.2.1	CoMP 用語	15
2.2.2	DL CoMP	16
2.2.3	UL CoMP	18
2.3	E-PDCCH: 新たな制御チャンネル、3GPP Release 11 LTE-Advanced	19
2.3.1	LTE に新たな制御チャンネルが必要な理由.....	19
2.3.2	E-PDCCH デザイン・アーキテクチャ	19
2.4	非 CA ベースの felCIC	23
2.5	ネットワーク・ベースのポジショニング	24
2.6	MBMS のサービス継続性の改善	26
2.7	デバイス内共存による干渉回避のためのシグナリング/手順	28
2.8	EDDA (Enhancements for Diverse Data Applications)	30
2.9	MTC の RAN 過負荷制御	31
2.10	ドライブ・テストの縮小化 (MDT)	32
2.10.1	アーキテクチャ	32
2.10.2	ユース・ケース	33
2.10.3	測定	34
2.11	ネットワークのエネルギー節約	36
3	まとめ	38
4	LTE/LTE-Advanced 周波数バンド	39
5	参考文献	42
6	追加情報	44

1 はじめに

LTE (Long Term Evolution) 技術は、3GPP (3rd Generation Partnership Project) において 3GPP Release 8 機能セットの一部として標準化されています。2009 年末以降、LTE 移動体通信システムは、GSM (Global system for mobile communications)、UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)、CDMA2000 の発展の 1 つとして展開されていますが、後者は 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2) で規定されました。LTE の基本的な技術紹介は、[1] にあります。ITU (International Telecommunication Union) では、その性能が IMT 2000 (International Mobile Telecommunications) を超える移動体システムを特定する言葉として IMT-Advanced という用語を制定しました。3GPP では、LTE-Advanced と呼ばれる 3GPP Release 10 で規定された一連の追加の技術要素によって、IMT-Advanced 要件に対応していません (詳細は、[3] を参照)。2010 年 10 月、LTE-Advanced (LTE-A) は、IMT-Advanced 要件を満たすか、それを上回っているとして ITU-R による評価プロセスを無事に終了し、認定済みの 4G 技術となりました。

既存のモバイル技術は、相当な期間にわたって常に拡張され続けています。例えば、20 年以上にも及ぶ運用実績がある GSM は、現在でも改善が行われています。LTE/LTE-A は、商業運用の観点から見ればまだ初期段階にあり、これから何年にもわたってさらに拡張され続けていくことが予想できます。本ホワイト・ペーパーでは、LTE に基づく追加の技術要素についてまとめてあります。これは 3GPP Release 11 の仕様に含まれています。

それぞれの技術要素については、第 2 章で説明されます。LTE Release 8 ~ 11 の技術要素の依存関係を次の 図 1-1 に示します。

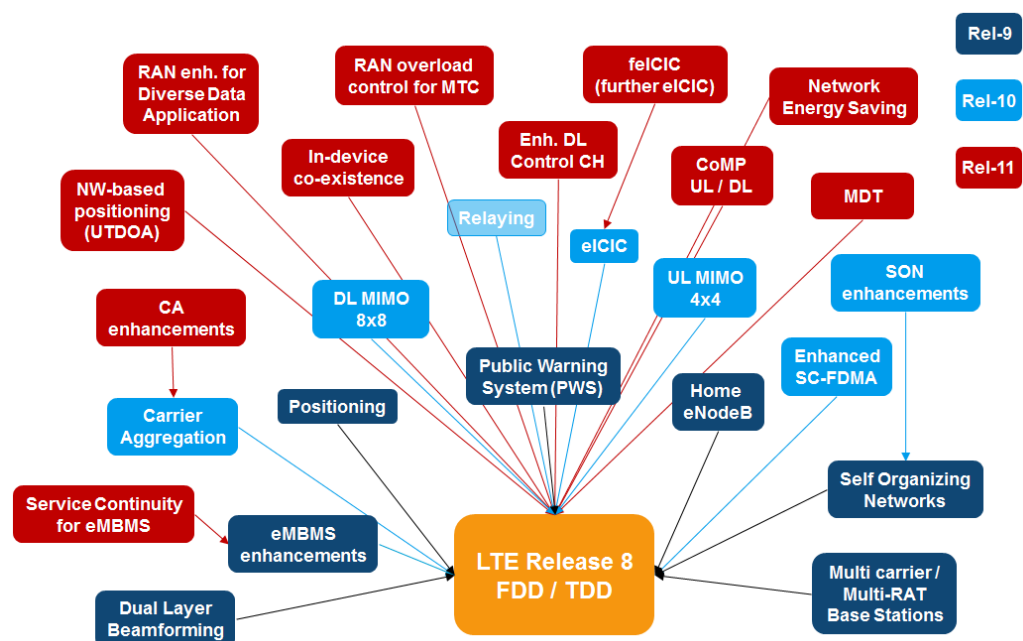


図 1-1: 3GPP Release 8 ~ 11 の技術要素の依存関係

第 3 章では、本ホワイト・ペーパーのまとめを行います。第 4 章、第 5 章、および第 6 章には、LTE 周波数バンドのまとめと参考文献も含めた追加情報が記載されています。

2 LTE-Advanced Release 11 の技術要素

当然のことながら、LTE/LTE-Advanced 技術は、新たな技術要素を追加することによって、または既存の技術要素を改良することによって、継続的に拡張されていきます。3GPP Release 11 で規定された LTE-Advanced は、LTE キャリア・アグリゲーションの高度化やさらなる拡張 ICIC などの既存の機能に基づく多くの改良点から構成されています。新たに追加された技術要素の中でも CoMP は、エンド・ユーザ・デバイスと無線アクセス・ネットワークの両者に明らかに大きな影響を与える機能です。CoMP は、3GPP Release 10 で既に議論されていました。しかし、最終的には 3GPP Release 11 に持ち越されました。3GPP Release 11 で行われた拡張の多くは、より効率的にヘテロジニアス・ネットワーク形態に対応する必要性の結果行われたものです。

2.1 LTE キャリア・アグリゲーションの高度化

LTE-Advanced では、3GPP Release 10 機能セットのキャリア・アグリゲーションは、移動通信事業者が所有する断片化するおそれのあるスペクトラムをまとめる機能のため、明らかに最も大きな要求機能です。当然ながら、このキャリア・アグリゲーション技術要素のさらなる高度化が 3GPP Release 11 に導入されました。これらについて、以下の項で説明します。

2.1.1 アップリンク・キャリア・アグリゲーションの TAs (マルチ・タイミング・アドバンス)

現行の 3GPP Release 10 では、PCell ベースのすべてのコンポーネント・キャリアに対して TA (タイミング・アドバンス) が 1 つしかないという事実のために、アップリンクのマルチキャリアが同期されます。ランダム・アクセス・チャネルの最初のアップリンク送信のタイミングは、DL リファレンスタイミングに基づいて決定されます。UE は DL のタイミングに基づいて、自律的にタイミングを調整します。これにより、シナリオに対する UL キャリア・アグリゲーションの使用は、各キャリアの伝搬の遅延が等しい場合に制限されます。ただしこれは、リピータが単一周波数バンドでのみ使用される場合、つまりバンド間キャリア・アグリゲーションの場合とは異なります。また、遅延が周波数固有の場合、リピータ/リレーによって、異なる周波数バンドには異なる遅延が発生することがあります。もう 1 つの典型的なシナリオは、高いデータ・スループットのために、別の周波数にある小さなセルとアグリゲーションされた広範囲をカバーするマクロセルです。2 つのセルのアンテナの地理的な位置が異なっているため、時間の遅延に相違が生じることがあります。さらに、潜在的に重要なのは、UL キャリア・アグリゲーションが UL CoMP (第 2.2 章を参照) と共に使用されると、実体を受信している NodeB が他の場所に位置している場合があり、これらにも各コンポーネント・キャリアに対して固有の TA が必要になることです (図 2-1 を参照)。

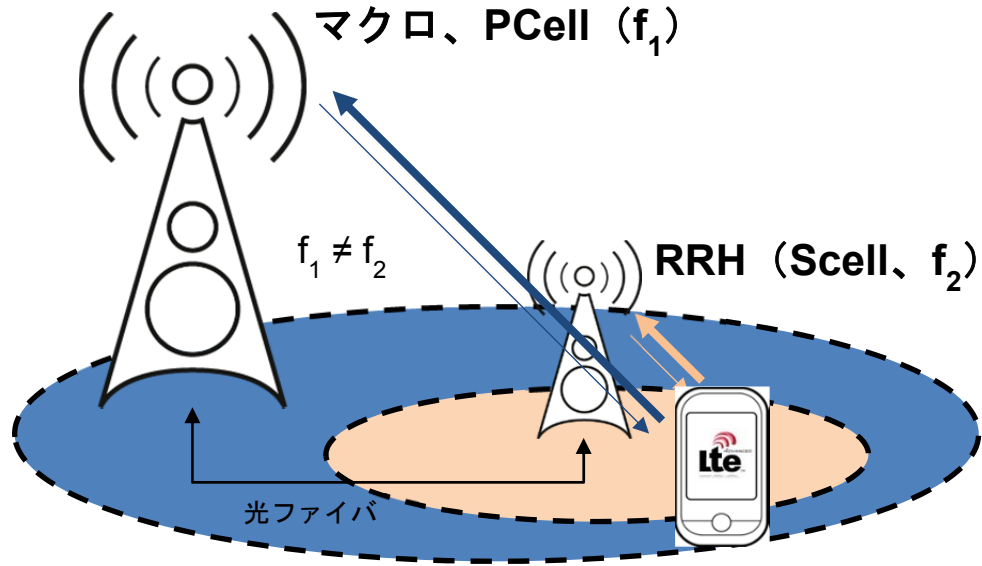


図 2-1: UL でマルチキャリアが使用されると CoMP のシナリオ 3 では異なる TA が必要

3GPP Release 11 で Tas を可能にするために、TAG (Timing Advance Group) という用語が導入されました [4]。TAG には同じ UL TA と同じ DL タイミング・リファレンスセルである 1 つ以上の通信中のセルが含まれます。TAG に PCell が含まれる場合は、pTAG (Primary Timing Advance Group) と呼ばれます。TAG に SCell のみが含まれる場合は、sTAG (Secondary Timing Advance Group) と呼ばれます。3GPP Release 11 の RF (3GPP RAN4) の観点からは、キャリア・アグリゲーションは、最大で 2 つの DL キャリアに制限されます。その結果、2 つの TAG のみが可能になります。sTAG の最初の UL タイム・アライメントは、3GPP Release 8 で単一キャリアの最初の TA を確立するのと同じ方法で、eNB が開始するランダム・アクセス手順によって取得されます。sTAG にある SCell は、RACH リソースを使用して設定することができ、eNB は TA を決定するために SCell で RACH アクセスを要求します。つまり、eNodeB は、プライマリ・セルに送信する PDCCH 指示によってセカンダリ・セルでの RACH 送信を開始します。SCell プリアンブルに応答するメッセージは、3GPP Release 8 に準拠する RA-RNTI を使用して PCell で送信されます。UE では SCell の DL フレームのタイミング変化を追跡して、eNB からの TA コマンドに従って、UL 送信のタイミングを調整します。Tas コマンドを可能にするために、関連する MAC TA コマンドの制御エレメントが修正されています。制御エレメントは、図 2-2 に示すように、新しい 2 ビットの TAG ID (Timing Advance Group Identity) と 6 ビットの TA コマンド・フィールド (3GPP Release 8 から変更なし) から構成されています。PCell を含む TAG には、TAG ID 0 が設定されます。

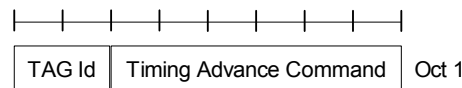


図 2-2: TA コマンドの MAC 制御エレメント [10]

3GPP Release 8 では、タイミングの変更は、現在の UL タイミングを 16 T_s の倍数として相対的に適用されます。pTAG の TA 維持と同様のパフォーマンス要件が、sTAG の TA 維持にも適用されます。

2.1.2 隣接しないバンド内キャリア・アグリゲーション

3GPP Release 10 でのキャリア・アグリゲーションでは、マルチキャリア周波数でのバンド内 (Intra-band) とバンド間 (Inter-band) の組み合わせが可能です。バンド内の場合、キャリア周波数は隣接していることも、隣接していないこともあり、そのため隣接するキャリア・アグリゲーションと隣接しないキャリア・アグリゲーションの両方が可能です。[12] で規定された命名規則については、図 2-3 を参照してください。

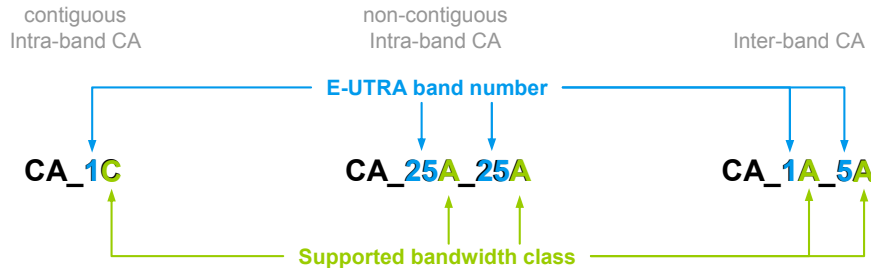


図 2-3: キャリア・アグリゲーション・サポートの表記法 (タイプ、周波数バンド、帯域幅)

