

LTE-Advanced (3GPP Rel.12)

技術紹介

ホワイト・ペーパー

本書は、3GPP Release 12 仕様に含まれる LTE の重要な追加技術要素をまとめたものです。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、これまで最も急速に開発が進んでいるモバイル・システム技術になっています。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 Release で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、大幅な改善が LTE-Advanced と知られる 3GPP Release 10 で行われました。Release 10 以降、種々のマーケット用語が使用されてます。しかし、3GPP では、技術群とその進化の名称について、LTE-Advanced という用語でカバーされ続けていることをあらためて確認しました。ゆえに、LTE-Advanced は、3GPP Release 12 を含む Release 10 以降から定義された仕様を正確に記述しているということです。

目次

1	はじめに	4
2	LTE-Advanced Release 12 の技術要素	5
2.1	スモールセル拡張	7
2.1.1	高次変調 (256QAM)	8
2.1.2	LTE デュアル接続性 (DC)	10
2.2	Device to Device 通信 (D2D)	14
2.2.1	LTE D2D ProSe シナリオ	15
2.2.2	総合 ProSe ネットワーク アーキテクチャ	15
2.2.3	ProSe の PHY と MAC layer: 新たな、ロジカル、トランスポート、フィジカル チャネル	17
2.2.4	Direct Discovery	17
2.2.5	ProSe Direct Communication	25
2.2.6	同期化	27
2.2.7	LTE D2D ProSe の新たな System Information Block Types	29
2.3	WLAN/3GPP 無線インタワーキング	32
2.3.1	コアネットワークのソリューション	32
2.3.2	RAN のソリューション	33
2.4	HetNet モビリティの向上	36
2.4.1	モビリティ情報に基づく HO 全体パフォーマンスを改善	36
2.4.2	モビリティロバスト性のための UE ベースのソリューション	37
2.4.3	RLF からのリカバリ改善	37
2.5	スマート輻輳緩和 (SCM)	39
2.6	Machine-Type と他のモバイルデータアプリケーションのための RAN 向上	40
2.6.1	UE 消費電力最適化	40
2.6.2	シグナリング オーバヘッド削減	41
2.7	LTE TDD-FDD キャリアアグリゲーション含むジョイント運用	42
2.8	エンハンスト 干渉軽減 & トラフィック適応 (eIMTA)	43
2.8.1	配備シナリオ	43
2.8.2	リコンフィグプロシージャと上位レイヤコンフィグ	44
2.8.3	HARQ, CSI フィードバックとパワーコントロール	45

2.8.4	UE 能力	45
2.8.5	eIMTA と他の技術要素との併用	46
2.9	DL MIMO さらなる向上	47
2.10	カバレッジ向上	50
2.11	BeiDou Navigation Satellite System のサポート	52
2.12	LTE eNB 間 CoMP	53
3	まとめ	55
4	LTE / LTE-Advanced 周波数バンド	56
5	参考文献	58
6	追加情報	60

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ました。2009 年末以降、LTE 移動通信システムは、GSM (Global system for mobile communications)、UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)、CDMA2000 の発展として展開されています。LTE 技術紹介については、読みやすく [1] にまとめてあります。既存のモバイル技術は、多大な期間にわたって常に拡張されています。これは、3GPP Release 9、10、および 11 ([2], [3], [4] 参照) で規定され、さらに拡張されている LTE 技術にも当てはまります。特に、LTE-Advanced としても知られている 3GPP Release 10 の技術要素を適用することで、ITU (International Telecommunication Union) による IMT-Advanced の要件セットを満たしました。LTE は、最も急速に成長している携帯電話技術であると立証されました。2009 年 12 月に最初の商用ネットワークが開始され、2014 年末までには、世界的に 100 以上の国々で展開され、360 の商用ネットワークまで発展しました。この実績に基づいて、この先何年も LTE / LTE-Advanced の改善を期待することができます。

本書では、3GPP Release 12 仕様に含まれる LTE の重要な追加技術要素をまとめたものです。図示したそれぞれの技術要素について、第 2 章で詳述します。LTE Release 8 ~ 12 の技術要素の依存関係を次の 図 1-1 に図示します。本書の執筆時点では、3GPP Release 12 仕様が完全に確定されていないことに留意してください。3GPP での完成次第、その後の変更や修正を更新します。Rohde & Schwarz インターネットサイト 上で、本書の最新バージョンの存在をぜひ確認してみてください。

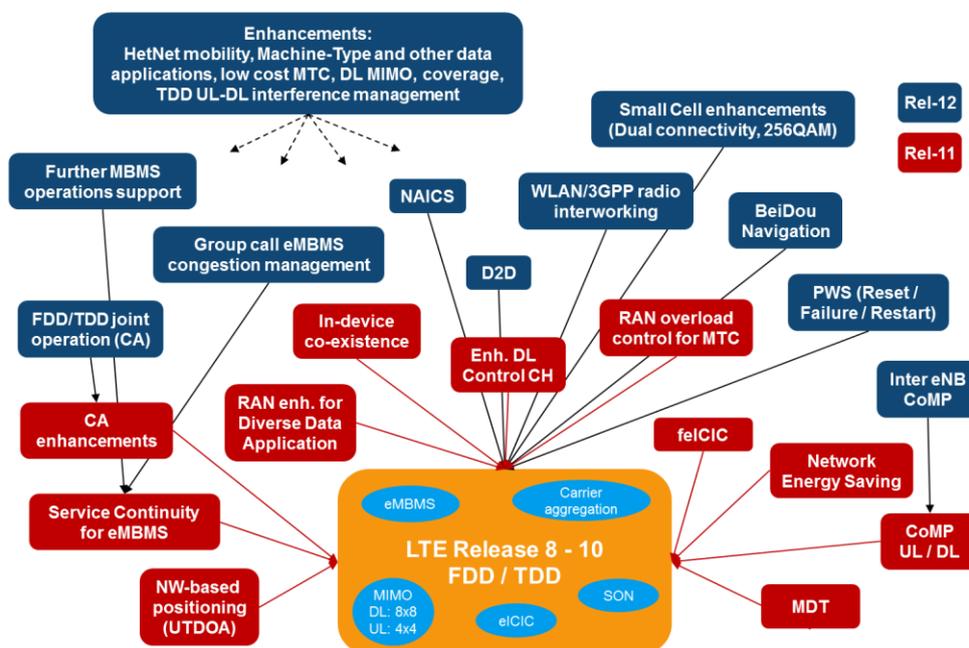


図 1-1: 3GPP Release 8 ~ 12 の技術要素の依存関係

第 3 章には本書のまとめを、第 4 章、第 5 章、および第 6 章の付録には、LTE の周波数バンドの要約と参考文献を記載しています。

2 LTE-Advanced Release 12 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、あるい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 12 で規定された LTE-Advanced は、多くの機能拡張や追加から構成されています。次章では、重要な変更を詳述します。

追加された特定の技術要素に関わらず、3GPP は、LTE 技術の初期仕様から、UE カテゴリのコンセプトを使用していました。Release 8 から Release 11 までに規定された LTE では、ある単一の UE カテゴリが能力全体を示しているのに、3GPP Release 12 での単一の技術要素に部分的に言及しています (表 2-1 参照)。この基本的な分類上で、追加パラメータのシグナリングは、[10] で規定される個々の技術要素への詳細なサポートを通知するために使用されます。これは、フィジカルレイヤパラメータ (例えば Tx アンテナ選択のサポート)、RF パラメータ (例えばサポート周波数バンド)、測定パラメータ (例えば *interFreqNeedForGaps*)、RAT 間パラメータ (例えば FDD and/or TDD)、などを含んでいます。

表 2-1: LTE/LTE-A UE カテゴリ 3GPP Release 8 - 11

UE category	Max data rate in Mbps		Min. number of DL CCs	DL MIMO layer(s)	Highest Modulation Scheme	
	DL	UL			DL	UL
Rel8	1	~10	1	1	64QAM	16QAM
	2	~50				
	3	~100				
	4	~150				
	5	~300				
Rel10	6	~300	1 or 2	2 or 4	64QAM	16QAM
	7	~300				
	8	~3000				
Rel11	9	~450	2 or 3	2 or 4	64QAM	16QAM
	10					
	11	~50	2, 3 or 4			
	12	~100				

3GPP Release 12 以降から、DL と UL の能力を分離することが決定されました。つまり、フィールド *ue-CategoryDL* と *ue-CategoryUL* が DL/UL 能力をそれぞれ定義します。DL カテゴリ 0 / UL カテゴリ 0 は、特に MTC アプリケーションのサポートのためにデザインされ追加されました。表 2-2 は、DL と UL の基本能力をそれぞれ示し、表 2-3 は、既存の UE カテゴリへのマッピングを記載しています。

表 2-2: フィールド ue-CategoryDL / ue-CategoryUL による DL / UL フィジカルレイヤのパラメータ値

Downlink			Uplink		
DL Category	Max data rate in Mbps	DL MIMO layer(s)	UL Category	Max data rate in Mbps	64QAM support
0	~1	1	0	~1	No
6	~300	2 or 4	3	~50	
7			5	~75	Yes
9	~450		7	~100	No
10			8	~1500	Yes
11	~600		13	~150	
12			~390		
13	~3900	8			

表 2-3: フィールド ue-CategoryDL と ue-CategoryUL にてサポートされる DL/UL カテゴリのコンビネーションと、明示される UE カテゴリ

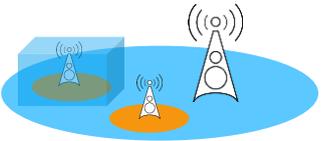
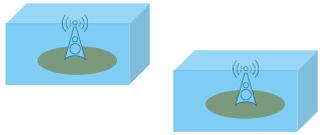
UE DL Category	UE UL Category	UE categories
0	0	N/A
6	5	Category 6, 4
7	13	Category 7, 4
9	5	Category 9, 6, 4
10	13	Category 10, 7, 4
11	5	Category 11, 9, 6, 4
12	13	Category 12, 10, 7, 4
13	3	Category 6, 4
13	5	Category 6, 4
13	7	Category 7, 4
13	13	Category 7, 4
14	8	Category 8, 5

2.1 スモールセル拡張

携帯電話ネットワークが GSM に基づいて初めに展開された頃では、展開シナリオは同様のセルサイズをもつセルで考慮しました。つまり、ホモジニアス(均一な) ネットワークトポロジを使用しました。しかしまもなく、様々なキャパシティ要件に対処するために、異なるセルサイズが必要でした。現在の 3G/4G ネットワークでは、ヘテロジニアス ネットワーク展開が広く適用されています。マクロ アンブレラ セル内に展開するスモールセルのシナリオを含みます。スモールセル シナリオは、実運用ネットワークに課題をもたらします。LTE スモールセルの改善の可能性が、3GPP でのスタディ アイテムの段階を通して調査されています ([17], [19], [20] 参照)。特に、次の設計ゴールが [17] で採り上げられました:

- モビリティのロバスト性を改善
- シグナリングの負荷を低減
- ユーザスループットを向上

検討段階を通して、以下に示すように、3 つのシナリオが調査されました:

Small Cell Scenarios		
Scenario 1	Scenario 2a/2b	Scenario 3
		
Macro cell (outdoor) and small cell (outdoor) – same carrier frequency	Macro cell (outdoor) and small cell (2a: outdoor / 2b: indoor) – different carrier frequencies	Small cell (indoor only)

2.1.1 高次変調 (256QAM)

3GPP Release 10 までの LTE 技術は、QPSK、16QAM、および 64QAM 変調 (UL ではオプション) を適用します。明らかに、スモールセルのシナリオは、スモールセルサイズを特徴としますので、UE で高い信号対ノイズ/干渉 (高 SNR) が生じる可能性があります。LTE 技術に 256QAM 変調を追加することで、シミュレーション実行では、スループット向上の可能性を示しました。[19] で、さまざまな見方が取り組まれました。一例の結果では、セル固有のリファレンスシンボルの干渉モデル化 (3% と 4% Tx EVM、および 1.5%~4% Rx EVM) で、現実的シナリオを考慮しています。このような仮定をすることによって、次のスループットゲイン (UPT) が得られました。

- シナリオ 2a でセル平均 UPT 0%~5% 向上
- シナリオ 2b でセル平均 UPT 5%~13% 向上
- シナリオ 3 でセル平均 UPT 7%~30% 向上

これらの調査に基づき、256QAM はスモールセルのシナリオに有効な選択と考えられ、Release 12 ([6] 6.3.2 章と 7.1.5 章 参照) の LTE 機能セットに追加されました。サポートされる UE カテゴリに関わらず、UE は、RF パラメータフィールド *dl-256QAM-r12* を用いて無線能力シグナリングの一部として、256QAM 受信のサポートを明示します。シグナリング 256QAM 変調を UE で使用できるようにするために、新たな MCS Index (変調・符号化方式) テーブルが [8] に追加されています。

表 2-4 および 表 2-5 に、MCS Index の解釈の相違を示しています (256QAM に関連する変更をオレンジ色でマーク)。上位レイヤシグナリングでは、2 つのテーブルを区別して使用します。

表 2-4: PDSCH 変調と TBS テーブル

表 2-5: PDSCH 変調 TBS テーブル 2

MCS Index	Modulation Order	TBS Index
0	2	0
1	2	1
2	2	2
3	2	3
4	2	4
5	2	5
6	2	6
7	2	7
8	2	8
9	2	9
10	4	9
11	4	10
12	4	11
13	4	12
14	4	13
15	4	14
16	4	15
17	6	15
18	6	16
19	6	17
20	6	18
21	6	19
22	6	20
23	6	21
24	6	22
25	6	23
26	6	24
27	6	25
28	6	26
29	2	reserved
30	4	
31	6	

MCS Index	Modulation Order	TBS Index
0	2	0
1	2	2
2	2	4
3	2	6
4	2	8
5	4	10
6	4	11
7	4	12
8	4	13
9	4	14
10	4	15
11	6	16
12	6	17
13	6	18
14	6	19
15	6	20
16	6	21
17	6	22
18	6	23
19	6	24
20	8	25
21	8	27
22	8	28
23	8	29
24	8	30
25	8	31
26	8	32
27	8	33
28	2	reserved
29	4	
30	6	
31	8	

同じように、以前の 3GPP Release に依る QPSK/16QAM/64QAM だけの使用か、以下に示すような 256QAM 追加の使用かを、UE からの CQI レポートが区別します。正確には、上位レイヤパラメータ *altCQI-Table-r12* が、*allSubframes*、*csi-SubframeSet1*、あるいは *csi-SubframeSet2* に設定されているときに限ります。*allSubframes* は、選択する CQI

テーブルがすべてのサブフレームと CSI プロセスに適用されることを意味します。csi-SubframeSet1 は、選択する CQI テーブルが CSI サブフレーム set1 に適用されることを意味し、csi-SubframeSet2 は、選択する CQI テーブルが CSI のサブフレーム set2 に適用されることを意味します。EUTRAN では、送信モード TM1 ~ TM9 が使用される場合のみ、csi-SubframeSet1 または csi-SubframeSet2 に設定します。

表 2-6: 4-bit CQI テーブル

CQI Index	Modulation	Code rate x 1024
0	Out of range	
1	QPSK	78
2	QPSK	120
3	QPSK	193
4	QPSK	308
5	QPSK	449
6	QPSK	602
7	16QAM	378
8	16QAM	490
9	16QAM	616
10	64QAM	466
11	64QAM	567
12	64QAM	666
13	64QAM	772
14	64QAM	873
15	64QAM	948

表 2-7: 4-bit CQI テーブル 2

CQI Index	Modulation	Code rate x 1024
0	Out of range	
1	QPSK	78
2	QPSK	193
3	QPSK	449
4	16QAM	378
5	16QAM	490
6	16QAM	616
7	64QAM	466
8	64QAM	567
9	64QAM	666
10	64QAM	772
11	64QAM	873
12	256QAM	711
13	256QAM	797
14	256QAM	885
15	256QAM	948

2.1.2 LTE デュアル接続性 (DC)

2.1 章で紹介したように、包括的なスモールセルのスタディが実施されました。上位レイヤの側面にフォーカスするスタディでは、デュアルレイヤの接続性機能の定義になりました [17]。この本質的な変更は、UE が 2 つの異なるネットワークノードから無線リソースを消費することを可能にします。これは、原理上 CoMP 機能 ([4] 参照) に似ていますが、後述のように重要な相違があります。それは、DC がマクロとピコセル内の異なるキャリア周波数を想定している、UE が 2 つの MAC エンティティを実行する、すなわち、2 つの個別スケジューラにて提供される無線リソースを利用する、そして、UE が 2 つの UL キャリアをサポートする必要がある、ということが原則的にあります。