ただし、3GPP RAN4 から見れば、隣接しないキャリア・アグリゲーションの場合は、3GPP Release 10 の有効期間内では完全ではありませんでした。そのため、不足していた要件が 3GPP Release 11 で追加されました。これには、ACLR、ACS、および不要発射についての要件の修正と明確化、さらに重要なのは基地局への Cumulative ACLR (CACLR) とタイミング・アライメント・エラーの要件追加などがあります。図 2-4 に隣接しないバンド内キャリア・アグリゲーションの基本的な用語と定義を説明します。

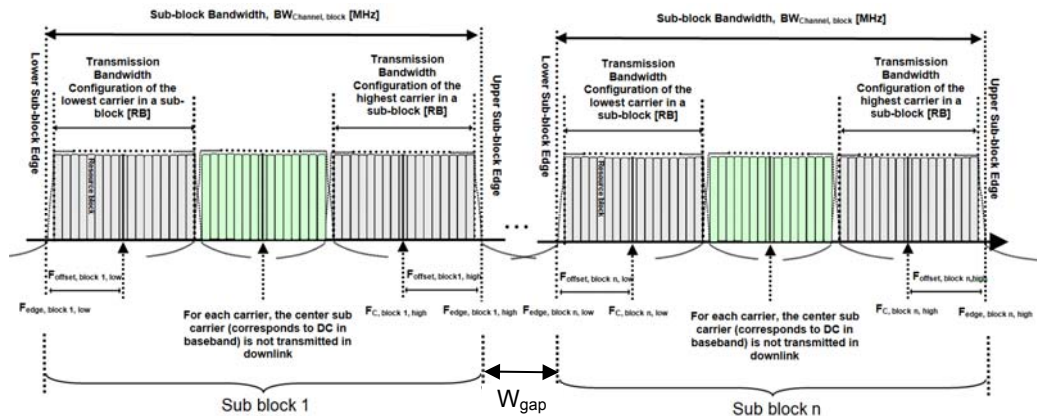


図 2-4: 隣接しないバンド内 CA の用語と定義 [12]

以下の章では、UE と BS の両方の修正について説明します。LTE-Advanced では一般に最大で 5 つのキャリアがアグリゲーションされます。しかし、3GPP RAN4 にはコアの定義に制限があったため、最も現実的なシナリオのパフォーマンス要件は、2 つの DL キャリア周波数に 1 つの UL キャリア周波数を組み合わせたものになります。

2.1.2.1 BS 要件の修正と追加

BS アンテナ・ポートの LTE 信号のフレームは、時間内で完全にはアライメントされていません。MIMO、TX ダイバシティやマルチキャリア周波数による運用では、特定

のトランスミッタ間でのタイミング・エラーは、規定された要件を満たす必要があります。隣接しないキャリア・アグリゲーションの場合、青色でハイライトされた TAE 要件が追加されました。

- 1 MIMO または TX ダイバシティ送信では、キャリア周波数ごとに TAE は 65 ns を超えてはならない。
- 1 バンド内隣接するキャリア・アグリゲーションでは、MIMO または TX ダイバシティの有無にかかわらず、TAE は 130 ns を超えてはならない。
- 1 **バンド内隣接しないキャリア・アグリゲーションでは、MIMO または TX ダイバシティの有無にかかわらず、TAE は 260 ns を超えてはならない。**
- 1 バンド間キャリア・アグリゲーションでは、MIMO または TX ダイバシティの有無にかかわらず、TAE は 1.3 μ s を超えてはならない。

ACLR については、CACLR (Cumulative Adjacent Channel Leakage power Ratio) と呼ばれる新たな要件が導入されました。サブブロック・ギャップの CACLR は、以下の比となります。

- 1 サブブロック・ギャップの各サイドに対して 2 キャリアの隣接に割り当てられたチャンネル周波数を中心とするフィルタされた平均電力の合算
- 1 サブブロック端それぞれ的一方に対して隣接周波数チャンネルを中心とするフィルタされた平均電力

ペアおよび非ペアのスペクトラムで使用する新たな CACLR リミットは以下の表 2-1 および表 2-2 で規定されています。

表 2-1:隣接しないペア・スペクトラムの BS ACLR

リミット適用するサブブロック・ギャップ・サイズ (W_{gap})	サブブロック端からギャップ内への BS 隣接チャンネル中心周波数オフセット	仮定した隣接チャンネル・キャリア (参考情報)	隣接チャンネル周波数のフィルタと対応フィルタ帯域幅	ACLR リミット
$5 \text{ MHz} \leq W_{gap} < 15 \text{ MHz}$	2.5 MHz	3.84 Mcps UTRA	RRC (3.84 Mcps)	45 dB
$10 \text{ MHz} < W_{gap} < 20 \text{ MHz}$	7.5 MHz	3.84 Mcps UTRA	RRC (3.84 Mcps)	45 dB

表 2-2:隣接しない非ペア・スペクトラムの BS ACLR

リミット適用するサブブロック・ギャップ・サイズ (W_{gap})	サブブロック端からギャップ内への BS 隣接チャンネル中心周波数オフセット	仮定した隣接チャンネル・キャリア (参考情報)	隣接チャンネル周波数のフィルタと対応フィルタ帯域幅	ACLR リミット
$5 \text{ MHz} \leq W_{gap} < 15 \text{ MHz}$	2.5 MHz	5MHz E-UTRA キャリア	Square (BW_{Config})	45 dB
$10 \text{ MHz} < W_{gap} < 20 \text{ MHz}$	7.5 MHz	5MHz E-UTRA キャリア	Square (BW_{Config})	45 dB

さらに隣接キャリアでの UTRA と EUTRA の運用を仮定した、既存の ACLR 要件の適用が明確化されています。隣接しないキャリア間の周波数ギャップが 15 MHz よりも小さい場合、ACLR 要件は適用されません。周波数ギャップが 15 MHz よりも大きい場合、ACLR は第 1 隣接チャンネルに適用され、周波数ギャップが 20 MHz よりも大きい場合は、第 2 隣接チャンネルの ACLR 要件も適用されます。

さらに、各種のトランスミッタおよびレシーバの要件の説明が組み込まれています（詳細は [13] を参照）。

- 1 運用バンドの不要発射は、任意のサブブロック・ギャップ内に適用されます。
- 1 送信相互変調の要件は、干渉信号が完全にサブブロック・ギャップに埋もれるサブブロック・ギャップ内に干渉信号オフセットを適用できます。この場合、干渉信号オフセットは、サブブロック端に対して相対的に定義されます。
- 1 ACS、ブロッキング、相互変調特性のレシーバ要件は、サブブロック・ギャップ・サイズが少なくとも E-UTRA 干渉信号より広帯域である場合に、任意のサブブロック・ギャップ内に適用されます。

2.1.2.2 UE 要件の修正と追加

UE では、バンド内隣接しないキャリア・アグリゲーションには 5 MHz および 10 MHz 帯域幅のみがサポートされる必要があります。3GPP Release 11 における訂正／修正は、当然、隣接しないキャリア・アグリゲーション信号の受信について言及するこ

とになります。3GPP RAN4 には、ギャップ内テストおよびギャップ外テストと呼ばれるものが追加されています。ギャップ内テストとは、最も高いキャリア周波数に割り当てられたチャンネル周波数に対する負のオフセット位置、または最も低いキャリア周波数に割り当てられたチャンネル周波数に対する正のオフセット位置に干渉信号がある場合を指します。ギャップ外テストとは、最も高いキャリア周波数に割り当てられたチャンネル周波数に対する正のオフセット位置、または最も低いキャリア周波数に割り当てられたチャンネル周波数に対する負のオフセット位置に干渉信号がある場合を指します。

修正された要件の詳細は、[12] で規定されています。主に影響を受けるのは、最大入力レベル（同じ電力で受信した両方のキャリアを合わせて -22 dBm）、隣接チャンネル選択度、バンド外およびバンド内ブロッキング、スプリアス・レスポンスとレシーバ相互変調の要件です。ただし、ACS 要件、バンド内ブロッキング要件、ナローバンド・ブロッキング要件は、両キャリア間の周波数ギャップが次の条件を満たす場合は、ギャップ内テストでのみサポートされる必要があります。

$$W_{\text{gap}} \geq (\text{干渉周波数オフセット 1}) + (\text{干渉周波数オフセット 2}) - 0.5 * ((\text{チャンネル帯域幅 1}) + (\text{チャンネル帯域幅 2}))$$

基準感度については、5 MHz（25 RB）および 10 MHz（50 RB）帯域幅の両方の場合に対処するために、新たな要件が追加されました。各 DL コンポーネント・キャリアのスループットは、最低でも RMC の最大スループットの 95% である必要があります。基準感度は、DL コンポーネント・キャリアがアクティブで、1 UL キャリアがアクティブであるという両方の条件を満たすように定義されます。レシーバのこの追加の要件の設定を表 2-3 に示します。

表 2-3: バンド内隣接しない CA の基準感度の UL 設定

CA 設定	アグリゲーションされたチャンネル帯幅(PCC+SCC)	W_{gap} / [MHz]	PCC 割り当て	$\Delta RBNC$ (dB)	多重方式
CA_25A-25A	25RB + 25RB	$30.0 < W_{gap} \leq 55.0$	10^1	5.0	FDD
		$0.0 < W_{gap} \leq 30.0$	25^1	0.0	
	25RB + 50RB	$25.0 < W_{gap} \leq 50.0$	10^1	4.5	
		$0.0 < W_{gap} \leq 25.0$	25^1	0.0	
	50RB + 25RB	$15.0 < W_{gap} \leq 50.0$	10^4	5.5	
		$0.0 < W_{gap} \leq 15.0$	32^1	0.0	
50RB + 50RB	$10.0 < W_{gap} \leq 45.0$	10^4	5.0		
	$0.0 < W_{gap} \leq 10.0$	32^1	0.0		

注 1: ¹UL リソース・ブロックが DL 運用バンドにできるだけ近く配置すべきであるが、送信範囲に限定される。
 注 2: W_{gap} は、2 つのサブブロック間のサブブロック・ギャップである。
 注 3: UL 運用バンドの PCC キャリアの中心周波数は、DL 運用バンドの近くに設定される。
 注 4: ⁴UL リソース・ブロックは、 $RB_{start}=33$ に配置すべきである。

2.1.3 LTE TDD の追加のスペシャル・サブフレーム・コンフィグと異なるバンドにおける異なる UL/DL コンフィグへの対応

3GPP Release 10 では、TDD キャリア・アグリゲーションが適用されると、すべてのキャリア周波数で同じ UL/DL 設定が使用されます。この制限は 3GPP Release 11 では廃止されました。つまり、表 2-4 に示すように、既存の設定外であっても、異なるキャリアで異なる UL/DL 比を使用できます。これは主に HARQ-ACK レポート手順（詳細は [7] の第 7.3.2.2 章を参照）に影響を与えます。

表 2-4: UL/DL の構成

UL/DL の構成	スイッチ-ポイント 周期	サブフレーム番号										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U	
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D	
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D	
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D	
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D	
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	

この他にも、2 つのスペシャル・サブフレームの構成が追加されました（表 2-5 および表 2-6 を参照）。

- l DL ノーマル CP のスペシャル・サブフレームの構成 9
- l DL エクステンド CP のスペシャル・サブフレームの構成 7

表 2-5: ノーマル CP のスペシャル・サブフレームの構成 (DwPTS/GP/UpPTS 長)

スペシャル・サブ フレームの構成	ノーマル CP					
	DwPTS [ms]	GP [ms]	UpPTS [ms]	DwPTS [シンボル]	GP [シンボル]	UpPTS [シンボル]
0	0.2142	0.7146	0.0712	3	10	1
1	0.6422	0.2866		9	4	
2	0.7134	0.2154		10	3	
3	0.7847	0.1441		11	2	
4	0.8559	0.0729		12	1	
5	0.2142	0.6433	0.1425	3	9	2
6	0.6422	0.2153		9	3	
7	0.7134	0.1441		10	2	
8	0.7847	0.0728		11	1	
9	0.4280	0.4295		6	6	

表 2-6: エクステンド CP のスペシャル・サブフレームの構成 (DwPTS/GP/UpPTS 長)

スペシャル・サブフレームの構成	エクステンド CP					
	DwPTS [ms]	GP [ms]	UpPTS [ms]	DwPTS [シンボル]	GP [シンボル]	UpPTS [シンボル]
0	0.25	0.6667	0.0833	3	8	1
1	0.6667	0.25		8	3	
2	0.75	0.1667		9	2	
3	0.8333	0.0833		10	1	
4	0.25	0.6667	0.1666	3	7	2
5	0.6667	0.25		8	2	
6	0.75	0.1667		9	1	
7	0.4167	0.4167		5	5	
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-

これが追加されることにより、DwPTS と GP をバランスよく使用できるようになります。つまり、TD-SCDMA との互換性を維持しながらシステムの柔軟性が拡張されます。

2.1.4 チャネル選択のある PUCCH フォーマット 1b 用拡張 TxD スキーム

エンド・ユーザ・デバイス側は一般に 2 アンテナが利用可能ですが、3GPP Release 10 までは、これらはデータの受信にのみ使用されていました。3GPP Release 11 では、両方のアンテナを送信にも使用することで、UL 送信ダイバシティを適用できるようになりました。3GPP 仕様には記述がありませんが、使用されている基本方式は SORTD (Spatial Orthogonal-Resource Transmit Diversity) です。3GPP RAN1 では、この技術要素の妥当性が検討されている点に注意してください。最終的には、UE がキャリア・アグリゲーション対応である場合 (TDD)、またはマルチセルで構成されている、つまりキャリア・アグリゲーション・モードで運用されている場合 (FDD) にのみ、送信ダイバシティが使用できると決定されました。

SORTD の原理は、異なるアンテナで異なるリソース (時間、周波数、コードなど) を使用して UL 制御シグナリングを送信することです。2 アンテナからの PUCCH 送信は、異なるリソースを使用する別々の 2 UE からの PUCCH 送信と本質的に同一です。そのため、SORTD により追加のダイバシティが作成されますが、これは非 SORTD 送信と比較して 2 倍の PUCCH リソースを使用することによって実現されます。変調されたシンボルは、CDM/FDM 拡散を実行するために、各アンテナ・ポートで二重化されます。信号は、スペース-リソース直交化で送信されます。チャネル選択のある PUCCH フォーマット 1b は、FDD モードと TDD モードの両方で使用可能です (詳細は [7] を参照)。

2.2 LTE CoMP (Coordinated Multi-Point Operation)

LTE Coordinated Multi-Point Operation の略語である CoMP は、新たなヘテロジニアス・ネットワーク (HetNet) 展開戦略に関して 3GPP Release 11 における最も重要な技術改善点の 1 つですが、これは伝統的なホモジニアス・ネットワーク形態でも同様です。簡単に言えば、HetNet の目的は、マクロセル、ピコセル、フェムトセルの基地局、リレーを使用してエリア単位あたりのスペクトラム効率を向上することです。これに比較して、ホモジニアス・ネットワーク形態では、1 セルサイズ (通常はマクロ・レイヤ) だけから成ります。それにもかかわらず、どちらのネットワーク展開戦略でも主にセル端 UE が、いわゆるセル間干渉を経験します。この干渉は、それぞれのセルベースで、個々に実行される DL 送信と UL 受信のために起こります。CoMP の目標は、世界中の多くの通信事業者が目指しているヘテロジニアス・ネットワーク展開ではより扱いが困難となる、同一周波数で運用されているセル間干渉をさらに抑えることにあります。

名前にも示されているように、CoMP はマルチ分散ポイント (マルチセルやマルチ RRH (Remote Radio Heads)) からの送受信を協調方法で最適化できます。CoMP では UE に対する送受信を共同で行うことができるため、UE は最も近くにある BS を選択することで全般的なスループットの他にも、電力の消費に影響を与え、そのためシステム性能にも影響を及ぼします。さらに CoMP では負荷分散も実現されるため、セル間干渉の緩和にも貢献します。

3GPP 標準化は、4 つの異なる CoMP シナリオに基づいています。最初の 2 つのシナリオは、どちらもホモジニアス・ネットワークの展開に注目しており、1 番目は単一 eNode B がマルチセクタにサービスし (シナリオ 1)、2 番目はハイパワー送信のマルチ RRH でのものです (シナリオ 2)。図 2-5 を参照してください。

残りの 2 つのシナリオは、HetNets を対象にしており、マクロセルとスモールセルが、異なるセル ID を使用して (シナリオ 3)、または同じセル ID を使用して (シナリオ 4) 協調しながら展開します。

CoMP は複雑であるため、標準化の過程において DL と UL の 2 つの独立したワークアイテムに分離されました。これらについて以下の章で説明します。双方のリンクは、CoMP で使用されている Coordinated Scheduling / Beamforming の他にも、Joint Transmission (JT、DL) と Joint Reception (JR、UL) を含む Joint Processing (JP) という 2 つの主要なスキームからメリットを得ます。

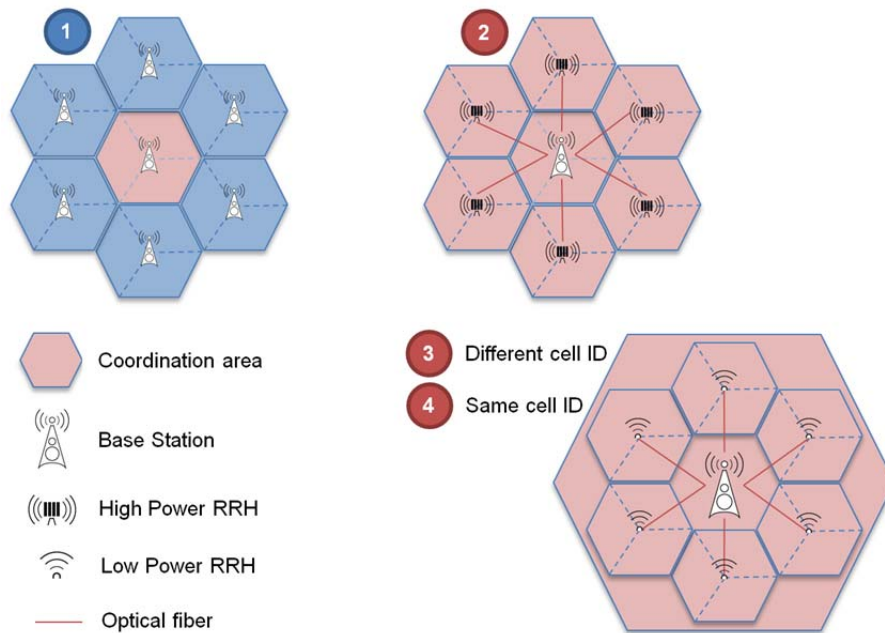


図 2-5: CoMP シナリオ

2.2.1 CoMP 用語

DL および UL CoMP の詳細を理解するためには、あらかじめ用語を把握しておくことが前提になります。このような用語には、CoMP Cooperating Set、CoMP Measurement Set、CoMP Resource Management があります。これらの意味について説明します。

CoMP Cooperating Set: CoMP 協働セットは、上位レイヤによって決定されます。これは時間-周波数リソースにある UE へのデータ送信に直接的または間接的に関わる、地理的に分離された分散ポイントのセットです。協働セット内には、CoMP ポイントがあります。CoMP 技術用語（下記を参照）には、各サブフレームにマルチポイントがある JT や、各サブフレームに単一ポイントがある Coordinated Scheduling / Beamforming があります。

CoMP Measurement Set: CoMP 測定セットは、ポイントにリンクする UE に関連するチャネル状態情報（CSI）や統計データが測定/レポートされるポイントのセットです。このセットは、上位レイヤによって決定されます。UE は、フィードバックが実際にレポートされるポイントを絞り込むことができます。

CoMP Resource Management: CoMP リソース管理は、CSI リファレンスシグナル（CSI-RS）リソースのセットであり、CSI-RS ベースの RSRP¹ 測定を実行してレポートします。

図 2-6 と図 2-7 に、すべてのセルで異なるセル ID が使用される場合と、すべてのセルに同一セル ID が設定されている場合の 2 つの異なる場合について、CoMP Cooperating Set と CoMP Measurement Set の定義を示します。後者には、仮想セル ID の考え方が適用されます。仮想セル ID は、上位レイヤによって割り当てられます。

¹ RSRP – リファレンス信号受信電力; 3GPP TS 36.214 Physical Layer measurements, Rel-11 を参照

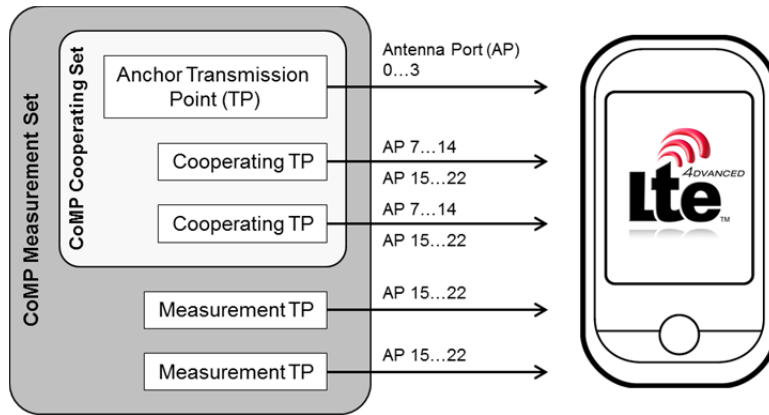


図 2-6: 同一セル ID を使用する場合の DL CoMP Cooperating と Measurement Set

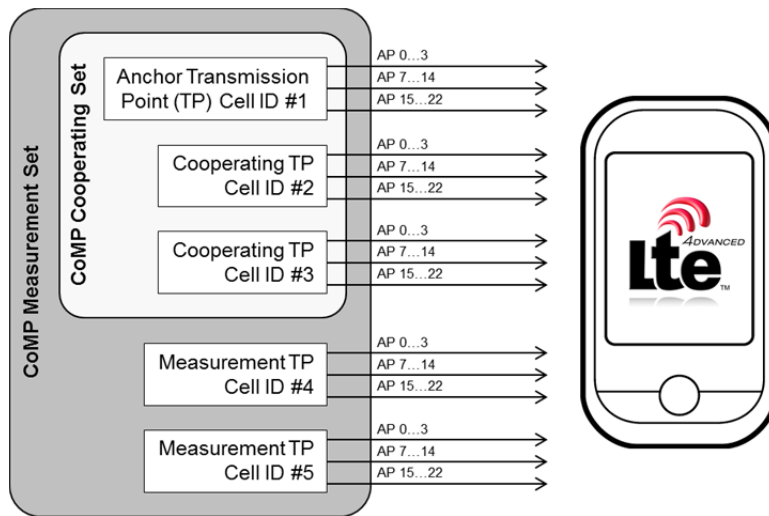


図 2-7: 異なるセル ID を使用する場合の DL CoMP Cooperating と Measurement Set

2.2.2 DL CoMP

図 2-8 に、DL で使用される CoMP スキームの概要を説明します。Joint Transmission (JT) を使用すると、マルチポイントから単一またはマルチ UE への同時データ送信が可能になります。これは、ネットワーク全体に対して UE のデータが CoMP Cooperating Set に属するマルチポイントで利用可能であることを示しています。レシーバにおける信号品質の向上、したがって平均スループットの向上が目的です。

Coherent JT とは、対応する eNode B によって RRH が協調し、時間的に同期したデータを送信することを意味します。Non-Coherent JT は、非同期送信に関連付けられています。一般に、JT には、送信ポイント、広帯域幅バックボーン、低速移動 UE との間で低遅延が必要です。

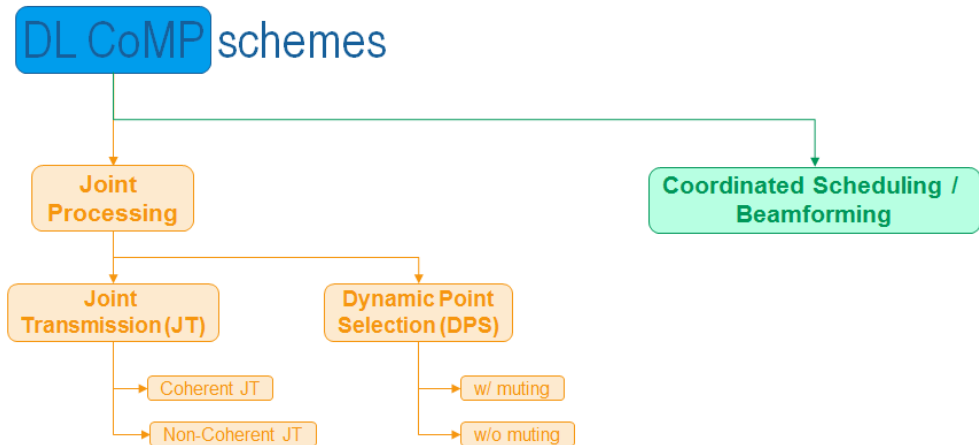


図 2-8: DL CoMP スキームの概要

DPS (Dynamic Point Selection) の場合も、PDSCH データはマルチポイントで利用できなければなりません。ただし JT と比べて、干渉を低減するためにデータは任意の時間において 1 ポイントからのみ送信されます。

CBS (Coordinated Scheduling / Beamforming) の場合、データは 1 送信ポイントだけに存在します。ただし、周波数割り当てと、さまざまな送信ポイントで使われるプリコーディング・スキーム (ビームフォーミング) との協調により、パフォーマンスを向上しながら干渉を緩和することが可能です。図 2-9 に、CBS の例を示します。ここで、干渉を緩和しながら 2 UE (UE1 と UE2) をサービスする、2 フェムトセル (ホーム eNB) が協調ビームフォーミング・ベクトルを使用しています。

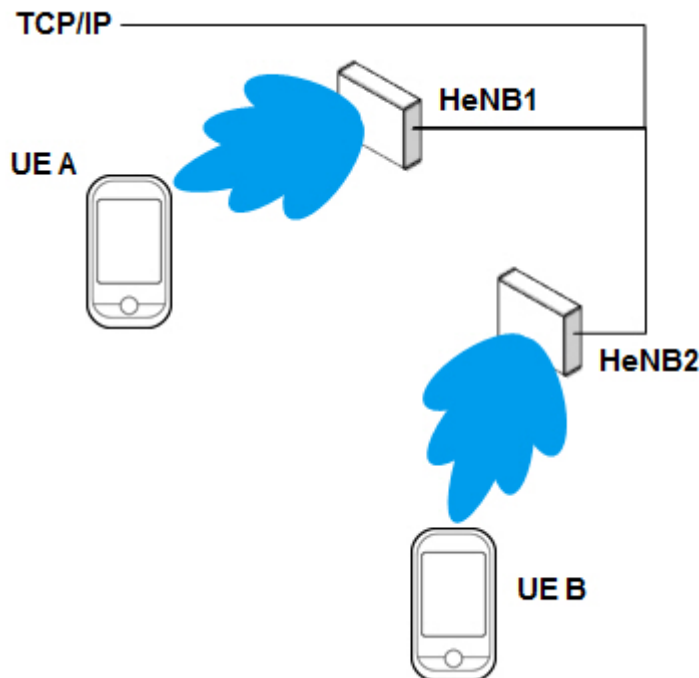


図 2-9: 2 フェムトセルがある CBS の例

2.2.3 UL CoMP

図 2-10 に、UL で使用される CoMP スキームを示します。Joint Reception の場合、UE によって送信される PUSCH は、マルチポイント (CoMP Cooperating Set の一部または全体) において、受信信号品質を改善するために同時に共同で受信されます。UL Coordinated Scheduling / Beamforming では、スケジューリングおよびプリコーディング選択の決定は、CoMP Cooperating Set に対応するポイント間で協調して行われます。ただし、PUSCH データは 1 ポイント向けだけです。