2.1.2.1 展開シナリオ、eNodeB の役割、ネットワークインタフェース

ある UE の DC に関わる eNB は、2 つの異なる役割を想定しています。片方の eNB は、Master eNB (MeNB) として、または Secondary eNB (SeNB) として機能します。Primary

Cell (PCell) / Primary SCell (PSCell) と、オプションの 1 つ以上の Secondary Cells (SCells) から成る、MeNB/SeNB に関連付けられたサービスセルのグループとして、Master Cell Group (MCG) / Secondary Cell Group (SCG) が定義されます。DC において、UE は、単一 MeNB と単一 SeNB に接続されます。すなわち、UE は、MeNB と SeNB それぞれへの各データフローのために、2 つの MAC エンティティと 2 つの別々の RLC エンティティを動作させます。これが、3GPP Release 11 で導入された CoMP 機能と比較した本質的な違いです。根底にある前提は、DC に関わる 2 つの eNB が非理想バックホール X₂ インタフェースを介して接続されていることです。eNB は、さまざまな UE のためにさまざまな役割を担っていることに留意してください。つまり、SeNB から特定の単一 UE までが、MeNB または単なる eNB から別の UE までであるかもしれません。[17] におけるスタディでは、f₁ と f₂ が異周波数バンドの別々のキャリアに対応する、シナリオ #2 のノード間無線リソースのアグリゲーション技術の可能性を、すべての設計目標の観点から正当化したと結論付けました。正確には、3GPP RAN2 での作業は、マクロとピコセル内の同一周波数でのシナリオのコンセプトを適用除外するものではありません。しかし、3GPP RAN4 の UE 要件では、図 2-1 に示すシナリオを想定して単に規定されています。

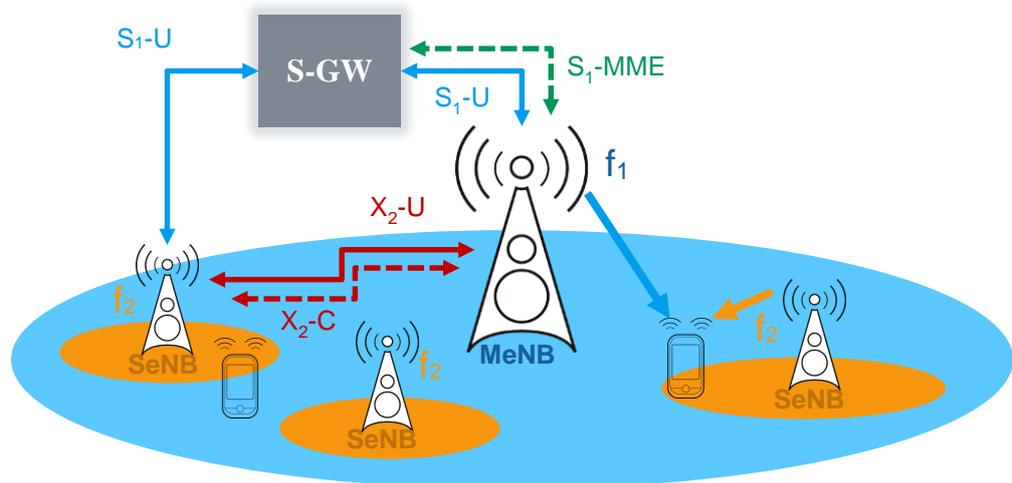


図 2-1: マクロカバレッジ内のスモールセルの展開シナリオ

図示されるように、(コントロール) C-プレーンのシグナリングは、X₂ インタフェースを介して実現され、UE ごとに単一の S₁-MME 接続だけが存在します。対照的に U-プレーン接続は、使用されるベアラタイプに応じて MeNB と SeNB 間に存在します (後述 2.1.2.2 章 参照)。

デュアル接続性 (DC) において、同期と非同期 DC の 2 つの動作が定義されています。eNodeB 間の非理想バックホール接続を想定しているためです。同期 DC 動作での要件は、キャリアアグリゲーションと同じです。すなわち UE は、レシーバでモニタされたすべてのセルグループ (CG) の任意のサービスセル内では、少なくとも 33 μs までの遅延スプレッドに対処でき、レシーバでモニタされた同じ CG に属するサービスセル内では、少なくとも 30.26 μs までの遅延スプレッドに対処できます。非同期 DC 動作では、すべてのセルグループの任意のサービスセル外をモニタする範囲は、500 μs までに拡張されます。

DC が展開される時、フレームタイミングと SFN は、CG 内でアグリゲートされるコンポーネントキャリア内で調整されます。しかし、異なる CG 間でアグリゲートされるコンポーネントキャリア内では調整されないかもしれません。

2.1.2.2 プロトコルアーキテクチャ、スプリットベアラ

DC では、特定のベアラが使用する無線プロトコルアーキテクチャは、ベアラがどのようにセットアップされるかで決まります。次のように 3 つの選択肢が定義されています：

- Master Cell Group (MCG) ベアラ
- Secondary Cell Group (SCG) ベアラ
- スプリットベアラ

3 つのベアラの選択肢は、[図 2-2](#) の無線プロトコルアーキテクチャに図示されています。

RRC は、MeNB に位置し、常に MCG ベアラがシグナリング (SRB) し、その結果、MeNB が提供する無線リソースを使用するだけになります。MCG ベアラは、データとシグナリングの双方を搬送する従来のベアラとして見ることができます。スプリットベアラと SCG ベアラは、データだけのベアラです。後者 2 つの主な違いは、スプリットベアラでは、S1-U インタフェースが MeNB で終端し、一方 SCG ベアラでは、S1-U インタフェースが SeNB で終端します。

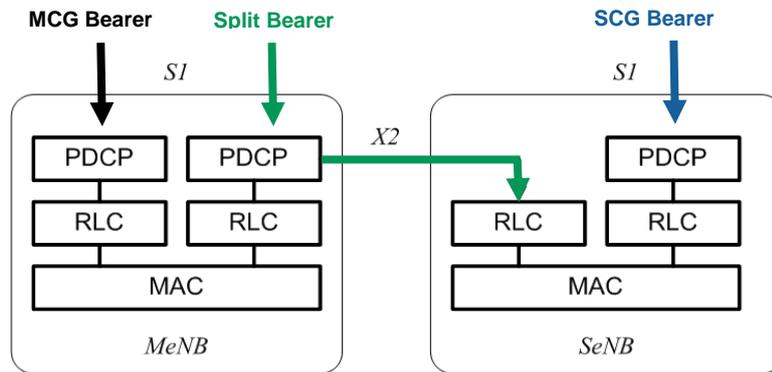


図 2-2: DC の無線プロトコルアーキテクチャ

MeNB は、本質的に UE の無線リソースマネージメント (RRM) 構成を維持します。ゆえに、追加リソースを提供するために SeNB を求めます。DL では、スプリットベアラのケースで、MeNB 経由あるいは SeNB 経由でパケットを送り届けるかどうかを、MeNB で決定されます。この決定は、UE によって提供されるメジャーメントレポート、トラフィック状況、セル負荷、および使用ベアラタイプのような様々なパラメータに依存します。UL では、UE は、常に PDCP PDU 送信のための 2 つのリンクのいずれかだけを使用します - UL データのための MeNB と SeNB 間の切り替は、レイヤ 3 メッセージング (*RrcConnectionReconfiguration* の送信) が必要です。[図 2-1](#) のシナリオを振り返ると、MeNB は、SeNB から追加リソースを求めるともかもしれないので、限られたネットワークエリアの無線リソースコントローラになります - 少なくともある程度まで - 。しかし各 eNB は、無線リソースを持っていて、主に割り当てリソースへの責任を負います。MeNB と SeNB 間の情報交換/協調は、X₂ インタフェースを介して RRC コンテナを用いて行われます。SeNB 追加や、SeNB 変更、および SeNB リリースに関する詳細プロシージャについては、規格 [\[5\]](#) を参照してください。

2.1.2.3 パワーコントロール、タイミングアドバンス、RACH

DC では、2 タイプのパワーコントロールモードが、モード 1 とモード 2 として定義され、モード 1 は必須で、モード 2 はオプションとしてサポートされています。双方のモードでは、UE は、各セルグループ (CG) の最小保証パワーに設定されています。パワーコントロールモード 1 では、UE は、各 CG に対して最小保証パワーに配分し、Uplink Control Information (UCI) タイプに基づく優先順位に従って、残るパワーは、送信ごとに MCG と SCG 間で共有されます。パワーコントロールモード 2 では、UE は、各 CG に対して最小保証パワーを予定しておき、残るパワーは、最初に開始する CG に対して利用できるようになります。これらのパワーコントロールモードの詳細については、[8] を参照してください。DL だけで使用される CoMP やキャリアアグリゲーションの機能と比較してもう一つの重要な違いは、DC 対応 UE は UL 2 キャリアをサポートしなければならないことです。[5] で記述されるように、少なくとも SCG の一つのセルは UL を形成し、この Primary SCell (PSCell) は PUCCH リソースで構成されます。したがって PUCCH は、DC での PCell と PSCell で送信されます。ランダムアクセスプロシージャは、SCG 追加/変更に際して、指示されたら、あるいは、UE が RRC_CONNECTED 状態中に、UL/DL データが到達した場合に、少なくとも PSCell 上でも実行されます。結果的に UE は、タイミングアドバンスのためのタイミング基準として、MSG での PCell と SCG での PSCell を使用します。隣接セル測定に関しては、周波数内 (intra-frequency) および周波数間 (inter-frequency) の測定で、キャリアアグリゲーションのときと同じ原理を適用します。サービスセルの構成セットは、MCG と SCG からのすべてのセルを含みます。MeNB によって知らされるシングル測定ギャップ構成だけが、UE のためにあることに留意してください。

2.2 Device to Device 通信 (D2D)

今まで、商用通信およびクリティカル通信をサービスするところでは、2 つ別々のシステムが典型的にありました。商用通信システムの例では、LTE/LTE-Advanced、CDMA2000@1xRTT/1xEV-DO、さまざまな 802.11xx スタンドアードは、3GPP、3GPP2、IEEE によって標準化されたテクノロジーです。多くの場合、パブリックセーフティとして要約されるクリティカル通信システムでは、2 つの異なるスタンドアードが、地域ごとに依存して使用されています。EU とアジアの一部では、TETRA と後継の TETRA2 であり、北米、ラテン、南米では、Project 25、略して P25 であり、APCO-25 と呼ばれます。

加入者に、モバイルブロードバンドデータ、高精細ビデオ、および高度な音声サービスを提供するネットワーク事業者の大多数が選択したテクノロジーとなる LTE の世界的成功から、行政当局は、クリティカル通信のための候補として LTE を検討し始めています。2009 年 6 月 US では、National Public Safety Telecommunications Council (NPSTC)、Association of Public Safety Communication Officials (APCO)、および National Emergency Number Association (NENA) が、ブロードバンド能力を備える次世代パブリックセーフティネットワークのプラットフォームとして、LTE を支持することに決めました。この取り組みの結果、2008 年 2 月に開催された 700 MHz オークションのときに、パブリックセーフティの目的で、10 MHz ペアスペクトラムが FCC により確保されました。2012 年、First Responder Network Authority、略して FirstNet と呼ばれる当局に、このスペクトラムの統治を委任する法令に、オバマ大統領が署名しました。州 (State)、郡 (County)、当局の間の相互運用性を確保するために、FirstNet は、国中のパブリックセーフティのための全国統一ブロードバンドネットワークの構築を監督するタスクも有します。3GPP 内で U.S. Department of Commerce (米商務省) によって代表される組織は、クリティカル通信の要件をサポートするために、LTE スタンドアードの関連するすべての技術仕様を拡張する要件やインプットを提供する上で、主導的な役割を果たしました。これらの要件は次のとおりです。

- 信頼性と回復力: ある期間、逆境で十分に機能する
- 端末間ダイレクト通信
- グループ通信
- オフネットワーク通信
- 低コールセットアップ時間でのグループコール通信を含む Mission Critical Push-To-Talk (MCPTT)

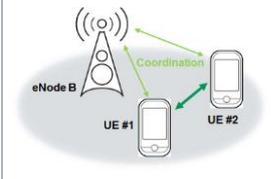
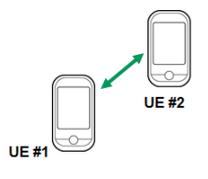
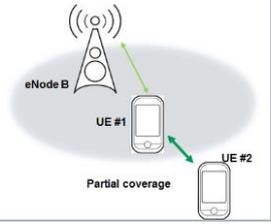
3GPP では、この課題に取り組みました。専任の 3GPP SA ワーキンググループ、すなわち [3GPP SA6](#) が、ミッションクリティカルアプリケーションに取り組むために新設されました。3GPP RAN では、最初の機能セット、すなわち LTE Device-to-Device (D2D) Proximity Services と Group Call System Enablers (GCSE) が、Release 12 に追加されました。オフネットワーク通信と MCPTT は Release 13 の一部として継続しています。Proximity Services (ProSe) のねらいは、ネットワーク負荷を軽減することや、既定の帯域幅で容量を増大することや、ネットワークカバレッジ圏外のエリアでの通信を可能にする目的で、極めて接近したデバイス同士が、相互に検出し、互いに直接通信できるようにすることです。最後の目的だけを、パブリックセーフティのユースケースに適用するが、初めの 2 つの目的は、商業民生用アプリケーションの点でも興味深い。GCSE は、モバイルユーザと通信指令係 (1 対大勢) の間の効率的な通信ができるように定義されます。一般的要件では、ユーザを追加

し、チャンネルを取得する低遅延 (latency) と、柔軟なグループサイズと、フローコントロールのサポートを必要としています。アプリケーションと LTE のレイヤ間で明確に分割できます。アプリケーションレイヤでは、グループ管理と、発言権コントロール決断と、従来の相互運用性をコントロールします。LTE レイヤでは、モビリティとサービス継続性に加えて、エアインタフェースの効率性を提供します。アプリケーションと LTE レイヤの双方とも、全体パフォーマンスとサービス統合に影響を与えます。Proximity Services は、明確に GSM と UMTS を除外し、LTE だけに定義されます。

2.2.1 LTE D2D ProSe シナリオ

Release 12 の一部として、2 つの機能を標準化し始める前に、シナリオとユースケースを決定し、カバレッジ内 / 外を定義することが重要でした。カバレッジ内に関しては、ProSe キャリアがそのセルの SIB Type 1 の S-criteria を満たすときに、デバイス自体がカバレッジ内と見なすことを意味します。3GPP では、以下の合意を形成し、次表に要約しました。

表 2-8: LTE Device-to-Device (D2D) Proximity Services (ProSe) シナリオ

	Within network coverage (Intra-/Inter-cell)	Outside network coverage	Partial network coverage
Non-public safety use case	Discovery	-	-
Public safety use case	Discovery, Communication	Communication	Communication
			

上記に基づき、ProSe は、2 つの主要な要素から成ることが明らかです。1 番目が互いに極めて近接したユーザのネットワークアシスト発見 (Discovery) で、2 番目がネットワーク監視有無でのユーザ間ダイレクト通信 (Communication) です。後者は、パブリックセーフティのユースケースだけに適用されます。3GPP Release 12 では、商用およびパブリックセーフティのアプリケーションのカバレッジ内シナリオだけに、ネットワークアシスト発見が可能です。ダイレクト通信は、パブリックセーフティのアプリケーションに限定されます。3GPP Release 13 では、ProSe 機能がさらに拡張されます。

2.2.2 総合 ProSe ネットワーク アーキテクチャ

Release 12 では、以下の機能が定義されました。

- EPC-level ProSe Discovery
- WLAN ダイレクト Discovery と Communication の EPC サポート
- Direct Discovery
- Direct Communication

■ UE-to-Network Relay

図 2-3 には、ノンローミングの場合の近接ベースのサービスのためのリファレンスアーキテクチャを示しています。双方の UE は、同じサービスプロバイダのネットワークに、すなわち同じ PLMN (Public Land Mobile Network) に、接続されています。

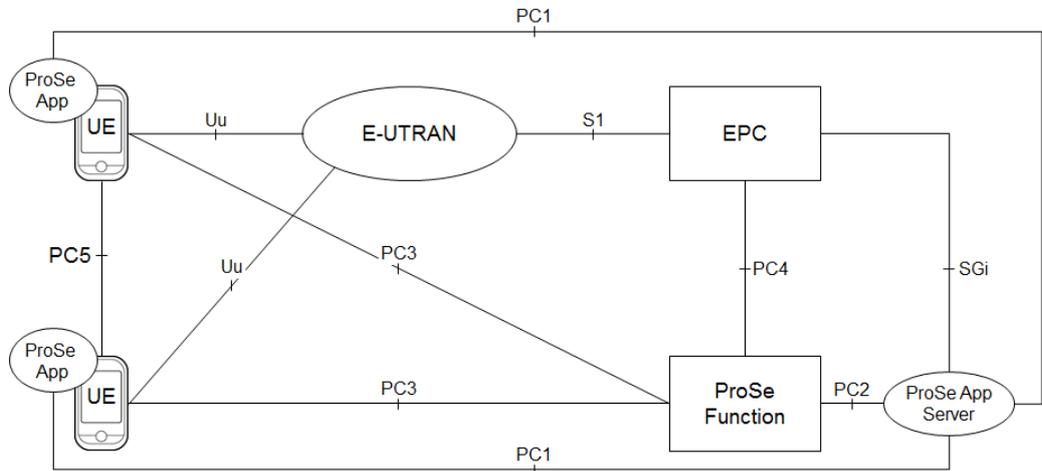


図 2-3: ProSe シンプル リファレンス アーキテクチャ (ノンローミングの場合)

リスト化された機能の標準化ができるように、いくつかの新たなリファレンスポイントが導入されています。すべてのリファレンスポイントの詳細な定義については、[24], [26] を参照してください。最重要なリファレンスポイントは、2 つのデバイス間インタフェース PC5 と、各デバイスと Proximity Service (ProSe) Function 間のインタフェース PC3 です。ProSe Function は、図 2-3 内の最重要機能エンティティの一つであり、以下に詳述します。

ProSe Function は、Direct Discovery と Direct Communication の全体プロセスにおいてとても重要な役割を担っています。実際には、Direct Provisioning Function (DPF)、Direct Discovery Name Management Function、EPC-level Discovery Function、の 3 つのサブファンクションを提供します。名称が意味するように、DPF は、特定のネットワーク (PLMN) のための Direct Discovery と Direct Communication に必要なすべてのパラメータで UE に設定します。Direct Discovery Name Management Function のタスクは、Direct Discovery に使用される ProSe Application ID と ProSe Application Code を割り当て処理することです。このサブファンクションは、Application Identity (App ID) と ProSe Application Code (ProSe App Code) 間のマッピングをリスト化するテーブルを維持します。さらに、ProSe App Code が、デバイス上で実行している既定の ProSe アプリケーションに関与しているかどうかを、端末が知ることができるように、フィルタを生成します。App ID と ProSe App Code 双方とも、次のセクションで詳細に説明します。このサブファンクションの追加タスクは、デバイスが Direct Discovery の実行を認可されているかを確認するように、もし認可されているならば、ProSe Policy を同期させることで、デバイスを認可するように、Home Subscriber Server (HSS) に連絡することです。最終的に、OTA (over-the-air) で送信される Discovery メッセージをプロテクトするインテグリティパラメータをデバイスに提供します。

2.2.3 ProSe の PHY と MAC layer: 新たな、ロジカル、トランスポート、フィジカルチャンネル

Direct Discovery と Direct Communication のような ProSe 機能を標準化スタートする前に、3GPP でいくつかの基本的な判断がなされなければなりません。最初には、一般的に ProSe では、UL リソースが使用されていることが判断されました。FDD では、アナウンスしているデバイスとモニタリングしているデバイスにより、UL スペクトラムが利用されます。TDD では、UL サブフレームが相応に使用されています。次には、どのマルチアクセス方式を送信と受信に使用すべきかについての判断でした。ここでは、現 LTE ネットワークで UL 送信に使用されている方式である SC-FDMA を使用することに決定しました。可能な限り現 UL 構造を再利用することも決定しました。その意味で、LTE D2D ProSe の表記法も、D2D/ProSe の PC5 インタフェースを引用している “Sidelink” に変更されました。この名称変更は、新たに導入されたトランスポートおよびフィジカルチャンネルのネーミングに反映されています (図 2-4)。

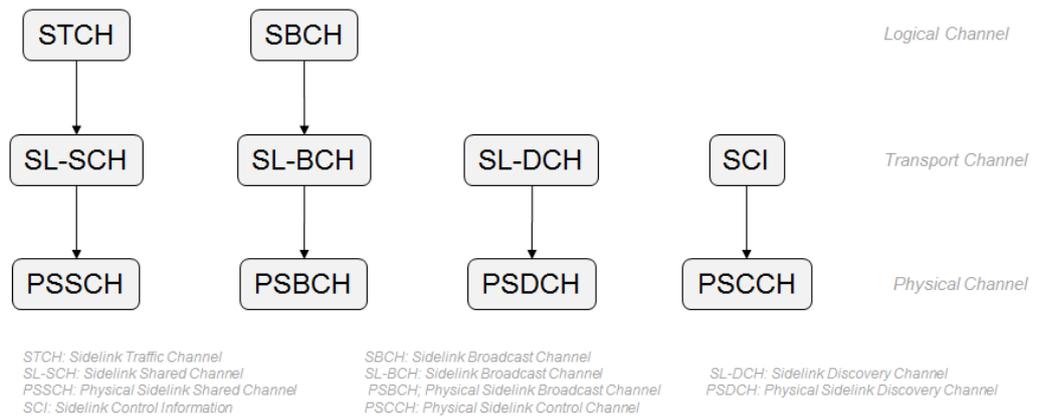


図 2-4: 新たな Sidelink トランスポートおよびフィジカル チャンネル

2.2.4 Direct Discovery

デバイスが Proximity Service をサポートしている場合、具体的に Direct Discovery と Direct Communication がサポートされている場合、イニシャルアタッチプロシージャ中にネットワークは知らされず。この情報は、常に Attach Request メッセージの一部である UE ネットワーク能力の情報エレメントにエンコードされます [29]。

Direct Discovery と Direct Communication は、スタンドアロンサービスとして定義されています。Direct Discovery は、必ずしも Direct Communication が後に続くとは限りません。そして、Direct Communication は、前提条件として Direct Discovery を必要としません。

セキュリティとプライバシー上の理由から、この機能は、オープン Discovery と制限 Discovery に分けられます。後者の場合には、発見されているデバイスから明白な許可が必要とされず (図 2-5)。

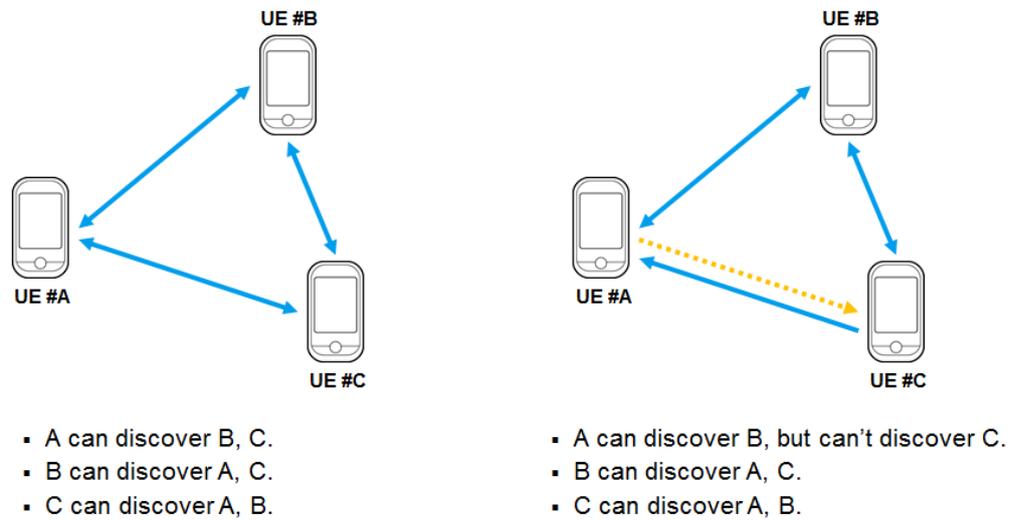


図 2-5: オープンと制限の Direct Discovery

先に示したように、ProSe Direct Discovery は、商用の観点から、カバレッジ内シナリオだけに有効であり、サービスネットワークによるフルコントロール下にあります。言い換えると、ネットワークは、Direct Discovery を使用するには、「UE ごと」ベースで、または「アプリケーションあたりの UE ごと」ベースで、デバイスを認可する必要があります。Discovery がどのように使用されているのかを定義した 2 モードがあります。1 番目は、アナウンスしている端末のように、デバイスが自身の情報をブロードキャストします（「私はここよ！」モデル #A に相当）。このモデルケースでは、モニタリングデバイスは、その Proximity への関与の特定情報を探しているだけです。アナウンスしているデバイスは、ProSe Application Code を含む Discovery メッセージを送信します。Discovery メッセージは、定義済みでネットワークコントロール下での機会を送信されます。モニタリングデバイスは、これらの機会をモニタし、Discovery メッセージを受信し、それを処理します。2 番目のモデルケースでは、「向こうにいるのは誰？」あるいは「あなたは向こうにいるの？」というフレーズで記述できます。‘Discoverer UE’ は、何が Discovery に関与しているかの特定情報を含むリクエストを送信します。このメッセージを受信する ‘Discoveree UE’ は、Discoverer のリクエストに関する情報に回答できます。しかし、このモデルケースは、Release 12 バージョンの仕様になっていません。このモデルケースが標準化され、‘Enhanced D2D ProSe’ として Release 13 でサポートされるかどうかは、現在検討中です。

2.2.4.1 サービス 認証 (Authorization) とプロビジョニング (Provisioning)

パブリックセーフティ (= Public Safety ProSe-enabled UE) に使用されるよう意図されているデバイスには、必要なサービス認証が、すでにデバイスに事前設定されます。認可は、デバイス (Mobile Equipment, ME) 自体に、または UICC カードの一部である USIM に保存されます。ノンパブリックセーフティすなわち商用デバイスは、Direct Discovery を使用するネットワークによって認可されなければなりません。したがって、デバイスは、ProSe Function に認証リクエストを送信します。このプロセスの詳細すべてが [25] に記載されています。ProSe Function にコンタクトするために、デバイスが Function の IP アドレスを明らかにする必要があります。2 つの可能性があります。オプション #1 は、ProSe Function にコンタクトする IP アドレスがデバイスに保存されていることです。IP アドレスが端末上で利用できない

場合には、ProSe Function の IP アドレスを解明するために、デバイスは、IETF RFC 1035 に従い DNS ルックアップを実行する必要があります。

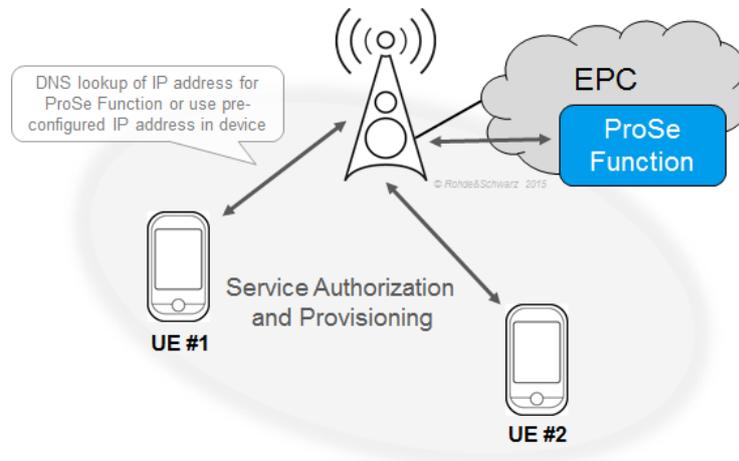


図 2-6: サービス 認証 (Authorization) とプロビジョニング (Provisioning)

ProSe Function に、Fully Qualified Domain Name 略して FQDN を構築するために、UE は、アタッチするネットワークの PLMN ID (= MCC, MNC) を使用します。例えば、`prose.mnc123.mcc456.3gppnetwork.org` です。PDN コネクション確立の先頭で、デバイスは、DNS サーバの IP アドレスを知っており、ProSe Function の IP アドレスを解明するために DNS サーバに FQDN を送信します。IP アドレスを提供する DNS サーバの応答にて、UE は、特定のネットワークの ProSe Function に通信登録することが可能です。その関与に応じて、デバイスは、このネットワークの ProSe Function により、すぐにプロビジョン (セットアップ) されます。PC3 インタフェースを介したデバイスと ProSe Function 間の通信は、トランスポートプロトコルとして使用される HTTP に基づきます。ProSe メッセージは、HTML リクエストや応答メッセージのボディに埋め込まれています。

ノンパブリックセーフティのデバイスは、ProSe Function からのいわゆる **ProSe Direct Service Management Object (MO)** [28] をリクエストします¹。リクエストに応じて、返送 MO パラメータは、'Announcing Policy' または 'Monitoring Policy' のいずれかと組み合わせられます。Monitoring Policy は、デバイスがモニタリング実行を許可されているネットワーク (PLMN) のリストを含んでいます。'Announcing UE' は、そのサービスセル (サービス PLMN) 上の Discovery メッセージをアナウンスするだけです。ローミングの観点から、マルチ 'Announcing Policy' は、種々の PLMN へのデバイスにアサインされます。各 Policy (Announcing Policy および Monitoring Policy) がどのくらいの有効期間かを定義する有効タイム (T4005²) を、各 Policy は含んでいます。Announcing Policy は、短 / 中 / 長として定義される 'authorized announcing range' に関する情報を具体的に含みます。この情報は、デバイスが Discovery メッセージとしてアナウンスを送ることができる、実送信パワーに影響

¹ 端末が応答を受信するために待機しなければならない時間も、応答を受信しないときに何度リトライするかも、実装固有のもので、ネットワークから有効な応答を受信するまで、デバイスは、認可されていないと見なしません。

² タイマの単位は分です。最大値は 365 日 (1 年) に相当する 525600 です。このタイムが終了すると、デバイスは、認証が無効であると見なします。

を与えます。3つのレンジクラスのそれぞれの最大許容送信パワーは、System Information Block (SIB) Type 19 で、ネットワークに通知されます (セクション 2.2.7.2 参照)。MO は、デバイスがネットワークにてサービスされていない (カバレッジ圏外の) ときに、デバイスがアナウンスとモニタリングを実行することを認可されているかどうかの情報をさらに提供でき、E-UTRAN にてサービスされることなく、アナウンスとモニタリングに関する無線パラメータを提供します。

2.2.4.2 アナウンス (Announcing) と モニタリング (Monitoring) UE の Discovery リクエストと応答

ProSe Function を通じてネットワークによる認証とプロビジョニング後の次のステップは、ネットワークへの Discovery Request を送信することです。ProSe Function がこのリクエストを処理します。以降のプロシージャは、固有情報を Announcing か Monitoring かのデバイスの関与により異なります。アナウンスかモニタリングのどちらで送信される Discovery Request に加えて、セクション 2.2.4.5 で検討される Match Report もあります。

‘Announcing UE’ (= 図 2-7 中の UE #1) は、PC5 インタフェース (図 2-3 参照) 上で Discovery Message を介して、アナウンスに使用する ProSe Application Code を取得するために、Discovery Request プロシージャを使用します。Discovery Request メッセージは、(新たな) Transaction ID、‘Announce’ にセットされるコマンド、IMSI のフォームで UE Identity、上位レイヤからの ProSe Application Identity (ID) および Application ID、を含みます³。デバイスが固有情報をモニタしたいケースでは、Discovery Request メッセージは、‘Monitor’ にセットされるコマンドの相違以外、全く同じ情報を含みます (図 2-7 中の UE #2 参照)。Application ID は、Discovery Request メッセージの送信をトリガしているアプリケーション固有識別子です。アナウンスとモニタのどちらのケースも、Application Identity にて表されたアプリケーションが Direct Discovery に認可されているかを検証するために、ProSe Function は Home Subscriber Server (HSS) にコンタクトします。認可ならば、アナウンス用 (UE #1) またはモニタリング用 (UE #2) のどちらの ProSe Application Code を、デバイスが使用認可されているかを、ProSe Function は確認します。その後、ネットワークがデバイスに Discovery Response メッセージを送信します。‘Announcing UE’ には、ネットワークは、ProSe Application Code プラスこの固有コードの有効タイムをリターンします。このタイムが終了しているケースでは、デバイスがネットワークから新たなコードをリクエストする必要があります。‘Monitoring UE’ には、Discovery Response メッセージは、1つ (以上) の Discovery Filter と関連する Filter ID を含みます。