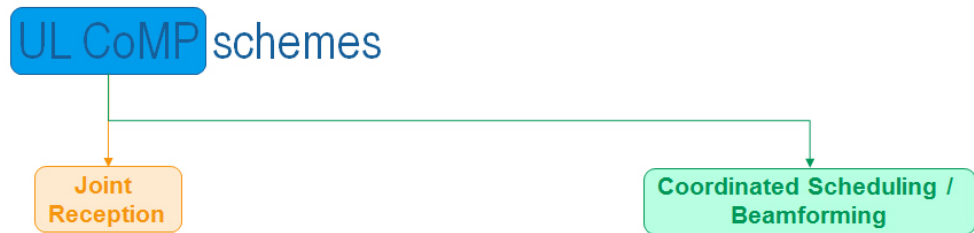


図 2-10: UL CoMP スキーム

LTE UL CoMP による基本的な変更は、仮想セル ID が導入されたことです。3GPP Release 8 では、UL サブフレームにある 2 つの定義済み SC-FDMA シンボルに埋め込まれた DMRS (Demodulation Reference Signal) の生成が、物理セル ID (PCI) に依存します。PCI は、DL から派生します。マクロセルがカバレッジを提供し、いくつかのスマールセルが容量のために使用される HetNet 展開の今後のシナリオでは、セル境界での UL 干渉が増大します。これは、マクロセルとスマールセルが同一セル ID を使用している場合に特に発生しやすくなります。この考え方に基づいて、CoMP に仮想セル ID (VCID) が 3GPP Release 11 で導入されました。

VCID では、受信ポイントと送信ポイントが常に同じである必要はなくなりました。干渉シナリオに基づくと、UE はマクロセルから DL 受信し、スマールセルが UL 受信します (図 2-11 を参照)。

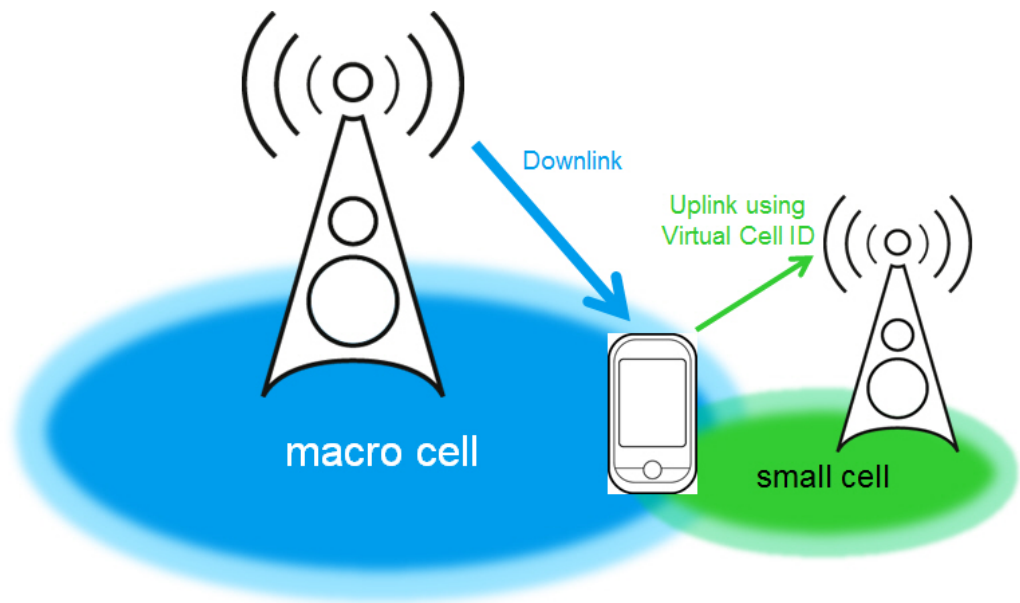


図 2-11: UL CoMP の仮想セル ID

2.3 E-PDCCH: 新たな制御チャンネル、3GPP Release 11 LTE-Advanced

2.3.1 LTE に新たな制御チャンネルが必要な理由

3GPP Release 11 における主要な高度化の 1 つは、E-PDCCH (Enhanced Physical Downlink Control Channel) という新たな DL 制御チャンネルが導入されたことです。E-PDCCH の標準化は、CoMP や DL MIMO などの新機能に対応するために必要であり、また 3GPP Release 12 で新しいキャリア・タイプが導入されることを考慮した上で、以下の目的に対応するという意図のもとに行われました。

- ┆ 制御チャンネル容量の増加への対応
- ┆ 周波数ドメイン ICIC への対応
- ┆ 制御チャンネル・リソースにおける空間再利用の改善の実現
- ┆ ビームフォーミングやダイバシティへの対応
- ┆ 新しいキャリア・タイプおよび MBSFN サブフレームでの動作
- ┆ 既存の Rel-8 および Rel-10 UE と同一キャリア上での共存

2.3.2 E-PDCCH デザイン・アーキテクチャ

要件に基づき、E-PDCCH では PDSCH (Physical Data Shared Channel) に似たデザインを採用します。DCI (Downlink Control Information) が帯域幅全体に拡散されるサ

ブフレームの最初のシンボルを使用する代わりに、E-PDCCH では PDSCH と同じリソースを使用します (図 2-12 を参照)。

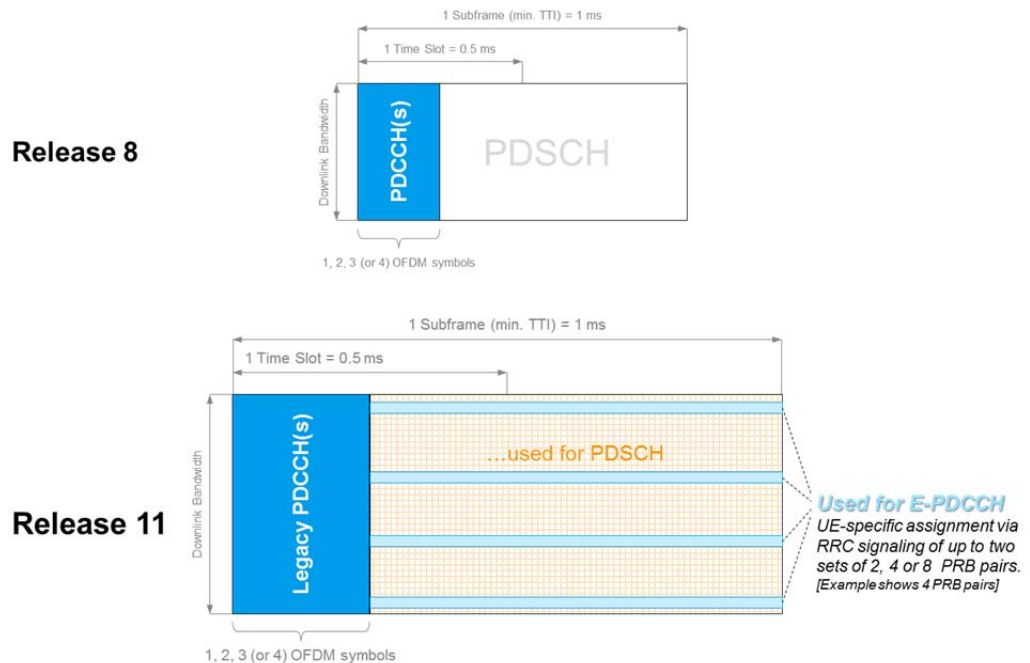


図 2-12: PDCCH (Rel-8) と E-PDCCH (Rel-11)

専用 RRC シグナリングによって、E-PDCCH のためにどのサブフレームをモニタする必要があるかを UE に示します。これが 1 あるいは 2 セットのリソース・ブロック (RB) ペアをモニタする必要がある場合は、UE にも通知されます。これらの RB ペアは、2、4、8 RB サイズで、E-PDCCH を搬送し、これは局所送信されるか、または分散送信されます。各 RB ペアは、ECCE (Enhanced Control Channel Element) から成ります。各 E-PDCCH では 1 以上の ECCE を使用します。このとき、ECCE は 4 あるいは 8 EREG (Enhanced Resource Element Group) から成ります。RB ペアごとに 16 EREG があり、このうち 9 RE (Resource Element) がノーマル CP 使用の EREG を形成します (図 2-13 を参照)。ここで DM-RS は復調リファレンスシグナル (Demodulation Reference Signal) の略語です。

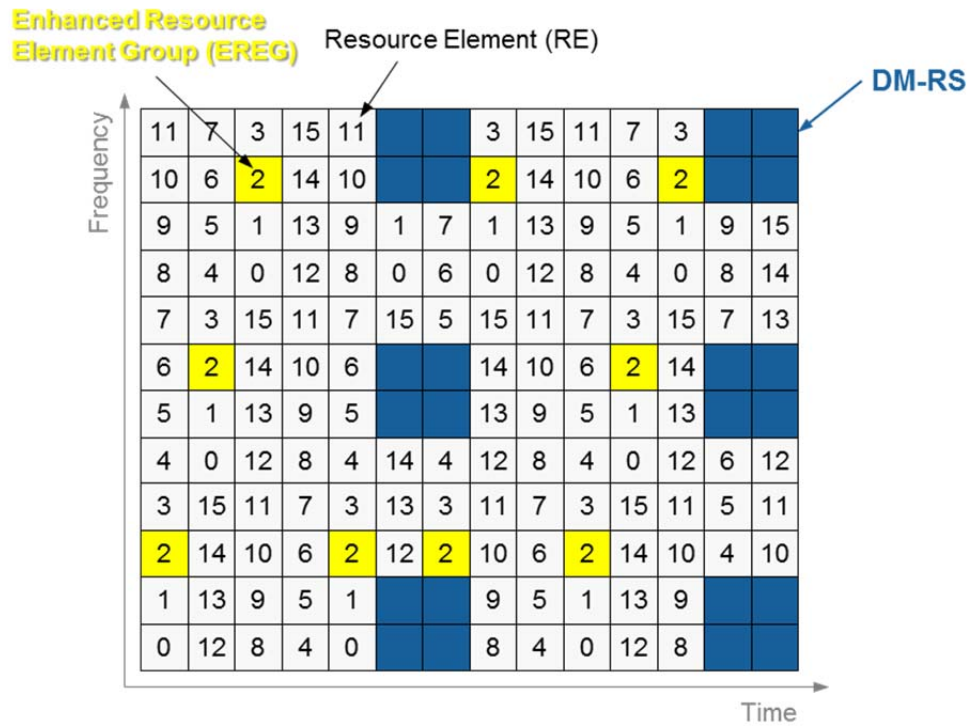


図 2-13: E-PDCCH の EREG (Enhanced Resource Element Group)

EREG は EREG グループに組織化されます。EREG グループ #0 はインデックス 0、4、8、12 の EREG で形成され、EREG グループ #1 はインデックス 1、5、9、13 で形成されるという具合になります。全体では 4 EREG グループがあります。図 2-14 に EREG グループ #3 を示します。

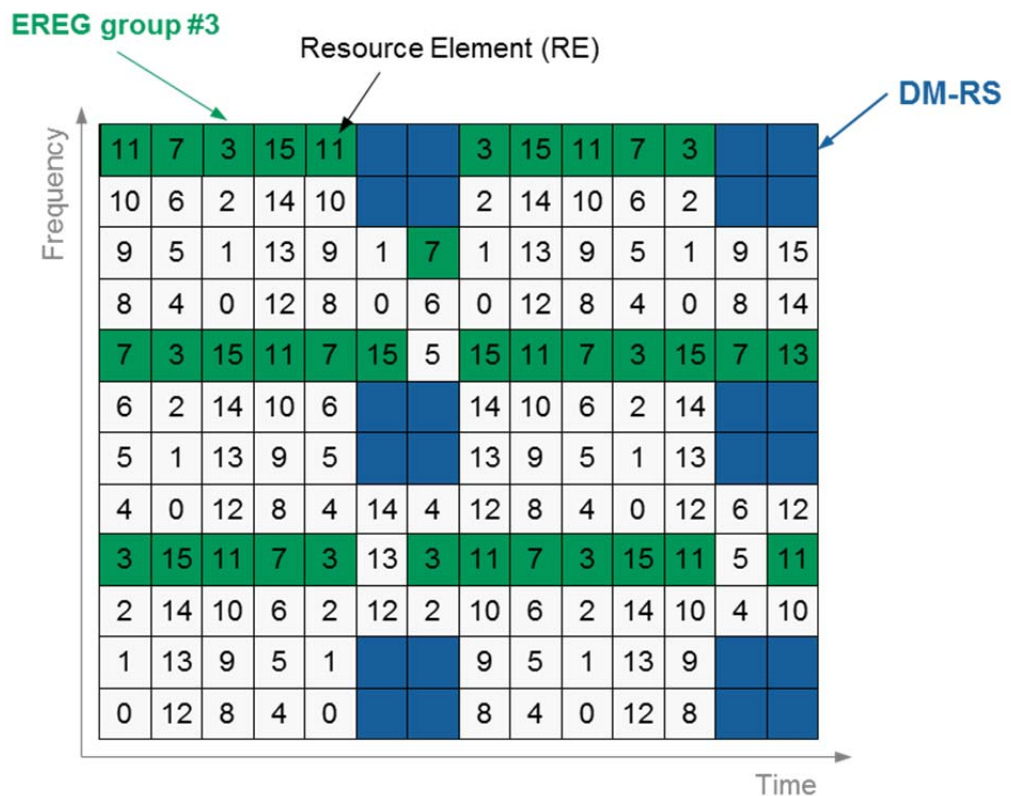


図 2-14: EREG グループ #3

前にも説明したように、ECCE は 4 あるいは 8 EREG から成ります。4 EREG の場合、1 EREG グループが ECCE を形成し、8 EREG の場合は、EREG グループ #0 と #2 が ECCE の一部を形成し、EREG グループ #1 と #3 が ECCE の残りの部分を形成します。