この情報を受信後に、UE #1 がアナウンスする状態に設定され、UE #2 が所望の情報をモニタする状態に設定されます (図 2-7)。

³ 種々の ProSe Application ID を例に、マルチトランザクションは、1つの Discovery Request メッセージに含めることができます。

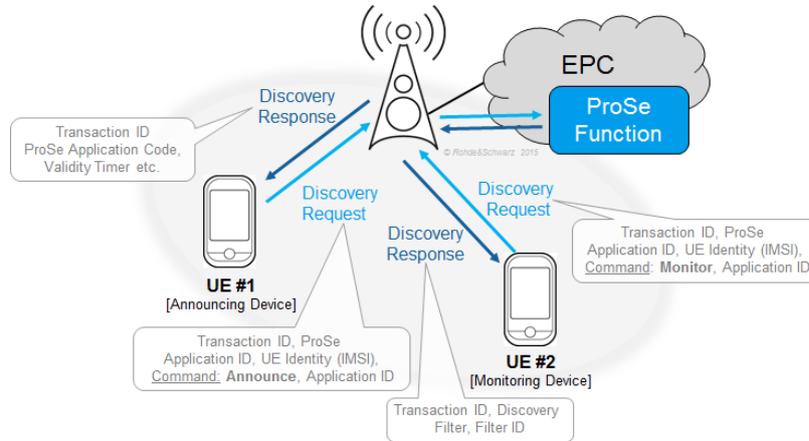


図 2-7: Announcing と Monitoring UE の Discovery Request と Response

2.2.4.3 Direct Discovery 中に何が送信 (アナウンス) / 受信 (モニタ) される？

一旦認可されプロビジョンされると、‘Announcing UE’ は、PC5 インタフェースを介して Discovery Message(s) を送信します。Discovery Message は、以下の構造を有します。

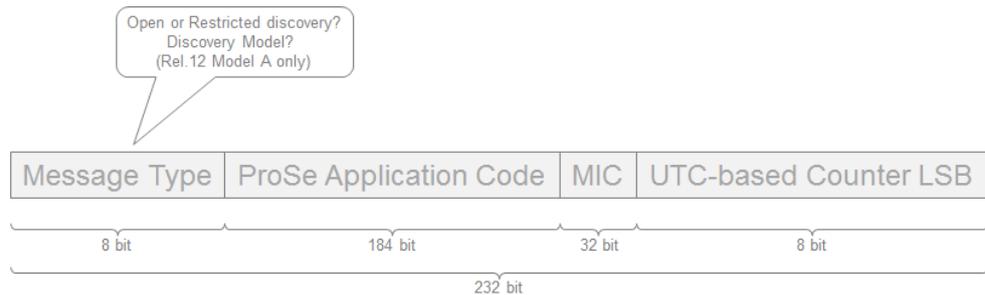


図 2-8: Discovery Message の構造

図 2-8 に示すように、Discovery Message は、いくつかのサポート情報と組み合わせられる ProSe Application Code から成っています。‘Announcing UE’ は、ネットワークから ProSe Application Code を Discovery Response メッセージを介して受信しています。端末は、Message Integrity Check (MIC) を計算してコード追加します [30]。Coordinated Universal Time (UTC) に基づいたこの 32 ビットのチェックサムは、例えばネットワークにて提供される SIB Type 16 を取得することによって導かれます。

‘Monitoring UE’ は、Discovery Response メッセージを介してアサインされた Discovery Filter を満たし、フィジカルレイヤ上の定義されたリソースで送信される Discovery Messages にフィルタリングします。

ProSe Application Code

ProSe Application Code (図 2-9) は、2 パーツから成り、1 番目には PLMN ID、2 番目には ProSe Application ID Name の Temporary Identity です [26]。

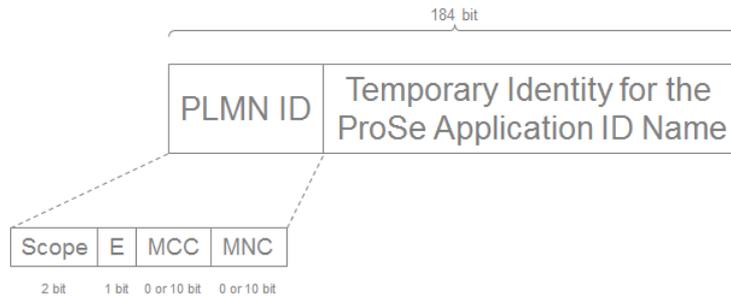


図 2-9: ProSe Application Code

PLMN ID は、Mobile Country Code (MCC) と Mobile Network Code (MNC) を通じて定義されない特殊なケースです。いくつかの固有情報が追加されます。先頭 2 ビットは、グローバルスコープ (世界的視野) を持っているか、国固有か、または PLMN 固有か、の PLMN ID のスコープ (範囲) を定義しています。次のビットは、特定のコードをアサインしている ProSe Function の MCC, MNC が、全体のコードに含まれているかどうかを確定します。ラストの各 MCC と MNC は、10 進数のバイナリ表記で表されます。ProSe Application ID Name の Temporary Identity の内部構造は、3GPP 仕様の範囲外であり、サービスプロバイダにて指定されますので、ネットワーク事業者固有です。

ProSe Application Identity

ProSe Application Code は、ProSe Application Identity (ID) へのマッピングに基づいてネットワークにて提供されます。ProSe Application Code は、どのように ProSe Application Identity (ID) にリンクされているか？ Discovery Request メッセージで送信される ProSe Application ID をアナウンスすることを、デバイスが認可されているケースでは、ネットワークは、有効タイムを含む Discovery Response メッセージを介して対応する ProSe Application Code を割り当てるべきです。ProSe Application ID も、PLMN ID と ProSe Application ID Name の 2 パーツから成ります。PLMN ID が ProSe Application Code に使用される方法とは対照的に、ここでの PLMN ID は、純粋に MCC と MNC から成ります。PLMN ID の後に ProSe Application ID Name が続き、いわゆる Label n までから成ります。先頭ラベルは、常に 'ProSe App' と名づけられます。ラベルはドットで区切られます。コンテンツの階層構造は、3GPP 仕様外で、ネットワーク事業者にて定義されます。ProSe Application ID に関連する例としては、[26] に記載されています。



Example: `mcc345.mnc012.ProSeApp.Sports.AmericanFootball.Teams.DallasCowboys`

図 2-10: ProSe Application ID

2.2.4.4 Discovery Message(s) の Announcing と Monitoring

Discovery Message は、アナウンスデバイスが Discovery Resources で送信する情報です。モニタリング端末が、関与情報にフィルタリングするためにこれらのリソースを選抜します。Discovery Resources は、ネットワークにて構成されるか、デバイスで予め構成されるかのどちらかです。

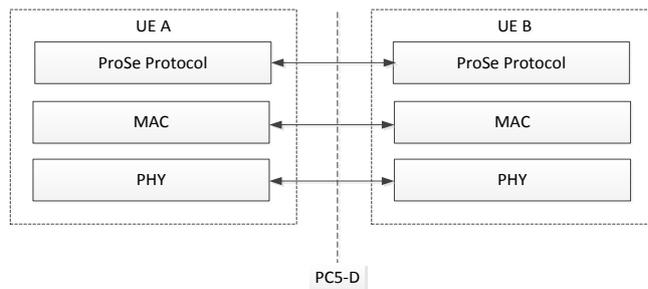


図 2-11: Direct Discovery の PC-5 インタフェース [24]

図 2-11 で示すように、Discovery メッセージは、RLC / PDCP / RRC に対してトランスペアレント (透過的) です。Direct Discovery でも Direct Communication でも使用する 2 つのデバイス間の専用シグナリングプロシージャに關与する RRC レイヤがないことを意味します。MAC レイヤは、上位レイヤからの Discovery メッセージを直接受信して、Physical Sidelink Discovery Channel (PSDCH, 図 2-4 参照) に Discovery メッセージをマップするために、Sidelink Discovery Channel (SL-DCH) を使用します。‘Announcing UE’ が Discovery メッセージを送信するために使用無線リソースを確定する、異なる方法があります。1 番目では、ネットワークとの接続状態が重要です。Discovery が RRC 状態でサポートされるので、デバイスが RRC_IDLE か RRC_CONNECTED かに依存します。RRC_IDLE には、2 つのオプションがあります。Direct Discovery をサポートするネットワークの部分である基地局 (eNB) は、System Information Block Type 19 (セクション 2.2.7.2 参照) をブロードキャストします。アイドルモードのデバイスならば、Discovery メッセージをアナウンスするために、SIB Type 19 で提供されるリソースプールを使用できます。ただし、SIB Type 19 では、基地局すなわちネットワークは、Direct Discovery のサポートを示すことだけを意図します。デバイスが、Discovery メッセージを送信するためにリソースプールからの無線リソースを自律的に選択する代わりに、ネットワークは、デバイスに専用リソース割り当てを介してメッセージを受信するよう求めます。そのケースでは、端末は、無線リソースの割り当てをリクエストするために、アイドルモードから接続状態に移行しなければなりません。[29] に記載のように、UE が NAS サービスリクエストプロシージャを実行することが前提条件です。既に RRC_CONNECTED 状態のデバイスは、認証が eNB により確認された後、自律リソース選択の専用 RRC シグナリングを介して eNB によって構成されます。あるいは、eNB は、端末に専用リソース割り当てを提供します。eNB がこの割り当てを再構成するか、デバイスが RRC_IDLE 状態に移行するまで、リソース割り当ては有効です。サービスリクエストは、UE にて送信される *Prose UE Information Indication* を常に伴います。このメッセージでは、[12] で規定されるように、デバイスは、専用リソースのアサインをリクエストします。最終的には、ネットワークは、Discovery メッセージを送信するためのリソース割り当てを含む *RRCConnectionReconfiguration* メッセージをデバイスに送信することによってリクエストに

応えます。デバイスが Discovery メッセージを送信するための無線リソースを取得するために RRC_CONNECTED 状態に移行しなければならないトリガである SIB Type 19 と共に付いてくる有効送信リソースプールが存在しないケースで、Direct Discovery のメッセージフローを、図 2-12 に示します。

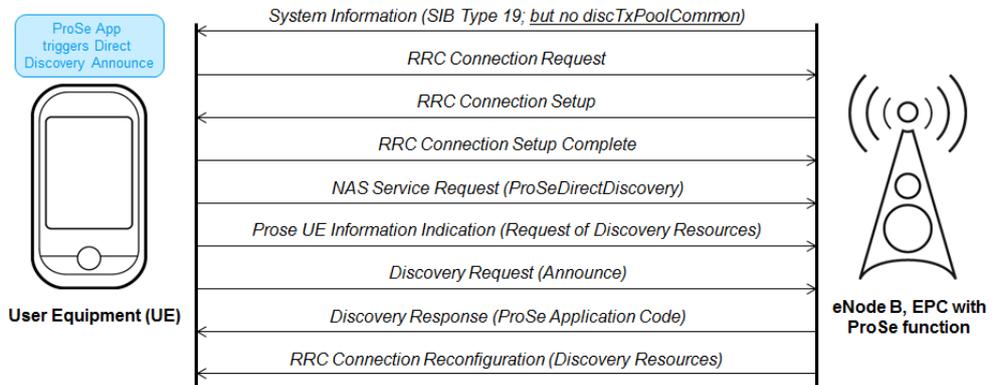


図 2-12: Direct Discovery (アナウンス) メッセージフロー

無線リソース割り当ては、Discovery の異なる 2 タイプで区別します。Type 1 では、UE 固有ベースでなくリソースが割り当てられます。Type 2 では、UE 固有ベースでリソースが割り当てられます。後者では、A と B の 2 つのサブモードを標準化段階で特定しました。ただし、Type 2B だけが妥当になりました。Type 2B は、Discovery メッセージ送信のための無線リソースの半永続割り当てを定義します。2 つの Discovery タイプ 1 と 2B は、Physical Sidelink Discovery Channel (PSDCH) のリソースがどのように識別され使用されるかの影響を与えます [8]。

2.2.4.5 Match Report

対応する ProSe Application ID をもたないが、アサインされた Discovery Filter にマッチする ProSe Application Code を 'Monitoring Device' が受信するケースでは、デバイスは、(新たな) Transaction ID、ProSe Application Code、UE Identity、PLMN ID、UTC-based Counter 情報、対応 MIC、を含むマッチレポートを ProSe Function に転送するよう要求されます。この Match Report で、デバイスは、関連 ProSe Application ID についてのメタデータを受信したいならば表明すべきです。ProSe Function は、バリデーションとベリフィケーションのための提供情報を使用して、オペレーション成功のケースで、デバイスに確認応答を送信します。

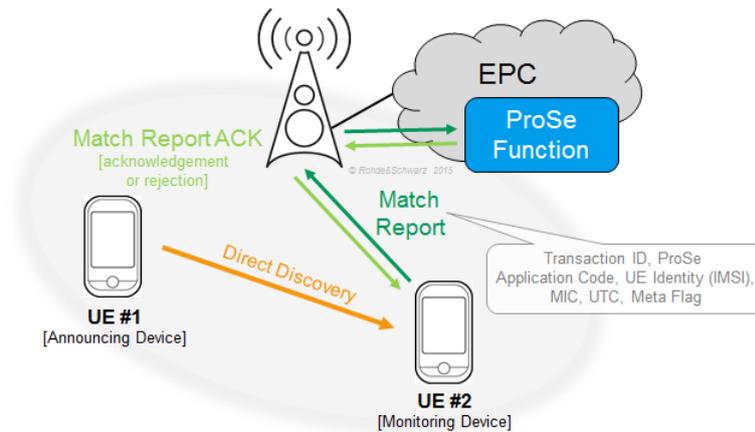


図 2-13: Direct Discovery と Match Report

2.2.5 ProSe Direct Communication

近接した 2 つのデバイス間の Direct Communication は、カバレッジ内シナリオだけでなく、カバレッジ圏外および部分的カバレッジシナリオにも定義されます。ただし、パブリックセーフティに認証されたデバイスだけが Communication タイプを実施できます。パブリックセーフティデバイスが、Direct Communication を許可しサポートするキャリアにキャンプオンすることを想定しています。RRC_CONNECTED 状態の場合、いわゆる ProSe キャリアへのハンドオーバがネットワークによって開始される必要があり、あるいは、この状態ではない場合、セル再選択がデバイスによって実施される必要があります。カバレッジ圏外のケースでは、UE は、デバイスまたは USIM に保存された既定値を使用します。部分的カバレッジのケースでは、カバレッジ圏外になる前にしばらくカバレッジ内にいた UE にとって、ネットワークから受信した最新値か、規定値かのどちらかを適用します。

プロビジョニングも、Communication のための前提条件です。Direct (グループ) Communication に参加したいすべてのデバイスは、プロビジョンされる必要があります。カバレッジ内のケースでは、ネットワークによってプロビジョンされ、または、カバレッジ圏外のケースなどでは、デバイス (Mobile Equipment, ME) か UICC カードのどちらかに保存されている関連情報で、デバイスが事前にプロビジョンされます。デバイスをプロビジョニングする際には、次のパラメータが含まれています。

- “E-UTRAN サービス” 内 (= カバレッジ内) のときに、UE が Direct Communication を実施することを許可する PLMN(s)
- “E-UTRAN サービス圏外” (= カバレッジ圏外) のときに、UE が Direct Communication を実施する認証情報
- ProSe Layer-2 Group ID,
- ProSe Group IP マルチキャストアドレス
- グループのために、デバイスが IPv4 あるいは IPv6 を使用すべきかの表示
- グループ通信用セキュリティパラメータ
- UE が “E-UTRAN サービス圏外” のときの無線パラメータ

Direct Communication 用無線リソースは、デバイスによって自動的に選択されるか、ネットワークによってスケジューリングされます。デバイスが System Information Block (SIB) Type 18 を取得していて、ネットワークとパッシブ接続 (RRC_IDLE) しているケースでは、デバイスは、SIB Type 18 でブロードキャストされるリソースプールから無線リソースを選択します (セクション 2.2.7.1 参照)。Direct Discovery と同様に、有効な (送信) リソースが SIB Type 18 によって提供されないケースでは、UE は、RRC_CONNECTED 状態に移行しなければなりません。その場合には、Direct Communication 機能を使用したいことを表明しながら、ネットワークに *Prose UE Information Indication* も端末によって送信されます (図 2-12 参照)。これに応答して、ネットワークは、デバイスに Sidelink Radio Temporary Network Identifier (SL-RNTI) をアサインします。ネットワークは、新たに定義された Downlink Control Information (DCI) Format 5 でデバイスに送信許可を与えるために、この SL-RNTI と Downlink Control Channel ((E)-PDCCH) を使用します。表 2-9 に DCI Format 5 の内容を示します。

表 2-9: DCI Format 5 の内容

DCI Format 5	
Resource for PSCCH	6 bit
TPC command for PSCCH and PSSCH	1 bit
Frequency hopping flag	1 bit
Resource Block Assignment and hopping allocation	5-13 bit
Time Resource Pattern	7 bit

デバイスは、Physical Sidelink Control Channel (PSCCH) 上の Sidelink Control Information (SCI) Format 0 をいつ送信するかを決めるために、提供された情報を使用します。表 2-10 に SCI Format 0 の内容を示します。DCI Format 0 と SCI Format 0 の内容のいくつかがオーバーラップしていることがわかります。

表 2-10: SCI Format 0

SCI Format 0	
Modulation and Coding Scheme (MCS)	5 bit
Time Resource Pattern (T-RPT)	7 bit
Timing Advance Indication	11 bit
Group Destination ID	8 bit
Resource Block Assignment and Hopping Flag	5-13 bit
Frequency hopping flag	1 bit

送信デバイスが Physical Sidelink Shared Channel (PSSCH) 上のデータをいつ送信するかを決定するために、Scheduling Assignment (SA) と称される標準化の初期段階には、SCI Format 0 によって提供されるパラメータは、受信デバイスによって使用されます (図 2-14)。

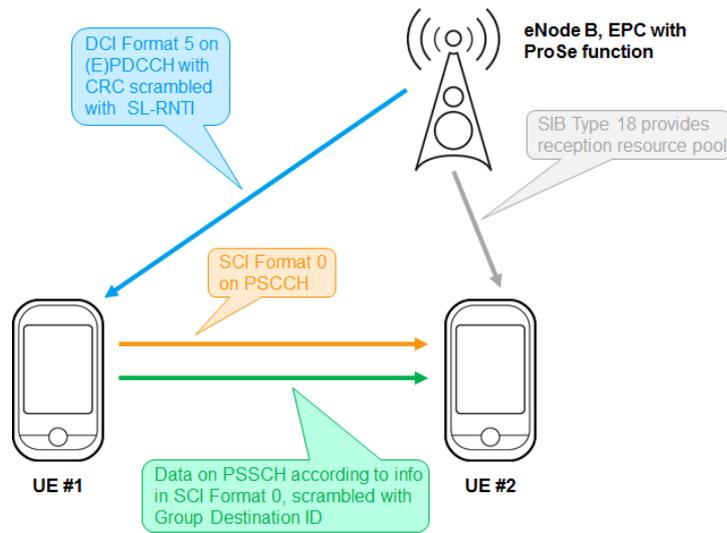


図 2-14: Direct Communication の Scheduling Transmission Resources, Mode 1

SCI Format 0 を搬送している PSCCH は、1 リソースブロックペアだけを占有し、構成リソースプールから 2 サブフレームで送信されます。サブフレームとリソースブロックをどのように決定するかは正確なプロシージャが [8] に定義されています。Time Resource Pattern (TRP, 7 bit) が重要な役割を果たします。それは、どのサブフレームが PSSCH 送信に使用されるかを決定します。可変長のサブフレームインジケータビットマップが定義され、このビットマップ長は、FDD や TDD のデュプレクスモードに依存し、TDD ではどの UL-DL コンフィグが使用されかにもよります。FDD では、ビットマップが 8 ビット長です。最大 128 の異なる TRP は、この 8 ビットがどう使用されるかを定義します。PSSCH のためのリソースブロック (RB) 割り当ては、LTE Rel-8 で定義された同じ原則に従いますが、SCI Format 0 によって提供される 'RB アサインとホッピング割り当て' と解釈します。情報が 4 度送信されます。

Mode 2 では、SIB Type 18 で提供される送信プールから、デバイスが自律的にリソースを選択します。

デバイスがカバレッジ圏外の場合、事前設定されたリソースプールから、デバイスが自律的にリソースを選択します。

2.2.6 同期化

トランスミッタとレシーバのタイミングをアライメントする同期は、ネットワーク全体で干渉のない通信にとって常に重要です。典型的にネットワークは、時間と周波数で同期するために特定の信号セットでアシストします。LTE では、3GPP Release 8 (Rel-8) で規定されたように、2 つの同期信号、Primary と Secondary Synchronization Signal (PSS/SSS)、が定義されました。双方の信号は、周波数ドメインの特定サブキャリアと、タイムドメインの OFDM シンボルを占有します。5 ms の繰返し周期で、LTE 無線フレーム 10 ms ごとに 2 度送信されます ([1] 参照)。LTE のセルサーチおよび選択のための同期信号と関連原理に関する詳細情報が [24] に記載されています。

ただし、LTE D2D ProSe では、2 つのデバイス間の同期がどのように達成されるかは、シナリオとカバレッジ状況に依存します。一般的に段階原則になります。まず、デバイスは、'カバ

レージ内'かどうかを決定する必要があります。デバイスは、DL 信号に対する Reference Signal Received Power (RSRP) 測定を用いた信号品質測定に基づき、'カバレッジ内'であると見なされます。RSRP 測定値が所定スレシールドを超えるケースでは、デバイスは、自身がカバレッジ内であると見なし、同期用 LTE Rel-8 DL 信号 (PSS, SSS) を使用します。このスレシールドは、ブロードキャストシステム情報の一部として定義されます。ともに System Information Blocks (SIB; 次セクション 参照) が関連情報を搬送します。最初に、デバイスが同期ソースになるべきかどうかを指示する ('true' にセット) 情報要素が含まれています。その要素が 'false' にセットされていると、SIB で届く RSRP スレシールドに従ってデバイスが動作します。受信信号品質測定値がこのスレシールド以下である場合、デバイスは、Sidelink Synchronization Signals (SLSS) と Physical Sidelink Broadcast Channel (PSBCH) を送信開始します。これら信号は 40 ms 周期です。デバイスが eNB を検出できないと、カバレッジ圏外を意味し、デバイスは、他のデバイスからの SLSS を探し始め、それらの同期信号に対する信号品質測定 (S-RSRP) を実行します [9]。測定値がデバイスに保存されている事前設定スレシールド以下であれば、端末は、[6] と [12] に従って SLSS と PSBCH を送信開始します。

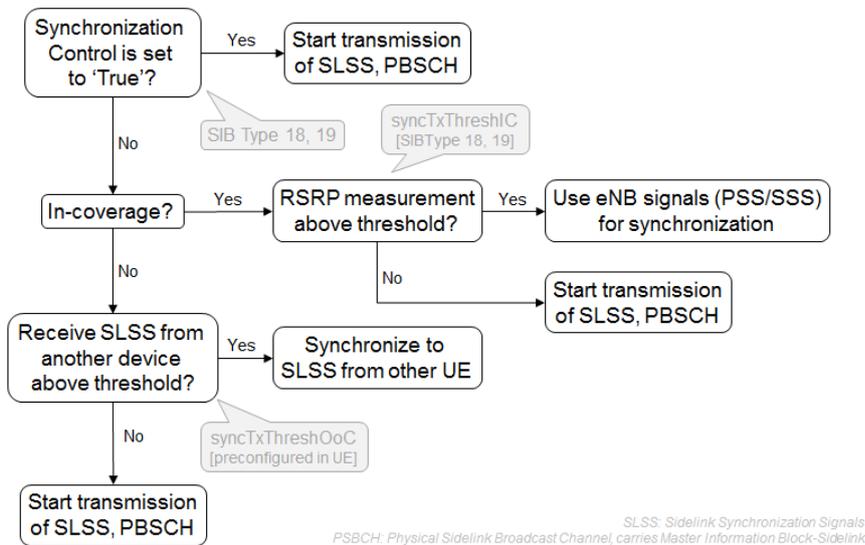


図 2-15: 同期化 (UE 視点)

Sidelink Synchronization Signals は、2 つの個別信号、Primary Sidelink Synchronization Signal (PSSS) と Secondary Sidelink Synchronization Signal (SSSS) によって構成されます。PSSS と SSSS は、同一サブフレーム内の隣接タイムスロットで共に送信されます。双方の信号の組み合わせは、DL “Physical Cell ID” と似ている “Sidelink ID” (SID) を定義しています。SID は 2 セットに分かれています。SID 範囲 {0, 1, ...,167} は 'カバレッジ内' で、{168, 169, ...,335} は、デバイスが 'カバレッジ圏外' のときに使用されます。SLSS と PSBCH を送信する無線リソースとして使用されるサブフレームが上位レイヤによって構成されますが、PSDCH や PSCCH や PSSCH がこれらのサブフレームで送信許可されるわけではありません。リソースマッピングは、Normal と Extended Cyclic Prefix で若干異なりますが、図 2-16 に Normal Cyclic Prefix のマッピングを示します。周波数ドメインでは、6 インナ (中心) リソースブロックが SLSS と PSBCH 送信のために予約されます。

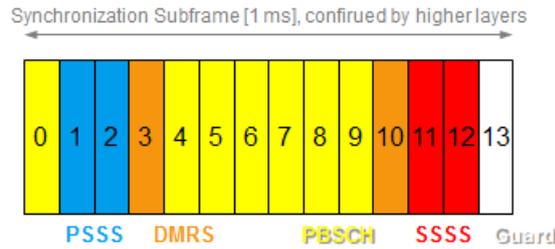


図 2-16: Sidelink Synchronization Signals (SLSS) と PSBCH のマッピング [normal Cyclic Prefix]

2.2.7 LTE D2D ProSe の新たな System Information Block Types

Release 12 では、2 つの新たな System Information Block (SIB) Type が導入されています。SIB Type 18 が ProSe Direct Communication の関連情報を含み、SIB Type 19 が ProSe Direct Discovery の情報を提供します。

2.2.7.1 System Information Block (SIB) Type 18

SIB Type 18 は、同期信号と SBCCH 送信のためのリソース情報を提供します。SIB Type 18 による提供可能内容を 図 2-17 に示します。

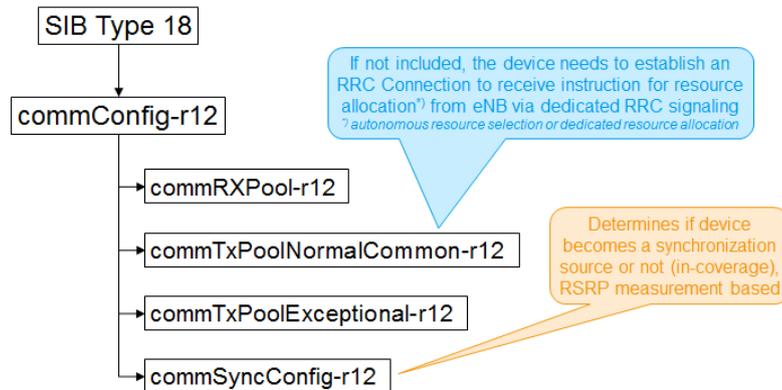


図 2-17: System Information Block (SIB) Type 18

SIB Type 18 は、Sidelink コントロールとデータ (PSCCH, PSSCH) の送信情報を提供します。まず、いわゆる Sidelink Control (SC) 期間は、最長 320 ms 持続できると定義されています。UE は、Sidelink Control 期間に結び付けたサブフレームで Direct Communication を実行します。

SIB Type 19 で提供される情報も同じく、時間と周波数でリソースが提供され、Communication 送信に使用されます。詳細については、次セクションを参照してください。

2.2.7.2 System Information Block (SIB) Type 19

SIB Type 19 は、デバイスが Discovery メッセージをアナウンス (送信) またはモニタ (受信) することを許可されている無線リソースプールに関する情報を提供します。リソースプール

は、1024 無線フレームまでか 10.24 s 長までの Discovery 周期にて定義されます。どのサブフレームが Discovery に使用できるか、このビットマップが Discovery 周期内でどのくらい繰り返されるか、を示すビットマップも定義します。繰り返し回数は、FDD や TDD のデュプレクスモードに依存し、TDD ではどの UL-DL コンフィグが使用されかにもよります。3GPP仕様は、異なる 7 つのビットマップ⁴を想定し、ビットセット '0' が Discovery に使用されず、'1' が Discovery に使用できることを示します。

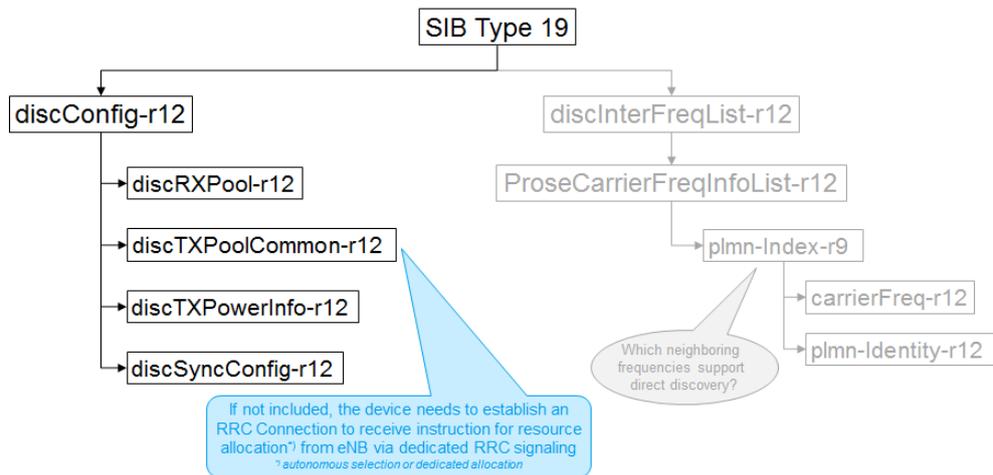


図 2-18: System Information Block (SIB) Type 19 – 内容

さらに、周波数ドメインのリソース構成が提供されます。明確なリソースブロック数が、開始と終了番号を含んでブロードキャストされます。つまり、ネットワークが UL 帯域幅をクラスタ(束)で編成できます。これらクラスタが Direct Discovery に使用されます。図 2-19 に例を示します。

⁴ 4, 8, 12, 16, 30, 40 or 42 bit long

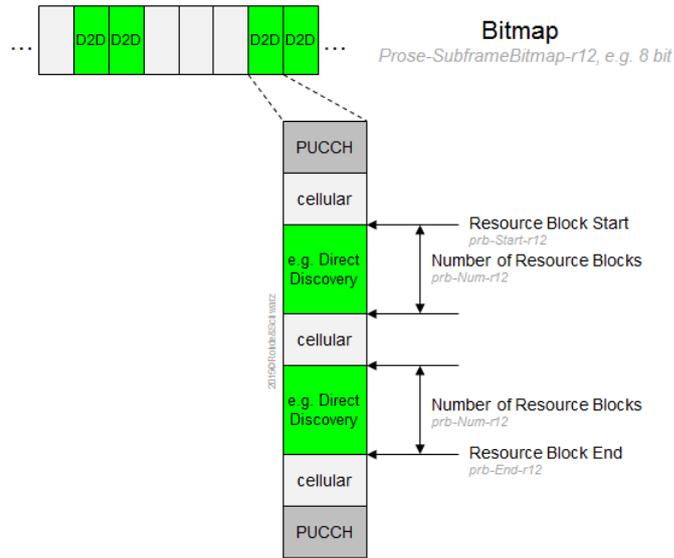


図 2-19: LTE D2D ProSe の Resource Block Allocation (例: Direct Discovery)

Discovery メッセージサイズは、Transport Block Size (TBS) に等しい 232 ビットです。変調スキームが QPSK であり、メッセージがタイムスロットごとに 2 連続 RB にマッピングされます [6], [8]。メッセージは、0, 1, 2, 3 の間で設定可能な繰り返し回数で数回繰り返されます。

デバイスがアイドルモードであり、SIB Type 19 が *discTxPoolCommon* 情報要素を含まないと仮定すると [図 2-18]、デバイスは、ネットワークへの接続を確立するよう求められます。RRCConnectionReconfiguration メッセージのヘルプにて、ネットワークは、Discovery メッセージを送信するアナウンス端末にすべての関連パラメータを提供します。