このグループ化は、E-PDCCH で使用される送信タイプに影響します。局所送信では、EREG グループが単一 RB ペア内に位置します。UE によって得られた無線チャンネル・フィードバックに基づく最適なサブバンドを用いて、周波数選択スケジューリングが可能になります。チャンネル・フィードバックが信頼できない場合は、E-PDCCH は、周波数ダイバシティを活かす分散送信モードを使用して送信されます。

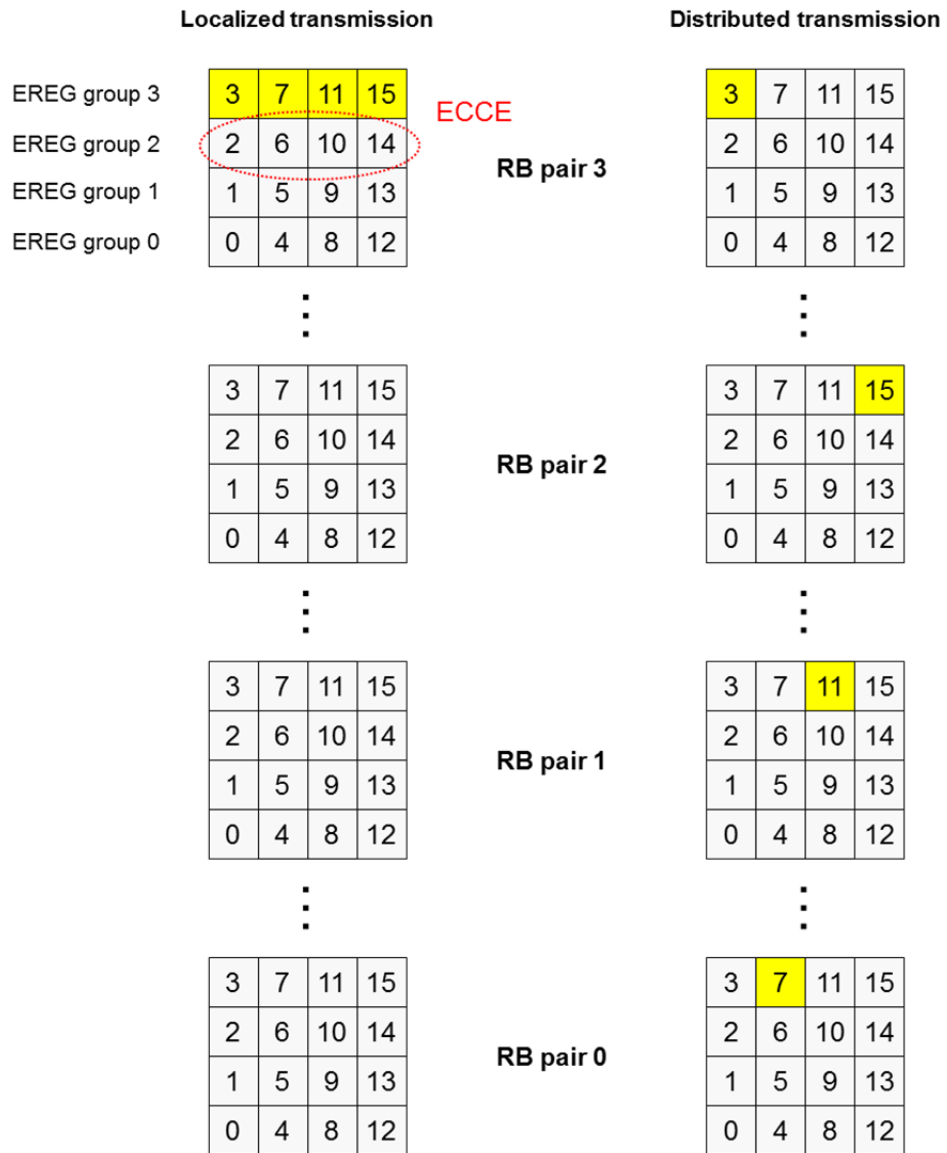


図 2-15: E-PDCCH – 局所送信と分散送信

2.4 非 CA ベースの feICIC

一般に、セル間干渉協調 (ICIC) には、セル間干渉を制御下に置くように無線リソースを管理するタスクがあります。3GPP Release 10 までは、ICIC のメカニズムに周波数と時間ドメインの要素が含まれていました。ICIC とは本質的に、マルチセルからの情報 (例えば、リソース使用ステータスやトラフィックの負荷状況) を考慮する必要があるマルチセルの無線リソース管理機能です。周波数ドメイン ICIC は無線リソース、特に無線リソース・ブロックをマルチセル間で周波数ドメインリソースの使用が協調されるように管理します。eNodeB 間における X2 インタフェースの関連情報を交換する機能は、3GPP Release 8 以降で使用できます。時間ドメイン ICIC の場合、異なるセル間でのサブフレームの利用は、ABS (Almost Blank Subframe) と呼ばれるパターン

によって時間内で協調されます。この機能は、3GPP Release 10 で追加されました（詳細は [3] を参照）。

3GPP Release 11 における主な高度化は、UE のこの干渉を緩和するために、侵略セルの CRS (Cell specific Reference Symbol) アシスト情報を UE に提供することです。CRS ベースの測定を適切に定義して、高いバイアス（例えば 9 dB）での時間ドメイン ICIC の復調を改善するためには、どの隣接セルに ABS が構成されているのかを示すシグナリングのサポートが必要でした。

情報エレメント [RadioResourceConfigDedicated](#) ([11]) は一般に、RB のセットアップ／修正／リリース、MAC のメイン構成の修正、SPS 構成の修正、専用物理構成の修正に使用されます。3GPP Release 11 では、この情報エレメントはオプションで [neighCellsCRSInfo](#) フィールドに含まれます。[neighCellsCRSInfo](#) には、侵略セルの次の情報が含まれます。

- l 物理セル ID
- l 使用されているアンテナ・ポート数（1、2、4）
- l MBMS サブフレーム構成

さらに、強い干渉の場合、UE は送信された重要なシステム情報をデコードできないことがあります。そのため、3GPP Release 11 では、通常は PDSCH 上で専用 RRC シグナリング経由にて 80 ms 周期で提供される SIB1 (System Information Block Type 1) 情報の送信ができるようになりました。SIB1 には、PLMN ID、追跡エリア・コード、セル ID、アクセス制限、および他のすべてのシステム情報エレメントのスケジューリングの情報などの重要な情報が含まれています。3GPP Release 11 からは、この情報がオプションとして [RRCConnectionReconfiguration](#) メッセージに含まれます。UE が専用 RRC シグナリング経由で SIB1 を受信すると、SIB1 をブロードキャスト経由で受信したときと同じアクションを実行する必要があります。

CRS アシストデータに関する時間ドメインの測定リソースの制約での追加の測定レポート要件は、[14] に含まれています。

2.5 ネットワーク・ベースのポジショニング

ポジショニングのサポートは、3GPP Release 9 の LTE 技術で追加されました。この追加には、次のポジショニング方法が含まれています（詳細は [2] を参照）。

- l ネットワーク・アシスト GNSS
- l DL ポジショニング
- l 拡張セル ID

3GPP Release 11 では、UL ポジショニングのサポートが追加されました。UL（例えば UTDOA (Uplink Time Difference of Arrival)）ポジショニング方法では、UE 信号のマルチ受信ポイントで測定されたタイミングを利用します。この方法では、UE の正確な位置を決定するために、SRS (Sounding Reference Signal) に基づいて複数の基地局によって行われる時間差測定を使用します。この目的のために、LMU (Location

Measurement Unit) が基地局に設置されます。図 2-16 に、構成の概要と、LTE のポジショニングに関連のある主なインタフェースを示します。新たな LMU と新たな SLM インタフェースは赤色で示されています。UL ポジショニング方法は、UE の実装に影響しません。

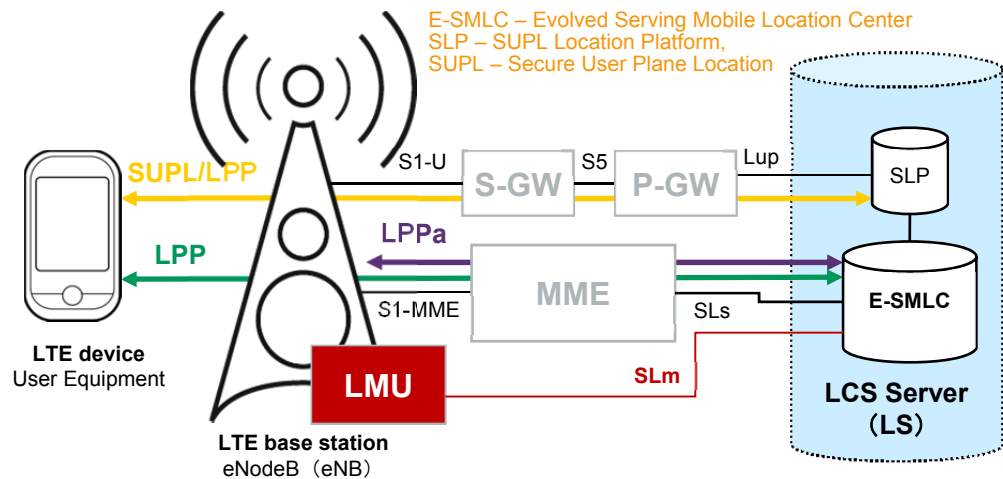


図 2-16: ポジショニングをサポートする E-UTRA ネットワークアーキテクチャ

UL 測定を取得するためには、LMU は、UL 測定の計算に必要な周期で UE によって送信される SRS 信号の特性を知る必要があります。これらの特性は UL 測定中、SRS の送信周期にわたり、スタティックである必要があります。さらに、E-SMLC はサービス中の eNB に対して UE に SRS 信号を送信するように指示できます（構成されているキャリア周波数で適用できる最大の SRS 帯域幅まで、マルチ SRS 送信を伴う周期的な SRS として）。ただし、要求したリソースを使用できない場合、eNB は他のリソースを割り当てるか、またはリソースを割り当てないこともあります。つまり、SRS 送信が実行されるかどうか、またこの情報を考慮するかどうかは、すべて eNB の実装次第になります。一般的に、E-SMLC はマルチ LMU に UL 時間測定をするようリクエストします。

3GPP では、新たな SLM インタフェースを説明するために、次の新しい仕様を作成しました。

- | TS 36.456 SLM interface general aspects and principles
- | TS 36.457 SLM interface: layer 1
- | TS 36.458 SLM interface: signaling transport
- | TS 36.459 SLM interface: SLMAP Specification

SLM は、E-SMLC-LMU インタフェース上で SLMAP (SLM Application Protocol) メッセージを搬送します。SLMAP は次の機能をサポートするために使用されます。

- | 対象の UE 構成データを E-SMLC から LMU へ送る
- | LMU からポジショニング測定をリクエストし、E-SMLC へポジショニング測定を送る

さらに、既存の LPPa (LTE Positioning Protocol Annex) が UL ポジショニングをサポートするために拡張されました。LPPa は、次のポジショニング機能をサポートしています（新たな UL ポジショニング機能は青色でハイライトされています）。

- | アシストデータや測定を eNode B から E-SMLC へ転送する E-CID のとき
- | DL OTDOA ポジショニングをサポートするための eNodeB からのデータ収集
- | **UL（例えば UTDOA）ポジショニングをサポートするための eNodeB からの UE 構成データ回収**

最後に、UL タイミング測定自身が [8] で次のように定義されました。

TUL-RTOA (UL Relative Time of Arrival)

TUL-RTOA (The UL Relative Time of Arrival) は、構成可能な基準時間に対して、LMU j で受信した SRS を含むサブフレーム i の始まりです。TUL-RTOA の基準ポイントは、LMU が eNB と RX アンテナを分離あるいは共有しているならば LMU ノードの RX アンテナコネクタであり、LMU が eNB に一体化されているならば eNB アンテナコネクタです。

2.6 MBMS のサービス継続性の改善

物理レイヤのパラメータは 3GPP Release 8 で規定されていますが、LTE の MBMS は、3GPP Release 9 で全レイヤに対して完了しています（詳細は [2] を参照）。