2.3 WLAN/3GPP 無線インタワーキング

今のモバイルフォンのほとんどが WLAN 技術を組み込んでいます。それで、ISM バンドから追加スペクトラムを使用するために、WLAN をデータ転送に組み入れることが次のステップとして自然です。

LTE への WLAN 組込みは、Release 8 から定義されました。Evolved Packet Core (EPC) へのアクセスで、Trusted (信頼) アクセスとして PDN-GW へダイレクトに、あるいは Non-Trusted (非信頼) アクセスとして ePDG を経由する、どちらのアクセスでも Non-3GPP (WLAN) ネットワークを経由するアクセスを定義しました。詳細は [21] を参照してください。

UE が LTE に接続されて WLAN アクセスポイント (AP) を発見すると、2 つ決断があります。

1. 検出されたどの AP を使用すべきか。この決断に必要な要件は、どの AP が事業者の EPC に接続されているか、ゆえにオフロードの能力があるか、という知識です。さらに、UE が種々の WLAN ネットワークに属しているいくつかの AP を検出したときは、事業者好みが必要になります。
2. どのトラフィックがオフロードされるべきか。当然、WLAN の QoS 能力を考慮しなければなりません。

2.3.1 コアネットワークのソリューション

Release 11 までは、ユーザ好みと Access Network Discovery and Selection Function (ANDSF) ルールを用いて、決断が完全にコアネットワークレベルに基づいていました。ANDSF サーバは、EPC 内に実在し、IP レベルより上位で実現される (logical) S14 インタフェースを介して UE と通信します。

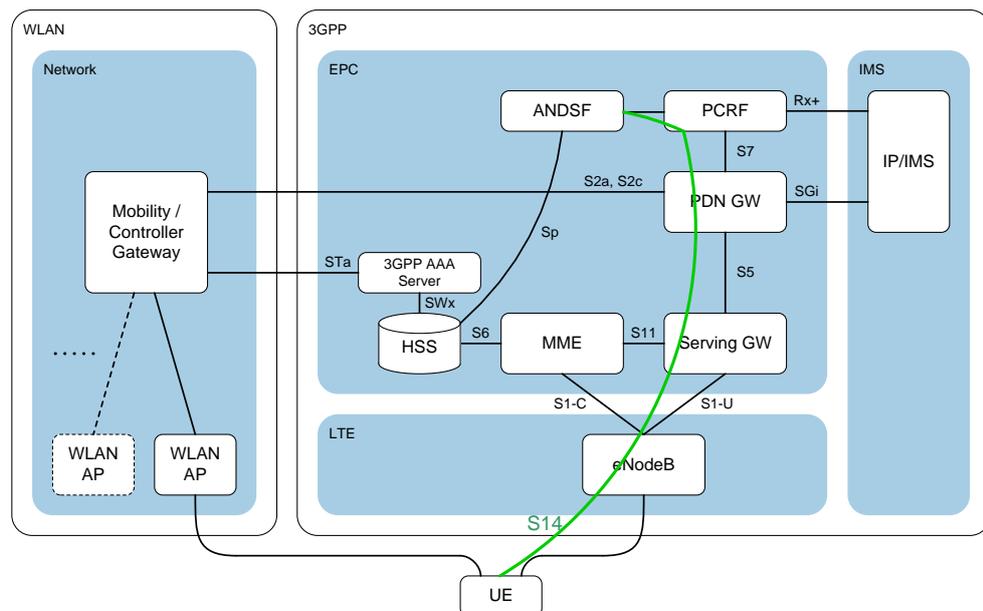


図 2-20: WLAN オフロードでの EPC, Trusted アクセスとしての実現例
ANDSF がユーザプレーンで PCRF と PDN-GW を経由して UE に接続

ANDSF 情報は、OMA デバイスマネージメントを使用して UE に通信されます。

このように、UE には、特定のネットワーク事業者によって必要なパラメータが設定されています。オフロード要求が高まり、ANDSF は、以降のリリースで拡張されました。Release 12 で、新たな作業アイテム “WLAN Network Selection for 3GPP Terminals” が SA2 と CT1 によってスタートしました。そのアウトプットは、定義された選択基準を満たす推奨 WLAN AP のリスト化です。

2.3.2 RAN のソリューション

そのアーキテクチャのために、ANDSF を使用するオフロードステアリングは、スロータイムスケールで稼動しています。加えて、すべての UE がサポートしてなく、どのネットワーク事業者も実装したくありません。このため、3GPP は、RAN アシスト情報により ANDSF ルールを補完することに決め、ネットワークが ANDSF を本格展開していないか、UE がそれをサポートしていないかのケースのために、自身のルール (RAN ルール) を定義することに決めました。

UE の予測できる動作を得るために、次の階層決断シーケンスが適用されます。

1. ユーザ好み: 例えばユーザがいつでも UE の WLAN 機能をオフにすることが可能です。
2. ANDSF ルール: ネットワークと UE の双方がサポートするとき。これらのルールは、作業アイテムの RAN アシストで拡張されています。
3. RAN ルール: 上記 1 でも 2 でもないときに、どれが使用されるか。

このシーケンスは、アクセスネットワーク選択とトラフィックステアリングの双方に使用されます。それは、eNB から得られる RAN アシストパラメータと、UE の下位レイヤからの測定結果に基づいています。

RAN アシストパラメータとそれに続く測定結果のサブセットが、ANDSF ポリシと共に使用する可能性のために上位レイヤに送信されます。また、RAN アシストパラメータは、ネットワーク選択とトラフィックステアリングのルール (セクション 2.3.2.2 記載) を定義した RAN のレイヤ 2 プロトコルスタックに格納されます。

これらの RAN ルールが満たされると、LTE から WLAN へのトラフィックステアリングのケースで WLAN ID 情報を含んで、UE は上位レイヤに表明します。このように、LTE プロトコルスタックは、可能な ANDSF 使用に関する情報を必要としません。その結果として、従来の方法ですで行われているように、上位レイヤが最終的にネットワーク選択とトラフィックステアリングを決定します。いくらかの WLAN が RAN ルールを満たす場合、どれが選択されるかは、UE の実装次第です。

2.3.2.1 RAN アシスト パラメータ

RAN アシストパラメータは、2 つのパーツから成ります。

- オフロードコンフィグ
- WLAN ID リスト

オフロードコンフィグは、トラフィックステアリングとネットワーク選択のためのパラメータを含みます。切替がトリガされる前に、どのくらいでルールが満たされるかを示す $T_{\text{steeringWLAN}}$ タイマと、ANDSF だけで使用される Offload Preference Indicator (OPI) を含んでいます。次のスレシールドが含まれます。

- Reference Signal Received Power RSRP ($\text{Thresh}_{\text{ServingOffloadWLAN, P}}$)
- Reference Signal Received Quality RSRQ ($\text{Thresh}_{\text{ServingOffloadWLAN, Q}}$)
- WLAN channel utilization ($\text{Thresh}_{\text{ChUtilWLAN}}$).
- Available backhaul bandwidth for DL ($\text{Thresh}_{\text{BackhRateDLWLAN}}$).
- Available backhaul bandwidth for UL ($\text{Thresh}_{\text{BackhRateULWLAN}}$).
- Signal strength (RSSI) threshold for WLAN ($\text{Thresh}_{\text{BeaconRSSIWLAN}}$).

適切なヒステリシスを生成するために、各スレシールドは、Low と High の 2 値で提供されま

ず。
WLAN ID のリストは、Service Set Identifier (SSID) か、Basic Service Set Identifier (BSSID) か、Homogeneous Extended Service Set Identifier (HESSID) かのどれかである WLAN ID リストです。

RAN アシストパラメータは、ブロードキャスト経由と専用シグナリング経由で提供されます。ブロードキャストでは、新たな SIB (SIB17) が定義されています。この SIB には、オフロードコンフィグと 6 PLMN までの WLAN ID リストが含まれています。専用シグナリングには、*RRCConnectionReconfiguration* メッセージが使用され、実際の PLMN のオフロードコンフィグだけが含まれています。WLAN ID リストは、常に SIB17 から得られます。

専用シグナリングで得られたパラメータは、SIB 情報を上書きします。RRC_CONNECTED 状態と、RRC_IDLE 状態への遷移後しばらくの間で、使用されます。この期間は、5 ~ 180 分範囲のタイマ T_{350} によってコントロールされます。 T_{350} 終了したときか、UE が新たなセルを選択したとき、専用コンフィグが削除され、SIB17 によって提供されたコンフィグが使用されます。これらの各パラメータ変更においては、現在のパラメータが上位レイヤに提供されま

ず。
UE が RRC_IDLE 状態にあるとき、UE が適切なセルにキャンプオンすると、これらのパラメータは有効になります。

2.3.2.2 RAN アクセス ネットワーク選択とトラフィック ステアリング ルール

RAN ルールは、次の基準に基づきます。

- RSRPmeas: Qrxlevmeas in RRC_IDLE and RSRP in RRC_CONNECTED [12]
- RSRQmeas: Qqualmeas in RRC_IDLE and RSRQ in RRC_CONNECTED [12]
- ChannelUtilizationWLAN: WLAN channel utilization [22]
- BackhaulRateDIWLAN: WLAN DL bandwidth [23]
- BackhaulRateUIWLAN: WLAN UL bandwidth [23]
- BeaconRSSI: WLAN Beacon RSSI [9]

これら基準は、セクション 2.3.2.1 で与えられたスレシヨルドと比較されます。 $T_{\text{steeringWLAN}}$ が満了していると、上位レイヤに表明します。キャリアアグリゲーションのケースでは、E-UTRAN コンディションが PCell だけで評価されます。

LTE から WLAN へのトラフィックステアリングでは、AP は、RAN アシストパラメータの WLAN ID リストに、どれが含まれているか、すべての基準にどれを使用できるか、を考慮されます。コンディションは以下のとおりです。

- LTE サービスセルにおいて、2 つのいずれかのコンディション:
 - $RSRP_{\text{meas}} < \text{Thresh}_{\text{ServingOffloadWLAN, LowP}}$
 - $RSRQ_{\text{meas}} < \text{Thresh}_{\text{ServingOffloadWLAN, LowQ}}$
- ターゲット WLAN において、次のすべてのコンディション:
 - $\text{ChannelUtilization}_{\text{WLAN}} < \text{Thresh}_{\text{ChUtilWLAN, Low}}$
 - $\text{BackhaulRate}_{\text{DIWLAN}} > \text{Thresh}_{\text{BackhRateDLWLAN, High}}$
 - $\text{BackhaulRate}_{\text{UIWLAN}} > \text{Thresh}_{\text{BackhRateULWLAN, High}}$
 - $\text{BeaconRSSI} > \text{Thresh}_{\text{BeaconRSSIWLAN, High}}$

WLAN から LTE へのトラフィックステアリングでは、次の 2 つのコンディションを満たす必要があります。

- ソース WLAN において、次のいずれかのコンディションを満たす必要があります:
 - $\text{ChannelUtilization}_{\text{WLAN}} > \text{Thresh}_{\text{ChUtilWLAN, High}}$
 - $\text{BackhaulRate}_{\text{DIWLAN}} < \text{Thresh}_{\text{BackhRateDLWLAN, Low}}$
 - $\text{BackhaulRate}_{\text{UIWLAN}} < \text{Thresh}_{\text{BackhRateULWLAN, Low}}$
 - $\text{BeaconRSSI} < \text{Thresh}_{\text{BeaconRSSIWLAN, Low}}$
- ターゲット LTE セルにおいて、以下両方のコンディションを満たす必要があります:
 - $RSRP_{\text{meas}} > \text{Thresh}_{\text{ServingOffloadWLAN, HighP}}$
 - $Q_{\text{qualmeas}} > \text{Thresh}_{\text{ServingOffloadWLAN, HighQ}}$

2.4 HetNet モビリティの向上

セルラネットワークのキャパシティを向上させる一つの方法は、ヘテロジニアスネットワーク (HetNets) の導入です。ピコセルがマクロセルのカバレッジ内に追加配置されます (図 2-21)。

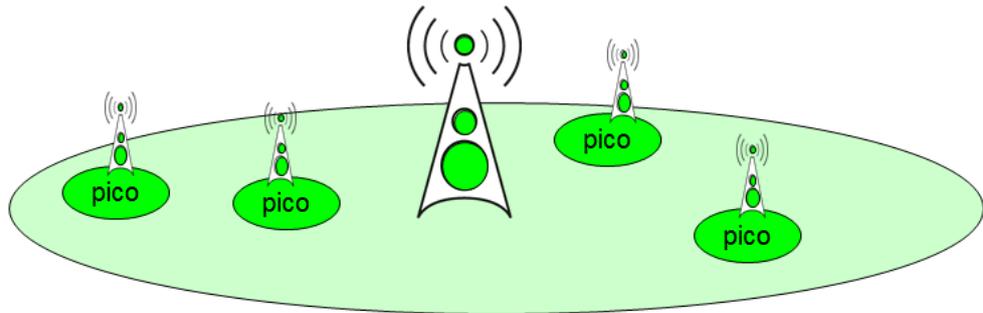


図 2-21: ヘテロジニアスネットワーク – PC がマクロセルのカバレッジ内に配置

ピコセルは、通例、マクロセルより高周波数で低パワー送信し、スモールレンジを担います。その結果、セルキャパシティをフルに少数の UE で利用できます。さらに、いくつかのピコセルをカバレッジのオーバーラップなしで 1 つのマクロセルのレンジ内に配置できるので、干渉が重要ではなくなります。

しかし、このセル高密度化でも追加の問題を引き起こします。この技術要素で解決されるのがハンドオーバ (HO) パフォーマンスです。HetNets では、ほとんどの HO 失敗がピコセルからマクロセルへの HO で発生します。ピコでの UE は、そのセルのカバレッジレンジをかなり急速に離れ、eNB からの HO コマンドをもう受信できない、という事実によるものです。

HetNets の HO 動作を改善するために、3 つの機能が規定されました。これら機能の初めの 2 つは、HO 失敗を低減するのに役立ち、そのうちの 1 つは ネットワークベースの UE アシストであり、その他は UE ベースです。しかし、これらの改善にもかかわらず、Radio Link Failures (RLF) の後に HO 失敗がとにかく発生することがあり、3 番目のソリューションが RLF からのリカバリを改善します。

2.4.1 モビリティ情報に基づく HO 全体パフォーマンスを改善

UE のモビリティの情報が、特にスモールセルには、適切な HO 判断で eNB をヘルプできません。例えば、UE が高速移動しているとき、UE が HO 完了直後にピコセルを離れることになるので、ピコセルへのハンドオーバが優れているとは限りません。そのとき UE は、HO 失敗の可能性のある不要な HO を引き起こしながら、主に HO シグナリングをしていて、データ送受信していません。UE から eNB へのモビリティ情報は、RRC_IDLE から RRC_CONNECTED へ移行して提供されます。モビリティ状態を示すために UE にとって 2 つの方法があります。

- UE 自身が *normal*, *medium*, *high* の精度でモビリティ状態を推定します。
- UE がこれまで訪れたセルの履歴を保存し提供します。

モビリティ履歴レポートには、訪れたセルの RRC 状態に関係なく、直近に訪れた 16 セルが含まれます。このリスト内の各セルには、グローバルセル ID と滞在時間が保存されています。eNB が UE モビリティを推定するためにこの情報を使用することができ、つまり、UE モビリティ推定を補完しています。RRCConnectionSetupComplete メッセージで、UE は、自身のモビリティ状態推定を送信し、モビリティ履歴情報の有用性を示します。そのとき eNB は、UEInformationRequest / UEInformationResponse プロシーダを使用してそれを取得できます。このように eNB が実際にそれを必要とするときに、比較的大きな履歴レポートが送信されます。

2.4.2 モビリティ ロバスト性のための UE ベースのソリューション

このアプローチでは、ターゲットセル固有の Time to Trigger (TTT) を有することで、モビリティロバスト性改善が得られます。ネットワークは、ピコセルの測定に高位 TTT 値を用いてモビリティ イベントを修正できます。ピコセルのための高位値が測定レポートのトリガを遅らせます。その結果として、ピコセルへの HO のための測定レポートをトリガする高速移動 UE の確率が低くなり、高速移動 UE が不必要なピコセルに接続することを防止します。各 EUTRA 測定オブジェクトに、PCI レンジのリストを提供できます。さらに、代替の TTT をレポートコンフィグで提供できます。双方が提供されている場合、UE は、測定オブジェクトで与えられたセルのための代替の TTT を使用すべきです。