3GPP Release 10 では、キャリア・アグリゲーション技術要素を追加することで、複数のキャリアを含む展開についての準備が行われました（[3] を参照）。ネットワークは、どの周波数バンドか、どのマルチバンドで動作するか、いくつかのキャリアで動作するか、の UE 能力を考慮に入れます。UE が MBMS 経路で受信中であるサービス、または MBMS 経路で受信する可能性のあるサービスをネットワークに認識させることにより、ネットワークが、ユニキャスト・サービスと所望の MBMS サービス継続性を促すことによって、適切なアクション例えば対象セルへのハンドオーバーまたはセカンダリ・セルの再構成を容易にする場合があります。3GPP Release 11 におけるこの技術要素の目的は、本質的には、単一または複数の周波数を伴う展開シナリオにおいて、MBSFN によって提供されるサービス継続性を提供することにあります。改善が同じ MBSFN エリア内だけに規定されたことに注意してください。つまり、異なる MBSFN エリア間のサービス継続性をサポートしていません（基本的な MBMS アーキテクチャとインタフェースについては 図 2-17 を参照）。

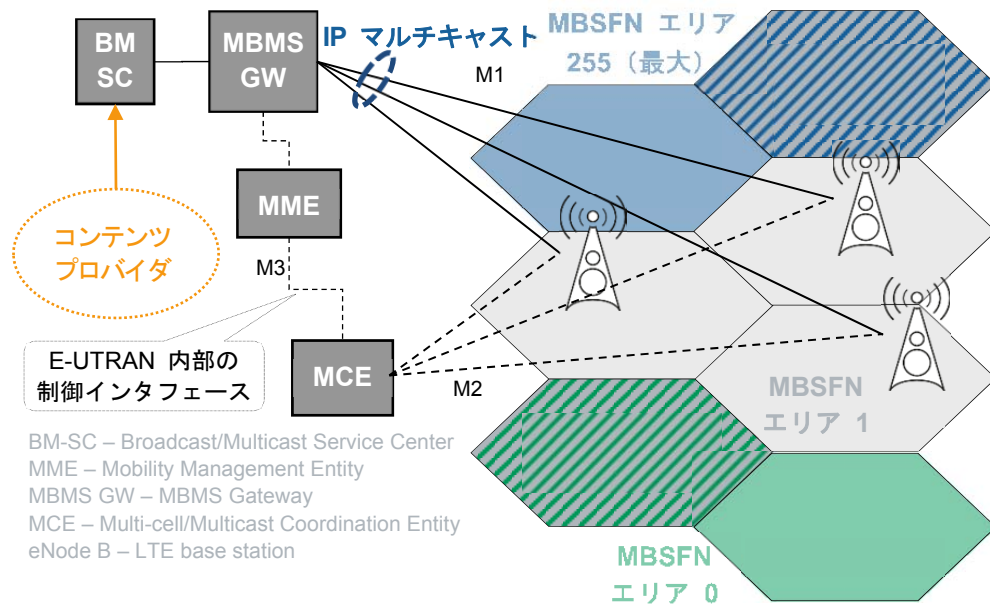


図 2-17: MBMS アーキテクチャとインタフェース

したがって、同じ地理エリア内で MBMS サービスが複数の周波数で提供され、同一 PLMN 内である地理エリアから別の地理エリアへ MBMS サービスを変更できることを提供するために周波数が使用されます。

UE が RRC IDLE モード、または RRC CONNECTED モードどちらの状況であっても、サービス継続性の改善が次のように規定されました。

1. アイドル・モードでは、UE がキャンプオンしているセルの再優先順位付けは、サービスの継続期間中に可能であると定義されています。チャンネル状況と受信システム情報に応じて、UE はアイドル・モードでキャンプオンするのに最適なセルを選択します。このとき、UE がキャンプオンしていることをセルに送信すると、UE は所望の MBMS サービスのみを受信できます。このソリューションは、そのセルが所望のサービスを送信すると、UE が次に適したセルにキャンプオンすることもあります。新たな SIB15 は、この再選択のために UE をガイドします。SIB15 には次のものが含まれています。
 - 現周波数の MBMS Service Area Identities (SAIs) のリスト
 - MBMS サービスを提供する隣接周波数と対応 MBMS SAIs のリスト
 - 特定の周波数の MBMS SAIs のリスト
1. 接続モードでは、サービス継続性を改善するためにシグナリング情報が規定されています。現仕様では、あるセルから別のセルへ移動するときのサービス継続性は、両方のセルが同じ MBSFN エリアに属している場合にのみ可能になっています。ハンドオーバーで MBSFN エリアが変わると、UE は利用可能なすべての周波数と MCH で同じサービスが発生するかどうかを再度サーチする必要があり、これには時間がかかります。ユーザはこれをサービスの中断と受け取ります。規定されたシグナリングにより、UE が即座に周波数とチャンネルを切り替えることが可能になり、このため、サーチに長時間を要することがなくなります。さらに UE は

MBMSInterestIndication メッセージを提供します。つまり、サービスを提供する周波数で UE が受信中の周波数、または受信したい周波数を通知します。InterestIndication は、個別のサービスではなく周波数のレベルで提供されます。このメッセージは、シグナリングされた情報に関して UE の意思が変化すると必ず送信されます。**MBMSInterestIndication** フィールドには、ユニキャスト受信で UE が MBMS 受信の優先順位付けを行うかどうか含まれます。そのため、LTE ネットワークは **SupportedBandCombination** 情報エレメントを再利用します。UE で MBMS に関連する受信能力を導き、これにより UE が MBMS とユニキャスト・ベアラを正しい周波数で提供することで、受信できることを確認しようとしています。

図 2-18 に、UE と LTE ネットワーク間の通信を示します。

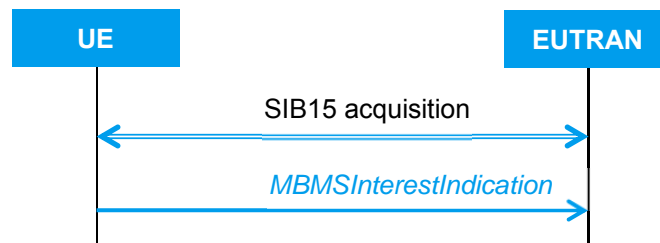


図 2-18: MBMSInterestIndication [11]

2.7 デバイス内共存による干渉回避のためのシグナリング／手順

UE には現状でも RF 信号を同時に送受信するための無線技術がいくつも搭載されています。GSM、WCDMA や LTE などの携帯電話用の技術の他にも、デバイス内にある WLAN（産業、科学、医療（ISM）で使用される無線バンド）、Bluetooth や GNSS 技術により、隣接チャネル漏洩や送信周波数の高調波またはサブ高調波上にある技術の周波数を受信することによって引き起こされる干渉が発生しています。マルチ無線機が、隣接周波数またはサブ高調波周波数で動作する同じ UE 内に極めて近く置かれているため、無線のトランスミッタによる干渉電力は、レシーバの所望信号の実受信パワーレベルよりもかなり大きくなる場合があります（図 2-19 を参照）。

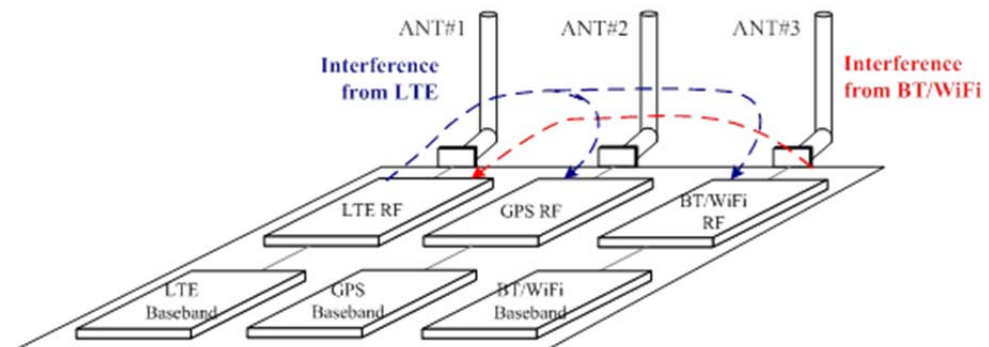


図 2-19: 1 つのデバイス内に LTE、GPS、WiFi が実装されている例

このような状況は、デバイス内共存（IDC）による干渉を引き起こします。この干渉回避技術要素の目的は、異なる無線機を上で述べた相互干渉から保護することです。

3GPP Release 11 で規定されたソリューションを使用すると、UE 自身で干渉状況の解決ができない場合、UE は専用 RRC シグナリングを介して基地局に IDC 指示を送信できます。これにより、BS では適切な手段を取ることができます。IDC 指示のトリガの詳細は、UE での実装に一任されています。

BS では、次の方法を使用して IDC の問題を解決できます。

1 **DRX ベースの時間ドメイン・ソリューション:**

情報エレメント MAC-MainConfig 高度化が導入されました。これは主に追加の DRX 値の導入によるものです。

1 **周波数ドメイン・ソリューション:**

このソリューションの基本的な考え方は、E-UTRAN 内で周波数間ハンドオーバーを実行することにより、LTE キャリア周波数を変更することにあります。

1 **UE の自律拒否:**

干渉の原因によって、次の 2 つのオプションがあります。

- ISM 送信によって LTE が干渉を受けている場合は、eNB と接続した状態を保ち IDC の問題を解決するために、UE が自律的に ISM 送信を拒否します。
- LTE によって ISM 送信が干渉を受けている場合は、ISM による稀なケースから保護するために、UE が自律的に LTE UL 送信を拒否します。この方法は、LTE のスループットが低下するため、これ以外に使用できる IDC メカニズムがない場合にのみ使用されます。どのような場合が稀なケースに該当するのかについては、正確には規定されていません。その代わりに長期間にわたる拒否割合が UE にシグナリングされ、自律拒否の量が制限されます。この構成がない場合、UE が自律拒否を行うことは一切ありません。

BS で適切なソリューションの選択が行えるように、時間ドメイン・ソリューションと周波数ドメイン・ソリューションの両方について、必要で利用できるすべてのアシスト情報が、IDC 指示とともに送信されます。IDC アシスト情報には、進行中の干渉の影響を受けているキャリア周波数のリストと干渉が発生している方向が含まれています。さらに、通信中の LTE キャリア周波数において時間ドメイン・ソリューションで適切な DRX 設定が可能になるために時間ドメインパターンまたはパラメータが含まれていることもあります。

この干渉回避メカニズムを有効にするかどうかは、ネットワーク事業者側が制御している点に注意する必要があります。UE からの **InDeviceCoexIndication** メッセージは、この周波数での測定オブジェクトが確立された場合にのみ送信されます。これが、eNB からの **RRCConnectionReconfiguration** メッセージに **idc-Config** 情報エレメントが含まれている場合になります。このメッセージが存在していれば、**InDeviceCoexIndication** メッセージが送信された可能性があることになります。この IDC メッセージには、どの技術のどの周波数が干渉を起こしており、可能性のある時間ドメインでのソリューションについてのアシスト情報が指示されています。これらから DRX アシスト情報と IDC サブフレームのリストが構成され、これによりどの HARQ プロセスの E-UTRAN の使用を控えるようにリクエストするのが指示され

ます。この情報は単なる提言についての説明であり、実際の判断は完全にネットワーク事業者に委ねられます。

UE に IDC ソリューションが提供されている場合の RRM (Radio Resource Management) と無線リンク測定の要件は、[14] で規定されています。

2.8 EDDA (Enhancements for Diverse Data Applications)

スマートフォン上で増加を続けるアプリケーションの使用により、エンド・ユーザがバッテリーの寿命について不満を表明するようになってきています。画面の動作などの電力を主に消費するドライバの他にも、各種のアプリケーションにより、UE とネットワーク間で交換される少量の、しかし頻繁なデータ通信が発生します。この問題を説明するために「シグナリングの嵐」といった用語までが使用されています。電力消費への影響を改善するために、3GPP Release 11 には技術要素「EDDA」が導入されました。この要素の目的は、より電力効率のよい動作モードを UE が要求できるようにすることにより、ネットワークのユーザ・エクスペリエンスを最適化することにあります。ネットワークからの反応は規定されておらず、実装に完全に委ねられていることに注意してください。これは、UE のアシスト情報だけでは、指定される反応がトリガされないということです。

UE から eNB へは、次の 2 つの情報エレメントが送信されることが予期されます。

1. UE の消費電力を最適化するための設定 (PowerPreferenceIndicator (PPI))
 - これが `lowpowerconsumption` に設定されると、消費電力の最適化を優先する設定を行うことが UE から指示されます。これにより例えば、DRX サイクルに長い値が構成されるため、バックグラウンドのトラフィックに役に立ちます。
 - これが `normal` に設定されると、UE には、PPI が決して送信されることのない状況に対応する、通常の設定が行われます。

RRC レベルで、PPI 送信の手順は、図 2-20 に従って定義されています。UE が eNodeB へアシスト情報を送信するのは、あらかじめ設定されている場合に限られます。この設定は、`RRCConnectionReconfiguration` メッセージに含まれる `powerPrefIndicationConfig` 情報エレメントによって行われます。設定は、サービス中のセルでの再設定の期間中、または E-UTRA へのハンドオーバーで送信される `RRCConnectionReconfiguration` メッセージで行われます。