2.4.3 RLF からのリカバリ改善

この機能は、T310 タイマの可能な早期終了を提供します。そのときに RLF と対応プロシーダも早期にトリガされます。このように、UE が悪い信号品質のセルに残留する代わりに接続再確立で早期開始できるので、サービス中断時間を減少させることができます。一方で、一般的に T310 を短縮することは、RLF を追加してしまいます。なぜなら、初期化済みの場合のハンドオーバープロシーダがあまりにも早期に終了される場合があるためです。T310 が起動されても、短縮した T310 終了後にくるハンドオーバーコマンドを UE が受信し続けるかもしれないことが理由です。それで考え方は、HO プロシーダ中の UE だけに T310 を短縮し、ある程度 HO コマンドを受信し続けることです。

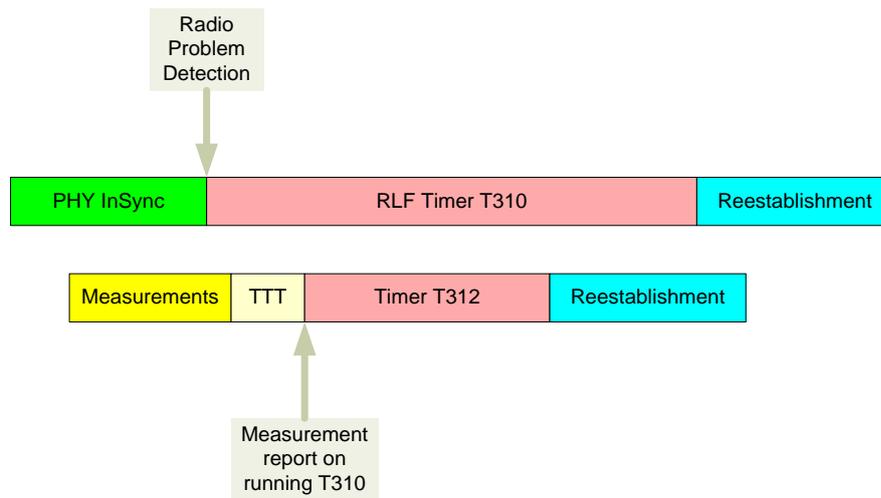


図 2-22: 早期 T310 終了。T310 実行中に測定レポートがトリガされると、新たなタイマ T312 がスタート。

これを行うには、新たなタイマ T312 を導入します (図 2-22)。ピコからマクロへの HO のような HO サブセットだけに制限できるように、各測定 ID 用に、このタイマの使用を別々に設定します。

物理レイヤに問題がある場合、タイマ T310 が起動されます。T310 実行中に測定レポートがトリガされると、設定済みの場合の T312 も起動されます。T312 タイマ終了で、T310 終了よりも早く、RLF とそれに対応する再確立がトリガされます。T312 がまだ実行中の場合、T310 終了後に過去からの方法で再確立もスタートするので、このタイマが遅延の追加を引き起こさないことに留意してください。

2.5 スマート 輻輳緩和 (SCM)

大きなスポーツイベントのようなシナリオでは、多くの UE が同時にネットワークにアクセスしたい。その結果として、利用できるリソースが有限であり、すべての UE とすべてのサービスに十分ではないかもしれないので、事業者は、Access Class Barring (ACB) のような輻輳制御を適用しなければなりません。

Rel-11 まででは、ACB から単一のサービスを除外する例外がありません。しかし、データ伝送と比べて、音声や SMS のような端末発信サービスは、最適なユーザ体験にしばしば重要とみなされます。それで考え方は、次の UE 発信サービスのために UE が ACB をスキップできるようにすることです：

- MMTEL 音声
- MMTEL ビデオ
- SMS

したがって、アクセス規制はまだアクティブですが、必要ならば、主にデータサービスに限定されます。

目的の動作をコントロールするために、eNB が SIB2 の 3 つの機能それぞれに対してフラグを合図します。例えば、ACB がアクティブで、*ac-BarringSkipForMMTEL Voice* フラグがセットされ、他のフラグはどれも無い場合に、UE が音声通話を開始したいときに、UE がこのセルを規制されたとみなしませんので、RRC Connection Establishment をスタートできます。他のサービスを開始したいときは、このセルを規制されたとみなします。

SCM が Rel-12 で規定されていますが、他の機能との相互運用性の問題がないので、以前のリリースでの実装にも可能です。

2.6 Machine-Type と他のモバイルデータアプリケーションのための RAN 向上

Machine Type Communication (MTC) 特性の一つが、広範囲なデバイス能力をサポートすることです。例えば、監視カメラは、ほとんど静止しながら膨大な UL データ量を送達しなければなりません。車両追跡用デバイスは、多くのハンドオーバーをしながら少ないデータ量です。別のデバイス類は、これら能力のどちらもありません。(ほとんど) 静止していて、遅延に敏感でない少ないデータ量だけを必要とします。これらデバイスの例としては、電気、ガス、水道の消費量のような検針用のものです。しかし、これら MTC デバイス数も、従来のデバイスに比べて桁違いに非常に多くなるかもしれません。少ないユーザデータ量にもかかわらず、シグナリング量がほぼ同じく比例するので、既存の LTE 技術を使用するには、ネットワーク過負荷につながります。

特に、それらデバイスのために、いくつかの作業アイテムが 3GPP で扱われました。例としては、低アクセスプライオリティや、拡張ウェイトタイムのプロビジョニングや、拡張アクセス規制、で設定された UE です。Release-12 では、UE *Power Consumption Optimization* (消費電力最適化) と *Signaling Overhead Reduction* (シグナリングオーバーヘッド削減) の 2 つの機能が拡張されました。

2.6.1 UE 消費電力最適化

検針や無線センサのような MTC デバイスは、しばしば電源のない場所に設置されています。その結果、完全にバッテリーで稼動し、訓練されたスタッフだけがこれらデバイスにアクセスできるため、バッテリー交換がとて高価になるでしょう。そのため、いくつかのケースでは、バッテリー寿命がデバイス全体の寿命を決定することになります。

特に、頻繁でなく少ないデータパケットだけを送信するデバイスのために、データパケット間の消費電力を低減することはとても有益です。新たなモード Power Saving Mode (PSM) を導入することで達成されます。このモードでは、UE がスイッチオフされていると外部からみなされることができます。PSM は NAS によってコントロールされます。UE は、T3324 タイマ値とオプションの周期的 TAU タイマ T3412 拡張バージョンを含む Attach/TAU リクエストメッセージを使用して、PSM の使用を開始します。ネットワークは、T3324 とリクエストされたら T3412 の許容タイマ値を含む Attach/TAU Accept で返信することで、受け入れるかどうかを決定します。プロシージャを [図 2-23](#) に示します。UE が IDLE 状態になると、T3324 時間にもう到達できます。そのとき、自動的に PSM に移行し、RF をスイッチオフしているために、もはやページングもできません。PSM を終了する唯一の方法が UE 発信シグナリングによるものです。[図 2-23](#) の例では、UE が再び TAU をしなければなりません。TAU タイマ T3412 終了によって PSM を停止します。UE 発信シグナリングする何か他のことでも PSM を停止します。例えば、アプリケーションレイヤによるもので、一定周期で今までにリクエストされたデータを送信するためです。

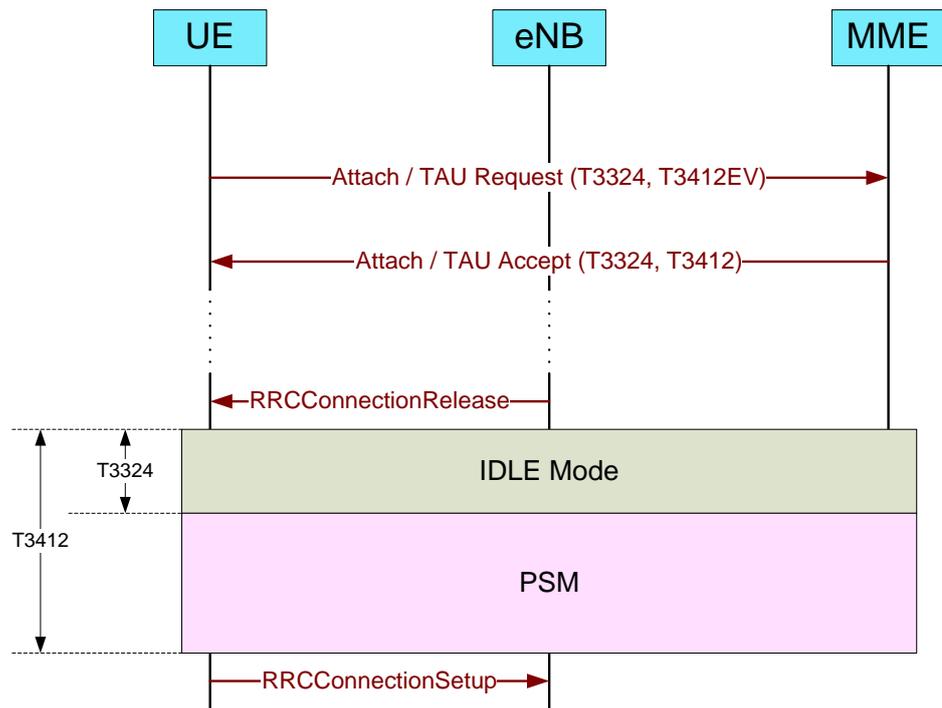


図 2-23: PSM プロシージャ

PSM 中、UE は、ネットワークに登録されたままです。したがって、PDN 接続を再アタッチまたは再確立する必要はありません。さらに、AS コンフィグが保持されていて、すべてのタイマが実行し続けています。ただし、タイマが 1 つでも終了すると、PSM を終了した直後に、対応するアクションを実行するかどうかを UE 実装に任されています。

2.6.2 シグナリング オーバヘッド削減

低頻度で少ないデータ量のデバイスでは、コアネットワークと RRC へのシグナリングオーバーヘッドがとて大きいかもしれません。ここでの考え方は、最適な RRC 接続ハンドリングと DRX および UL コントロールチャネルのコンフィグを提供するために、UE のトラフィックタイプとパターンに関するアシスト情報を提供することです。

S1 と X2 アプリケーションプロトコルの拡張がこの目的のために定義されました。追加の情報要素 *Expected UE Behaviour IE* が INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST メッセージに追加されます。RRC 接続時間を決定するために、eNB が使用できます。この IE は、MME あるいはソース eNB からターゲット eNB への HANDOVER REQUEST メッセージにも含まれます。eNB 間ハンドオーバーの予想時間と、予想アクティビティ時間と、予想アイドル時間と、予想アクティビティおよびアイドル時間の情報が加入情報や統計情報を介して得られるかどうかの UE アクティビティ動作情報のソース、が内容です。

2.7 LTE TDD-FDD キャリアアグリゲーション含むジョイント運用

現地の規制機関がスペクトラムをオークションする際に、FDD と TDD スペクトラムライセンスが典型的にバンドル販売されます。そのため、世界的にほとんどのサービスプロバイダは、ペア (paired) スペクトラム (FDD) とアンペア (unpaired) スペクトラム (TDD) のライセンスを保有しています。キャリアアグリゲーションでスペクトラムをアグリゲートできることで、加入者にて絶えず増大しているモバイルデータ消費量のために、ネットワーク事業者は、FDD と TDD スペクトラムをアグリゲートできることもリクエストして、3GPP Release 12 に追加されました。

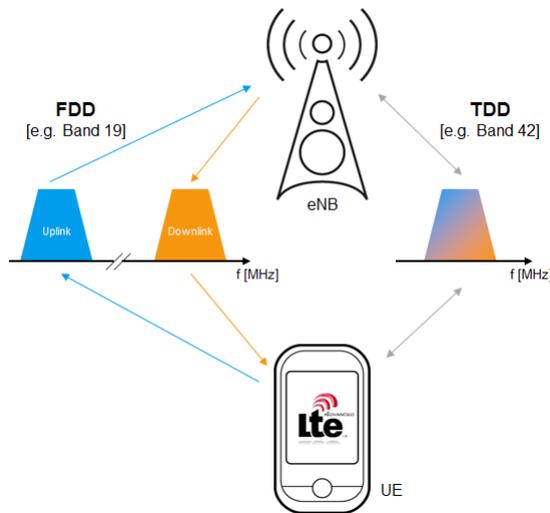


図 2-24: LTE FDD と TD-LTE キャリアアグリゲーション

2.8 エンハンスド 干渉軽減 & トラフィック適応 (eIMTA)

eIMTA は、LTE TDD モードに改良したものです。LTE フレーム構造内の UL/DL タイムスロットのダイナミック リコンフィグを可能にします。表 2-11 は、3GPP Release 8 の LTE TDD で定義された 7 つのフレームコンフィグです。各セル内の TDD フレームコンフィグが SIB1 で通知されます。

表 2-11: LTE TDD フレーム コンフィグ

UL/DL Configuration	Subframe number									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

これは、まだ実例になっていませんが、3GPP Release 12 以降、eIMTA では、より柔軟な方法で、UL-DL をリコンフィグできます。UL およびスペシャル サブフレームのサブセットを DL サブフレームにリコンフィグすることができるのに対し、SIB1 で提供されるリファレンスのコンフィグにおける DL サブフレームは、変更されません。レガシ UE がこれらのサブフレームの CRS をモニタしようとするので、DL サブフレームを変更することができません。しかし、UL サブフレームを DL サブフレームに変更することが可能です。eNB は、スケジューリング制約を使用でき、レガシ TDD UE のための UL サブフレームのような“ブランク”のために、他の UL サブフレームに PUCCH/SRS/SR リソースを設定できます。どの UL-DL Config. が 1 以上のサービスセルに使用されるのかを示すために、ネットワークは UE に PCell PDCCH で L1 シグナリングを送信します。L1 シグナリングによって提供されるこの UL-DL Config. は、RRC 構成の無線フレーム数に適用されます。TDD eIMTA コンフィグは、UE RRM/RLM 測定に影響を与えないことに留意します。セルによって使用されることを意図した、Subframe-set dependent overload indication と UL-DL Config. は、TDD eIMTA 運用を容易にするために、X2 インタフェースで eNB 間のやりとりができます。この機能の利点は、低 ~ 中負荷シナリオでの大幅なユーザスループットゲインです。しかし、ユーザスループットゲインには、配備や周波数の分離に十分なアイソレーションを必要とします。eIMTA を検証するために UE 機能 eIMTA PDSCH 復調テストが [13] に追加されました。

2.8.1 配備シナリオ

関連するスタディアアイテムフェーズからの結果により、技術コンポーネントを開発するための基盤として、次のシナリオが使用されます。

- シナリオ 1: 同一キャリア周波数で配備される集合フェムトセル

- シナリオ 2: 同一キャリア周波数で配備される集合フェムトセルと、隣接キャリア周波数で配備される集合マクロセルで、すべてのマクロセルが同一 UL-DL Config. を有し、フェムトセルが UL-DL Config. を調整可能
- シナリオ 3: 同一キャリア周波数で配備される集合屋外ピコセル
- シナリオ 4: 同一キャリア周波数で配備される集合屋外ピコセルと、隣接キャリア周波数で配備される集合マクロセルで、すべてのマクロセルが同一 UL-DL Config. を有し、屋外ピコセルが UL-DL Config. を調整可能

上記シナリオのうち、シナリオ 3 と 4 が最優先にセットされました。

2.8.2 リコンフィグプロシージャと上位レイヤコンフィグ

上述したように、Layer 1 シグナリングがリコンフィグを容易にします。もっと正確に言えば、DCI Format 1C が UL/DL Config. インジケーション番号 (1, 2, ..., I) を提供し、各番号は 3 ビットから成ります (表 2-11, UL/DL Config. 0 ~ 6 を通知するのに十分)。どのフレームコンフィグ番号が特定のフレーム番号 (*eimta-CommandPeriodicity* パラメータ下記参照) に適用されるのかを、上位レイヤパラメータ *eimta-ReConfigIndex* (下記参照) が決定します。次のパラメータを含む主情報フィールド *EIMTA-MainConfig* を使用して、RRC シグナリングが eIMTA コンフィグを定義します [12]。