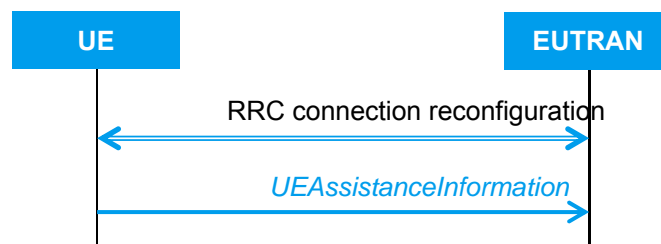


図 2-20: UE アシスト情報 [11]

2.9 MTC の RAN 過負荷制御

特定のエリア内に多数の MTC (Machine Type Communication) デバイスが配置されることが予想されているため、ネットワークは MTC トラフィックの急激な増大に加えて、負荷の増大にも直面しています。3GPP では MTC という用語が使用されますが、同様のタイプのデバイスのことを M2M と呼ぶ場合も多くあります。大量に同時発生するデータとシグナリングの伝送により、無線ネットワークの輻輳（ふくそう）が起きる場合があります。過負荷が発生する状況の 1 つの例は、電源障害の発生後に、使用されているすべての MTC デバイスによって巨大な同時アクセスが発生する場合です。これにより、許容できない遅延、パケット・ロス、またはサービスが利用できなくなる事態までもが引き起こされることがあります。この技術要素の目的は、UMTS ネットワークと LTE ネットワークの両方で、RAN 過負荷制御に EAB (Extended Access Barring) メカニズムを規定することにあります。EAB メカニズムは MTC に適していますが、これだけに限定されるものではありません。

LTE に適用されるソリューションは新たな SIB (System Information Block) タイプ 14 の導入であり、これには、アクセス制御のための EAB (Extended Access Barring) についての情報が含まれています。その内容は基本的にはビットマップ (0..9) です。さらに、新たな SIB14 の内容は、ページング・メッセージ経路で指定されます。これにより、非 EAB の UE に対する不要な影響が避けられます。セル・アクセスの制限に関係するアクセス・クラスは、これが EAB パラメータの一部として送信されている場合は、RRC Connection Request メッセージまたは Initial Direct Transfer を送信する前に、UE によってチェックされる必要があります。図 2-21 に示すアクセス・バーリング（遮断）の手順を参照してください。

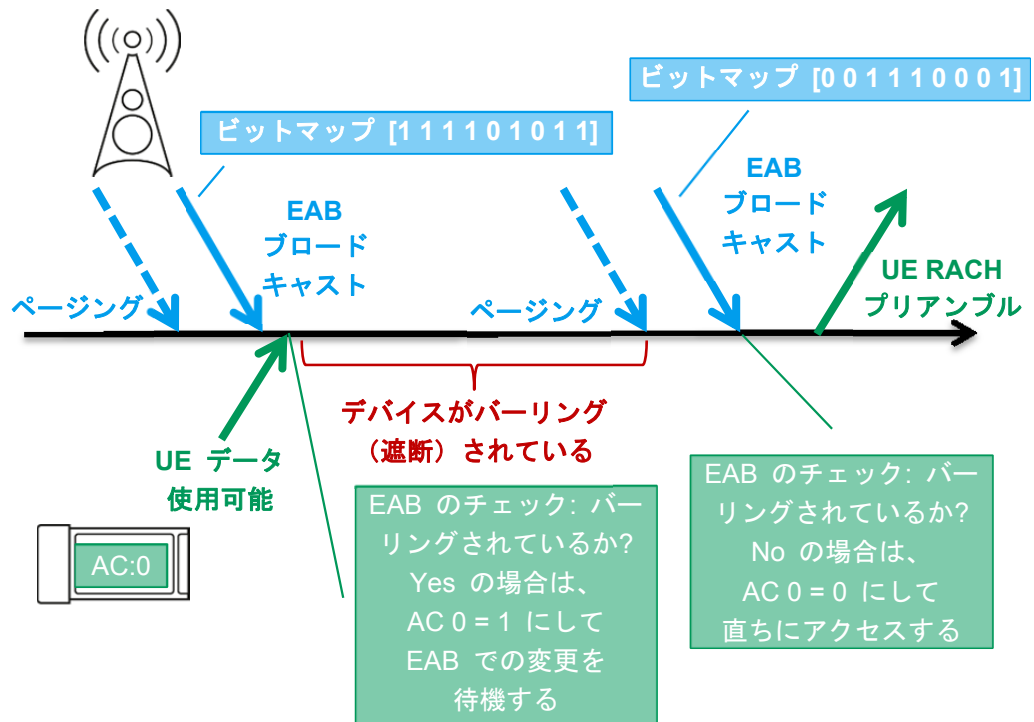


図 2-21: EAB の概要

2.10 ドライブ・テストの縮小化 (MDT)

MDT の目的は、UE によって得られた測定から現在のネットワークの情報を取得することです。このような測定結果を RAN から得られる情報と組み合わせることで、ネットワークの最適化を効率的な方法で行うことが可能になります。この結果、ドライブ・テストが削減され、UE では測定できない場合に限ってテストされます。例えば、マルチパス環境におけるシンボル間の干渉をチェックするためのチャンネル・インパルス応答の詳細なモニタ、外部干渉の特定、またはより確度の高い測定とハイエンドのネットワーク・スキャナの速度が非常に重要となる場合があります。これには、異なるモバイル・ネットワーク、または例えば、無線チャンネルの MIMO パフォーマンスのチェックなど、無線チャンネル音声のベンチマークが含まれる可能性があります。また、音声と動画の品質の測定にも、引き続き専用のドライブ・テストが必要になります。このように、MDT はドライブ・テストの代わりになるものではなく、むしろ補足的な拡張を提供するものです。MDT は SON (Self-Organizing Network) と強く関係していますが、SON からは独立しています。MDT からの出力は SON にとって必要な成分ですが、手動でのネットワーク最適化にも使用できます。MDT は 3GPP Release 9 で初めて検討され、いくつかのユース・ケースが定義されて分析されました。ここからカバレッジ最適化 (CO) のユース・ケースが Release 10 で基本的な測定フレームワークとともに規定されました。このフレームワークは、次に Release 11 で拡張され、主に QoS (Quality of Service) に関係した問題を扱う追加のユース・ケースが含まれるようになりました。

位置情報は MDT にとって重要です。少なくとも測定サンプルの緯度と経度が与えられる必要があります。一般に GPS などの GNSS ベースのポジショニング方法が使用されますが、OTDOA (observed time difference of arrival)、A-GPS (assisted GPS)、SUPL (Secure User-Plane Location) が使用されることもあります。3GPP Release 10 では、位置情報はベストエフォート方式で適用されました。つまり可能であれば UE に含まれるという意味です。3GPP Release 11 では、位置情報は、接続モードでの測定のためにネットワークにより要求されることがあります。当然ながら、この位置情報はオプションのままです。これはユーザが手動で GPS ハードウェアを無効にしている場合や、MDT の測定中に有効な衛星のカバレッジがない場合があるからです。

2.10.1 アーキテクチャ

MDT 測定で選択されたアーキテクチャは、UE 測定が無線インタフェースのプロトコル・スタックによって制御されているため、*Control Plane* のアプローチと呼ばれています。これにより、アクセス・ネットワーク内での測定の自律制御が確実に行われます。事業者が測定を制御するには、次の 2 つの方法があります。*管理ベースの MDT* では、測定を特定の地理エリアで実行することが意図されており、UE は RAN によってランダムに選択されます。*シグナリング・ベースの MDT* では、測定は特定の加入者を意図して行われます (図 2-22)。

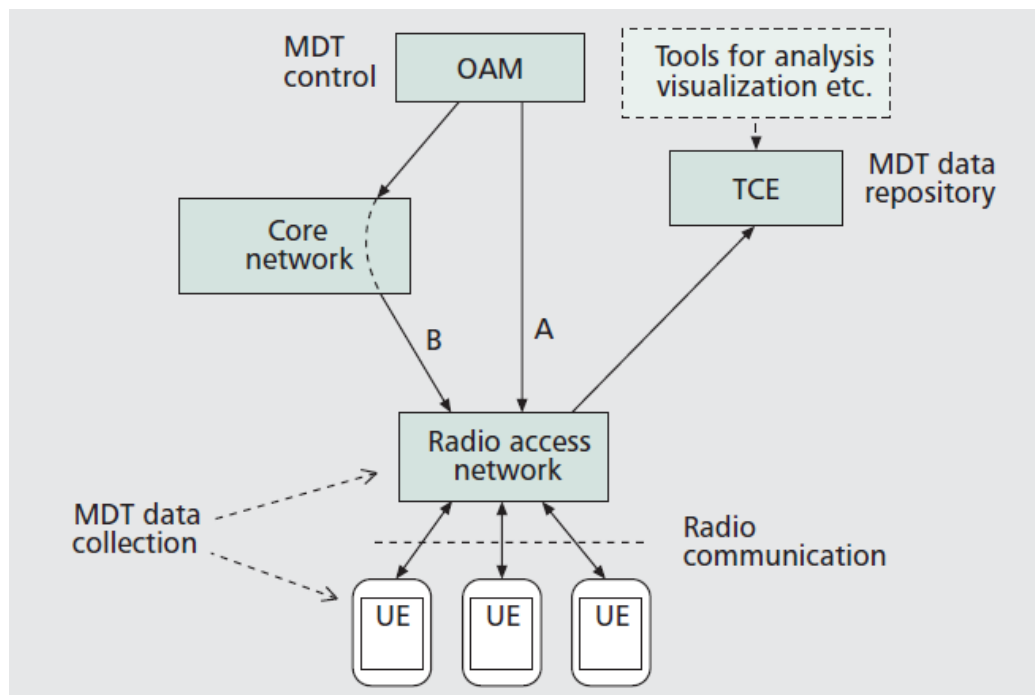


図 2-22: OAM による MDT 測定の制御:パス A は管理ベースの MDT を表し、パス B はシグナリング・ベースの MDT を表す (出典 [16])

MDT は常に OAM によってトリガされます。測定の設定は、直接 eNB に対して (管理ベースの MDT)、または適切な eNB へ転送する MME に対して (シグナリング・ベースの MDT) 行います。後者のパスである理由は、対象となる UE が存在しているセルについての情報がある MME だからです。eNB は次に、必要に応じて余計なコール・セットアップが初期化される UE を設定します。測定が終了すると、UE はそれを測定結果が収集され、TCE (Trace Collection Entity) へと転送される eNB に送信します。

2.10.2 ユース・ケース

3GPP Release 11 までは、定義されているユース・ケースには、カバレッジのユース・ケースと QoS 関連のユース・ケースの 2 つがありました。

カバレッジのユース・ケース

カバレッジのユース・ケースは、プランニングツールでは特定できないカバレッジ領域の問題を特定するために定義されます。弱いカバレッジ領域があったり、カバレッジに穴が空いている場合さえもあります。さらにパイロット汚染、つまり、他のセルの信号の意図しない方法によるオーバーラップも問題の原因となることがあります。これらは干渉を発生させ、サービス品質の低下につながります。ネットワークプランニングにおいても、例えば大きなビルディングが建設されたり、取り壊されることによって、このような状況が発生することがあります。

このような測定は、カバレッジに問題がある領域のみに留まりません。ネットワークの拡張を最適化するために、つまりピコセルの最適位置を割り出すために、セルのすべての領域の信号(と干渉)のレベルを示すカバレッジ・マップを作成することも有益です。

もう 1 つの重要な観点は、接続中の RAT 内と RAT 間の両方のハンドオーバーのセル境界を実際に定めることです。ハンドオーバーの問題は、セル境界の変更に関係していることがあり、この方法によって特定可能です。この状況は、*Overshoot ranges*、つまり、セルのカバレッジがプランニングを大幅に超えている場合に頻繁に発生します。その結果、呼の中断、ピンポン・ハンドオーバー、データ・スループットの低下が発生します。

eNodeB のために定義された MDT 測定もあります。これのユース・ケースの 1 つは、UL カバレッジのモニタです。これは、UL と DL の間に周波数の大きなギャップがある FDD のシナリオでは特に重要です。

QoS 確認のユース・ケース

このユース・ケースは、特定のユーザによる QoS エクスペリエンスの調査と大量データ転送の位置のモニタを行うために定義されています。後者は増大する容量の要件に対処するために、どの位置にスモールセルを拡張するのが最も有益なのかをネットワーク事業者が特定する際に役に立ちます。

2.10.3 測定

MDT 機能を実現するために、既存の測定はできる限り再利用されます。次の 2 つのモードがあります。

- 1 ログ記録 MDT: このモードは、UE が RRC_IDLE 状態にある場合に使用されます。測定値は UE の中に格納され、後から UE 情報手順の方法によって eNB にレポートされます。
- 1 即時 MDT: このモードでは、測定結果はすぐに eNB にレポートされます。そのため、このモードは、UE が RRC_CONNECTED 状態にある場合に適用されます。

3GPP Release 11 の仕様策定フェーズを通して、これら 2 つのモードでは、すべてのユース・ケースには十分でないことが判明しました。そのため、Accessibility Measurements が導入されました。これは RRC 接続の確立障害を対象にしたものですが、無線リンク障害および HO 障害も同様に扱うことができます。これらについてのレポートは、特別な方法で扱う必要があります。

ログ記録 MDT は、ユーザ・デバイスのオプションであり、これが利用できるかどうかは UE の性能で指定されています。即時 MDT は、従来の RRM 測定に依存しているため、UE で必ずサポートされています。ただし、UE がその地点で詳細な位置情報をサポートできるかどうかはオプションになります。最後に、Accessibility MDT は必須です。

2.10.3.1 ログ記録測定

ログ記録測定は、[14] で規定されたアイドル・モードでの測定の概要に対応しています。MDT のログ記録は、通常の状態セルにキャンプオンしており、[areaConfiguration \[11\]](#) の設定によって除外されていない場合にのみ実行されます。これ以外のアイドル状態では、MDT 測定は停止します。

手順はネットワークの RRC が DL-DCCH メッセージ (LoggedMeasurementsConfiguration) を送信することによって開始されます。測定をログ記録する条件が満たされると、Logging interval によって与えられるタイム・スタンプの時点で測定が実施されます。測定のログ記録が行われるのは、UE がアイドル状態にある間のみです。UE が接続状態に移行すると、ログ記録は中止されます。測定結果は、UE 内に少なくとも 48 時間は保持される必要があります。さらに、ログ記録の設定と収集されたデータは、UE の電源が切られてネットワークから切り離されると破棄されます。

ログ記録測定が存在することが、eNB に対して RRCConnectionSetupComplete、RRCConnectionReconfigurationComplete (ハンドオーバーの場合)、または RRCConnectionReestablishmentComplete の各メッセージのいずれかで示されます。

このプロセスは、eNB から任意の時点で開始することができ、(UE が) 利用可能であるという指示が受信された直後の時点で制限されることはありません。UE からの応答には、次の測定結果のリストが含まれています。

- l 位置情報 (オプション) : 不確定性のある位置の情報
- l 測定の時間情報 (1 秒の精度)
- l UE がキャンパスしているセルのグローバル・セル ID
- l TraceReference と TraceRecordingSession
- l UE がキャンパスしているセルの RSRP と RSRQ
- l 隣接セルの測定結果 (RAT 内/間、オプション)
- l 周波数間、および RAT 間で隣接するキャリア周波数

2.10.3.2 即時測定

即時 MDT の場合、設定とレポートは既存の RRC 測定手順に基づいて行われます。さらに、定義されている位置情報に拡張がありますが、これは UE でのサポートがオプションになっています。ログ記録測定とは対照的に、タイム・スタンプは eNB によって用意されます。

3GPP Release 11 までは、UE で定義されている MDT 測定には、次の 2 つがあります。

- l M1: [8] に従った RSRP と RSRQ の測定。測定レポートは、周期的にトリガされるか、イベント A2 のイベント・ベースでトリガされるか、あるいはイベント A2 により周期的にイベントトリガされます。最後のものは、問題のある領域で測定値を収集する場合に使用されます。
- l M2: Power Headroom 測定 [7]。この測定は MAC シグナリングによって伝送されるため、既存の PHR 送信のメカニズムが適用されます [10]。

MDT 測定は従来の RRM 測定がセットアップされる方法と同様に「RRC Connection Reconfiguration」プロセスによって設定されます。この測定との主な相違点は、GNSS 位置情報が含まれていることです。

レポーティングは、従来の測定レポートと同様の方法で行われます。トリガ条件が満たされるたびに、対応するレポートが UE から送信されます。送信されたレポートは eNB 内で収集されて、TCE へ転送されます。即時 MDT の場合、GNSS ポジショニング推定の時間情報は、有効性を推定するために提供されます。

2.10.3.3 Accessibility Measurements、ハンドオーバ (HO) 障害、および無線リンク障害 (RLF)

厳密に言うと、Accessibility Measurements は、接続確立障害のみを対象にします。しかし、ハンドオーバ障害と無線リンク障害も同様に扱われます。ネットワークからの事前設定は不要で、UE が障害をレポートすることが想定されているネットワークにアタッチされている場合、UE は自動的に障害情報を格納して、この情報が存在することを後続の `RRCConnectionSetupComplete`、`RRCConnectionReconfigurationComplete` (ハンドオーバの場合)、または `RRCConnectionReestablishmentComplete` の各メッセージのいずれかで示します。eNB がこのような障害についての指示を受け取り、この情報を取得する場合、ログ記録 MDT 測定と同じ情報取得プロセスが使用されます。

2.10.3.4 QoS 関連の測定

先に規定された測定に加えて、QoS 関連のデータのモニタと UL の品質をモニタするために、eNB によって実行される次の 3 つの追加の測定があります。

- l M3: 受信干渉電力の測定
- l M4: データ・ボリュームの測定
- l M5: スケジュールされた IP スループット

追加として、IP スループットとデータ・ボリュームの測定があります。IP スループットは、無線インタフェースがボトルネックである場合のスループットの測定を主に意図しています。目的は、Uu 上でアクセスすることで、トラフィックのパターンやパケット・サイズから独立した IP スループットの測定です。データ・ボリュームの測定は、セルの位置とセル内トラフィック量を決定するために実行します。これは、容量の要件に必要な追加の (スモールセルの) 位置を決定するときに役に立つことがあります。

2.11 ネットワークのエネルギー節約

インフラと端末の電力効率は、LTE-Advanced のコストに関する要件の重要な部分です。CO₂ 排出とモバイル・ネットワーク運用の OPEX を削減するために、ネットワークで可能なエネルギー節約メカニズムを調査することには強いニーズがあります。3GPP Release 10 までに、eNodeB 内および eNodeB 間のエネルギー節約メカニズムが導入されました。基本的な方法は、夜間など容量が必要でない場合に、同じ領域をカバーしている eNodeB のスイッチを部分的にオフにすることです。3GPP では可能性のあるソリューションについて研究を行い、OAM ベースのアプローチとシグナリン

グ・ベースのアプローチは、ハイブリッド・アプローチと同様に実現可能で適用可能であり、エネルギー効率を高めるための下位互換性があると結論付けました。

3GPP Release 11 では、この方法が RAT 間の場合も含むように拡張されています。容量ブースタセルが基本カバレッジを提供するセルと区別できるような配置では、エネルギー消費を最適化することができます。追加の容量を提供する LTE セルは、追加した容量が不要になったらスイッチを切り、必要性に合わせて再起動することができます。この場合、基本カバレッジは（これ以外の）LTE、UMTS、GSM セルで提供されます。eNodeB は、S1 インタフェースにおける eNodeB の [Direct Information Transfer](#) 手順によって、スイッチをオフにする動作を GSM や UMTS ノードに指示します。（[4]を参照）。

3 まとめ

本ホワイト・ペーパーでは、3GPP Release 11 で提供された LTE-Advanced に対する高度化について説明しました。キャリア・アグリゲーションなど、3GPP Release 10 で導入された機能の高度化の他に、DL と UL における LTE CoMP などの新機能が導入されました。新たな制御チャネルである E-PDCCH の定義を必要とする各種の展開シナリオにおけるセル間干渉をさらに緩和するという要望と並んで、CoMP 自体は MIMO の高度化と同様に 3GPP Release 10 で標準化されました。E-PDCCH により、物理レイヤに新たな複雑性が追加されます。キャリア・アグリゲーションの高度化、特にマルチ・タイミング・アドバンスは、物理レイヤにさらに影響を与えます。CoMP 自体もネットワーク全体の複雑性に重大な影響を及ぼします。3GPP Release 11 の全体的な目標は、Release 10 で導入された機能（例えばキャリア・アグリゲーション）を完成させ、セル間干渉を緩和し、デバイスのセル端のパフォーマンスを最適化するためにさらに機能を追加することです。技術要素の多くは、ヘテロジニアス・ネットワーク形態をより効率的にサポートするという要求の結果であることに注意してください。

4 LTE/LTE-Advanced 周波数バンド

3GPP Release 11 までの LTE/LTE-A で使用される周波数バンドでペアのスペクトラムを使用するものを表 4-1 に示し、非ペアのスペクトラムを使用するものを表 4-2 に示します。

表 4-1

LTE/LTE-Advanced の FDD 周波数バンド							
バンド	アップリンク (UL) BS 受信/UE 送信			ダウンリンク (DL) BS 送信/UE 受信			多重方式
	F _{UL_low} [MHz]	-	F _{UL_high}	F _{DL_low}	-	F _{DL_high}	
1	1920	-	1980	2110	-	2170	FDD
2	1850	-	1910	1930	-	1990	
3	1710	-	1785	1805	-	1880	
4	1710	-	1755	2110	-	2155	
5	824	-	849	869	-	894	
6	830	-	840	865	-	875	
7	2500	-	2570	2620	-	2690	
8	880	-	915	925	-	960	
9	1749.9	-	1784.9	1844.9	-	1879.9	
10	1710	-	1770	2110	-	2170	
11	1427.9	-	1447.9	1475.9	-	1495.9	
12	699	-	716	729	-	746	
13	777	-	787	746	-	756	
14	788	-	798	758	-	768	
15	Reserved			Reserved			
16	Reserved			Reserved			
17	704	-	716	734	-	746	
18	815	-	830	860	-	875	
19	830	-	845	875	-	890	
20	832	-	862	791	-	821	
21	1447.9	-	1462.9	1495.9	-	1510.9	
22	3410	-	3500	3510	-	3600	
23	2000	-	2020	2180	-	2200	
24	1626.5	-	1660.5	1525	-	1559	
25	1850	-	1915	1930	-	1995	
26	814	-	849	859	-	894	
27	807	-	824	852	-	869	
28	703	-	748	758	-	803	
29				717	-	728	

表 4-2

LTE/LTE-Advanced の TDD 周波数バンド							
バンド	アップリンク (UL) BS 受信/UE 送信			ダウンリンク (DL) BS 送信/UE 受信			多重方式
	F _{UL_low} [MHz]	-	F _{UL_high}	F _{DL_low}	-	F _{DL_high}	
33	1900	-	1920	1900	-	1920	TDD
34	2010	-	2025	2010	-	2025	
35	1850	-	1910	1850	-	1910	
36	1930	-	1990	1930	-	1990	
37	1910	-	1930	1910	-	1930	
38	2570	-	2620	2570	-	2620	
39	1880	-	1920	1880	-	1920	
40	2300	-	2400	2300	-	2400	
41	2496	-	2690	2496	-	2690	
42	3400	-	3600	3400	-	3600	
43	3600	-	3800	3600	-	3800	
44	703	-	803	703	-	803	

5 参考文献

- [1] Rohde & Schwarz: Application Note [1MA111](#) “UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction”
- [2] Rohde & Schwarz: White Paper [1MA191](#) “LTE Release 9 Technology Introduction”
- [3] Rohde & Schwarz: White Paper [1MA169](#) “LTE-Advanced Technology Introduction”
- [4] 3GPP TS 36.300 V 11.5.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2, Release 11
- [5] 3GPP TS 36.211 V 11.2.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation, Release 11
- [6] 3GPP TS 36.212 V 11.2.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding, Release 11
- [7] 3GPP TS 36.213 V 11.2.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures, Release 11
- [8] 3GPP TS 36.214 V 11.1.0, December 2012; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer; Measurements, Release 11
- [9] 3GPP TS 36.306 V 11.3.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities, Release 11
- [10] 3GPP TS 36.321 V 11.2.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification, Release 11
- [11] 3GPP TS 36.331 V 11.3.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification, Release 11
- [12] 3GPP TS 36.101 V 11.4.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception, Release 11
- [13] 3GPP TS 36.104 V 11.4.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception, Release 11
- [14] 3GPP TS 36.133 V 11.4.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Requirements for support of radio resource management, Release 11

[15] IEEE Communications Magazine, Vol. 51, No.2, February 2013, Enhanced Physical Downlink Control Channel in LTE Advanced Release 11

[16] J. Johansson, W. Hapsari, S.Kelley, G. Bodog "Minimization of Drive Tests in 3GPP Release 11", IEEE Communications Magazine, Nov. 2012.

6 追加情報

このアプリケーションノートに関するご意見、ご提案がありましたら、以下のアドレスまでご連絡ください。

TM-Applications@rohde-schwarz.com

ローデ・シュワルツについて

ローデ・シュワルツ・グループ（本社：ドイツ・ミュンヘン）は、エレクトロニクス分野に特化し、電子計測、放送、無線通信の監視・探知および高品質な通信システムなどで世界をリードしています。

約 80 年前に創業し、世界 70 カ国以上で販売と保守・修理を展開している会社です。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

本社／東京オフィス

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1

住友不動産西新宿ビル

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

神奈川オフィス

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-8-12

Attend on Tower 16 階

TEL : 045-477-3570 (代) FAX : 045-471-7678

大阪オフィス

〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-20

TEK 第 2 ビル 8 階

TEL:06-6310-9651 (代) FAX:06-6330-9651

サービスセンター

〒330-0075 埼玉県さいたま市浦和区針ヶ谷 4-2-11

さくら浦和ビル 4 階

TEL:048-829-8061 FAX:048-822-3156

E-mail: info.rsjp@rohde-schwarz.com

<http://www.rohde-schwarz.co.jp/>

Certified Quality System
ISO 9001
DQS REG. NO 1954 QM

Certified Environmental System
ISO 14001
DQS REG. NO 1954 UM

このアプリケーションノートと付属のプログラムは、ローデ・シュワルツ社のウェブサイトのダウンロード・エリアに記載されている諸条件に従ってのみ使用することができます。

掲載されている記事・図表などの無断転載を禁止します。おことわりなしに掲載内容の一部を変更させていただくことがあります。あらかじめご了承ください。

ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7-20-1

住友不動産西新宿ビル 27 階

TEL:03-5925-1288/1287 FAX:03-5925-1290/1285

www.rohde-schwarz.co.jp