- PDCCH の CRC スクラミングに使用される専用 *eIMTA-RNTI*
- *eimta-CommandPeriodicity*: eIMTA-RNTI を有する PDCCH をモニタする周期をコンフィグします ([8] セクション 13.1 参照)。sf10, sf20, sf40, sf80 値が 10, 20, 40, 80 ms サブフレームにそれぞれ相当します。
- *eimta-CommandSubframeSet*: *eimta-CommandPeriodicity* によってコンフィグされた周期内の eIMTA-RNTI を有する PDCCH をモニタするサブフレームをコンフィグします。10 ビットが各周期内の最終無線フレーム内のすべてのサブフレームに相当します。最も左のビットがサブフレーム 0 用です。各ビットは、0 か 1 の値です。1 の値は、対応サブフレームが eIMTA-RNTI を有する PDCCH をモニタリングするようにコンフィグされていることを意味し、0 の値は、その他を意味します。TDD の場合の PCell には、SIB1 における DL/UL サブフレーム Congig. で示される DL サブフレームだけが eIMTA-RNTI を有する PDCCH をモニタリングするようにコンフィグされることができません。FDD の場合の PCell には、10 サブフレームのいずれかが eIMTA-RNTI を有する PDCCH をモニタリングするようにコンフィグされることができません。
- *eimta-ReConfigIndex*: Index I に関しては [7] セクション 5.3.3.1.4 を参照。E-UTRAN は、同一周波数バンドの全サービスセルに同一値をコンフィグします。
- *eimta-HarqReferenceConfig*: このサービスセルのための DL HARQ リファレンスコンフィグとして使用される DL/UL サブフレーム Config. を示します。表 2-11 に示されるように、sa2 値が Config.2 に、sa4 値が Config.4 に、sa5 値が Config.5 に相当します。E-UTRAN は、同一周波数バンドの全サービスセルに同一値をコンフィグします。

- *mbsfn-SubframeConfigList*: このサービスセル上の UE のために MBSFN サブフレームをコンフィグします。SIB1 の DL/UL サブフレーム Config. で示された UL サブフレームを MBSFN サブフレームとしてコンフィグできます。

2.8.3 HARQ, CSI フィードバックとパワーコントロール

UL スケジューリングと HARQ タイミングには、UE は、SIB1 で提供されるものに基づくリファレンス UL-DL Config. に従います。DL HARQ タイミングには、UE は、専用 RRC シグナリングを介して提供されるリファレンス UL-DL Config. に従います (前述 *eimta-HarqReferenceConfig* 参照)。同一周波数バンドの全サービスセルに同一値がコンフィグされます。UL/DL Config. を通知する Layer1 は、この DL HARQ リファレンスコンフィグと異なる場合があります。[8] Table 10.1.3.1-1A では、SIB1 (*subframeAssignment*) で通知される UL/DL Config. と DL HARQ リファレンスコンフィグの可能なコンビネーションを提供します。HARQ-ACK バンドリングが TDD eIMTA の HARQ-ACK フィードバックに対応されていないことに留意してください。

UE は、SIB1 UL-DL Config. と、(E)PDCCH モニタリング用 10 ビットのビットマップと、CSI 測定用に DCI Format 1C で通知される Layer1、を使用します。各サービスセルの DL CSI 測定には、2 つのサブフレームセットが別々の CSI 測定 / レポートを可能にするために RRC シグナリングを介してコンフィグされることが可能です (前述 *eimta-CommandSubframeSet* 参照)。非周期的 CSI Feedback レポートは、コンフィグされた測定サブフレームセットすべてに対応されます。対照的に、周期的 CSI Feedback レポートは、DL HARQ リファレンス UL/DL Config. に基づく UL サブフレームだけに可能です。

同じように、各サービスセルの PUSCH/SRS UL パワーコントロールには、別々のオープンループパワーコントロールパラメータ (P_0 と α) を有する 2 つのサブフレームセットを RRC シグナリングを介してコンフィグできます。パワーコントロールコマンドステップサイズとパワーヘッドルーム削減 (PHR) メカニズムに関しては、3GPP Release 11 と比べて変更がありません。

2.8.4 UE 能力

eIMTA に関するいくつかの UE 能力が [10] に追加されました。これらを以下リストします。

- *csi-SubframeSet*: Rel-12 DL CSI サブフレームセットコンフィグ、DL CSI サブフレームセット依存性 CSI 測定/フィードバック、UE が *tm10* をサポートしている場合に単一周波数のすべての CSI プロセス用に 4 CSI-IM リソースしかないうちの CSI プロセス用に 2 CSI-IM リソースまでの追加のコンフィグ、*tm1-tm9* 用に 2 つの ZP-CSI-RS のコンフィグ、2 つの ZP-CSI-RS コンフィグを有する PDSCH RE マッピング、UE が EPDCCH をサポートしている場合に 2 つ ZP-CSI-RS コンフィグを有する EPDCCH RE マッピング、を UE がサポートしているかどうかを示します。このフィールドは、TDD をサポートする UE だけに適用されます。
- *phy-TDD-ReConfig-FDDPCell*: このフィールドでは、FDD PCell の eIMTA-RNTI を有するモニタリング PDCCH を介した TDD サービスセル用の TDD UL/DL リコンフィグ

と、UL および DL HARQ リファレンスコンフィグに従う HARQ フィードバックを、UE がサポートしているかどうかを定義します。

- *phy-TDD-ReConfig-TDDPCell*: このフィールドでは、TDD PCell の eIMTA-RNTI を有するモニタリング PDCCH を介した TDD サービスセル用の TDD UL/DL リコンフィグと、UL および DL HARQ リファレンスコンフィグに従う HARQ フィードバックを、UE がサポートしているかどうかを定義します。
- *pusch-SRS-PowerControl-SubframeSet*: このフィールドでは、PUSCH と SRS 用のサブフレームセット依存性 UL パワーコントロールを UE がサポートしているかどうかを定義します。TDD をサポートする UE だけに適用されます。

2.8.5 eIMTA と他の技術要素との併用

Enhanced Multicast Broadcast Multimedia Services (eMBMS) と併用して eIMTA を使用できます。SIB1-UL サブフレームが UE によって DL サブフレームに決定されると、少なくともいくつかの SIB1-UL サブフレームにおいて MBSFN サブフレームとなるために専用シグナリングを介して上位レイヤによって、UE がコンフィグされることがあります (セクション 2.8.2 *mbsfn-SubframeConfigList* と [12] セクション 6.3.2 参照)。

eIMTA は、FDD-TDD CA と TDD-TDD CA の双方のケースの CA と併用できます。少なくとも 1 つのサービスセルで CA と eIMTA でコンフィグされる UE では、HARQ-ACK 送信とソフトバッファハンドリングにおける Rel-10/11 TDD-TDD CA UE の挙動が、そして HARQ-ACK 送信とソフトバッファハンドリングにおける Release 12 FDD-TDD CA UE の挙動が、適用されます。ただし、PCell の場合に SIB1 で示される UL-DL Config.、SCell の場合に *tdd-Config-r10* で示される UL-DL Config. を、eIMTA DL HARQ リファレンスコンフィグが置き換えることを除きます。FDD PCell と eIMTA SCell でコンフィグされた UE では、L1 リコンフィグ DCI をモニタするために、n 番目の無線フレーム内のサブフレームのセットをコンフィグするのに、10 ビットのビットマップが使用されます。n は、L1 リコンフィグ DCI モニタリング周期を無線フレーム単位で表します。

eIMTA と TTI バンドリングは、[11] で規定されるように併せてコンフィグされません。すなわち、これらの技術要素を併用できません。

2.9 DL MIMO さらなる向上

Work Item “Further Downlink MIMO Enhancement for LTE-Advanced” のベースが 3GPP Release 11 タイムフレーム内で運営されたスタディです。Study Item の結果をテクニカルレポートに保存しています ([18] 参照)。主な結論は、DL MIMO の向上が様々なアンテナ構成でさらに高システムスループットを増すために必要であるということです。パワーアンバランスで、狭いあるいは広い間隔の非配列セットアップの、クロス偏波アンテナを含んでいます。スループット向上を達成するために、Release 12 では、次のような DL MIMO さらなる向上が導入されています。

- 高度化 4Tx codebook
- 新たな非周期的 PUSCH フィードバックモード 3-2

高度化 4 Tx codebook は、DMRS ベース送信モードの 4 アンテナフィードバックのために Rel-10 ですでに導入されたコードブック構造 $W = W1*W2$ を使用します。新たな 4Tx codebook が適用されようとなかろうと、RRC レイヤで情報要素 *alternativeCodeBookEnabledFor4TX-r12* を TRUE にセットすることで構成されます。Rel-8 codebook と区別するために、Release 12 codebook は、“dual codebook” とも呼ばれています。PMI/RI が構成されるときに送信モード (TM) 8, 9, 10 に有効であるすべての非周期的レポーティングモードと、周期的フィードバックモード 2-1 と 1-1 に、Release 12 高度化 codebook がサポートされます。TM 4 と 6 には適用されません。4 アンテナポート用の新たなコードブックが [8] Table 7.2.4-0A - D に記載されていますが、クイックリファレンス用に本文にまとめました。

表 2-12: アンテナポート 0 ~ 3 または 15 ~ 18 を用いる 1-layer CSI レポーティング用 Codebook

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 - 1 5	$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,16}^{(1)}$	$W_{i_1,24}^{(1)}$	$W_{i_1+8,2}^{(1)}$	$W_{i_1+8,10}^{(1)}$	$W_{i_1+8,18}^{(1)}$	$W_{i_1+8,26}^{(1)}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0 - 1 5	$W_{i_1+16,4}^{(1)}$	$W_{i_1+16,12}^{(1)}$	$W_{i_1+16,20}^{(1)}$	$W_{i_1+16,28}^{(1)}$	$W_{i_1+24,6}^{(1)}$	$W_{i_1+24,14}^{(1)}$	$W_{i_1+24,22}^{(1)}$	$W_{i_1+24,30}^{(1)}$
where $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} v'_m \\ \varphi'_n v'_m \end{bmatrix}$								

表 2-13: アンテナポート 0 ~ 3 または 15 ~ 18 を用いる 2-layer CSI レポーティング用 Codebook

i_1	i_2			
	0	1	2	3
0 - 15	$W_{i_1,i_1,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1,1}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+8,0}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+8,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	4	5	6	7

0 – 15	$W_{i_1+16,i_1+16,0}^{(2)}$	$W_{i_1+16,i_1+16,1}^{(2)}$	$W_{i_1+24,i_1+24,0}^{(2)}$	$W_{i_1+24,i_1+24,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	8	9	10	11
0 – 15	$W_{i_1,i_1+8,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+8,1}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+16,0}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+16,1}^{(2)}$
i_1	i_2			
	12	13	14	15
0 – 15	$W_{i_1,i_1+24,0}^{(2)}$	$W_{i_1,i_1+24,1}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+24,0}^{(2)}$	$W_{i_1+8,i_1+24,1}^{(2)}$
where $W_{m,m',n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v'_m & v'_{m'} \\ \varphi_n v'_m & -\varphi_n v'_{m'} \end{bmatrix}$				

表 2-14: アンテナポート 15 ~ 18 を用いる 3-layer CSI レポート用 Codebook

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$W_0^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_1^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_2^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_3^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_4^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_5^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_6^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_7^{\{134\}}/\sqrt{3}$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_8^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_9^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_{10}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{11}^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_{12}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{13}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{14}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{\{123\}}/\sqrt{3}$

表 2-15: アンテナポート 15 ~ 18 を用いる 4-layer CSI レポート用 Codebook

i_1	i_2							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0	$W_0^{\{1234\}}/2$	$W_1^{\{1234\}}/2$	$W_2^{\{3214\}}/2$	$W_3^{\{3214\}}/2$	$W_4^{\{1234\}}/2$	$W_5^{\{1234\}}/2$	$W_6^{\{1324\}}/2$	$W_7^{\{1324\}}/2$
i_1	i_2							
	8	9	10	11	12	13	14	15
0	$W_8^{\{1234\}}/2$	$W_9^{\{1234\}}/2$	$W_{10}^{\{1324\}}/2$	$W_{11}^{\{1324\}}/2$	$W_{12}^{\{1234\}}/2$	$W_{13}^{\{1324\}}/2$	$W_{14}^{\{3214\}}/2$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

With

$$\varphi_n = e^{jm/2}$$

$$\varphi'_n = e^{j2m/32}$$

$$v'_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j2m/32} \end{bmatrix}^T$$

新たな非周期的 PUSCH フィードバックモード 3-2 は、各サブバンドの CQI (Channel Quality Indicator) との併用で、各サブバンドの PMI (Precoding Matrix Indicator) のレポートを有効にします。したがって、変調とプリコーディングマトリクスの情報は、これまでの Release では不可能であったサブバンドベースで双方利用できます。[8] Table 7.2.1-1 では、新たな Mode 3-2 (表 2-16 参照) を含むすべての PUSCH レポートモードの概要

を示します。フィードバックモード 3-2 は、PMI/RI レポートが構成されるときに DMRS ベース TM 8, 9 および 10 に設定され、Rel-8 codebook が使用されるときに TM 4 と 6 に設定されます。

表 2-16: PUSCH CSI レポートモード用 CQI と PMI フィードバックタイプ

		PMI Feedback Type		
		No PMI	Single PMI	Multiple PMI
PUSCH CQI Feedback Type	Wideband (wideband CQI)			Mode 1-2
	UE Selected (subband CQI)	Mode 2-0		Mode 2-2
	Higher Layer-configured (subband CQI)	Mode 3-0	Mode 3-1	Mode 3-2

2.10 カバレッジ向上

以前のスタディ [16] は、LTE のカバレッジボトルネックであることに対して UL ミディアムデータレート PUSCH と VoIP を特定しました。Release 12 Work Item “LTE Coverage Enhancements” がこれらの課題に対処します。要点は、低データレート用セルレンジを拡張することでカバレッジを改善する、高度化 TTI バンドリングの導入です。さらなるカバレッジ向上が Release 11 Work Item EPDCCH (Enhanced DL Control Channels) でカバーされています。

UE は、2 つの情報要素 (IE) を使用して IE *PhyLayerParameters-v12xy* 内の *UE-EUTRA-Capability* に高度化 TTI バンドリングのサポートを合図できます。1 番目に、FDD で UE が TTI バンドリング用高度化 HARQ パターンで動作できることを、IE *e-HARQ-Pattern-FDD-r12* が eNB に通知します。2 番目に、FDD と TDD で UE が 3 以上の PRB を扱うことができるかどうかを、IE *noResourceRestrictionForTTIBundling-r12* が示します。

最終的には、高度化 TTI バンドリングが *MAC-MainConfig* 内の上位レイヤシグナリングによりアクティベートされることを、eNB が UE に知らせます。新たなパラメータ *e-HARQ-Pattern-r12* が導入されています ([8] と [12])。 *ttiBundling* が TRUE にセットされると、この IE だけが設定されて有効になります。2 つの異なる UL TTI バンドリング動作を設定できます。TRUE に *e-HARQ-Pattern-r12* をセットすると、Rel-12 HARQ パターンが高度化 TTI バンドリングに有効になります。FALSE に *e-HARQ-Pattern-r12* をセットするか、IE を設定していないと、従来の Rel-8 バンドリングパターンがアクティベートされます。IE *e-HARQ-Pattern-r12* は、プライマリセルだけに適用します。UE が 3 以上の PRB をサポートするケースでは、eNB は、PRB サイズのリソース割り当て制限を自由に解決できます。*noResourceRestrictionForTTIBundling-r12* のサポートを示さない UE には、従来の 3 PRB 制限が適用されます。TTI バンドリングは SCell 内で設定された UL と併用することができません。

さらに、高度化 TTI バンドリングを使用すると、FDD で UL VoIP とミディアムデータレート PUSCH の双方で、HARQ RTT が 16 ms から 12 ms に短縮されます。このケースでは、UL HARQ プロセス数が 3 です。TTI バンドリングに関しては、高度化 TTI バンドリングが上位レイヤによってアクティベートされ、バンドリング動作が 4 連続 TTI と QPSK 変調も使用します。

TDD での唯一の変更は、(*noResourceRestrictionForTTIBundling-r12* がサポートされていることを条件で) Release 12 の高度化 TTI バンドリングを有する PUSCH のために 3 以上の PRB をサポートできるということです。従来の TTI バンドリングのように、高度化動作は、2 または 3 HARQ プロセスで UL-DL Config. #0, #1 と #6 に適用できます。eIMTA と TTI バンドリングの併用にも、TTI バンドリングと SPS 同時には、TDD に許可されていません。

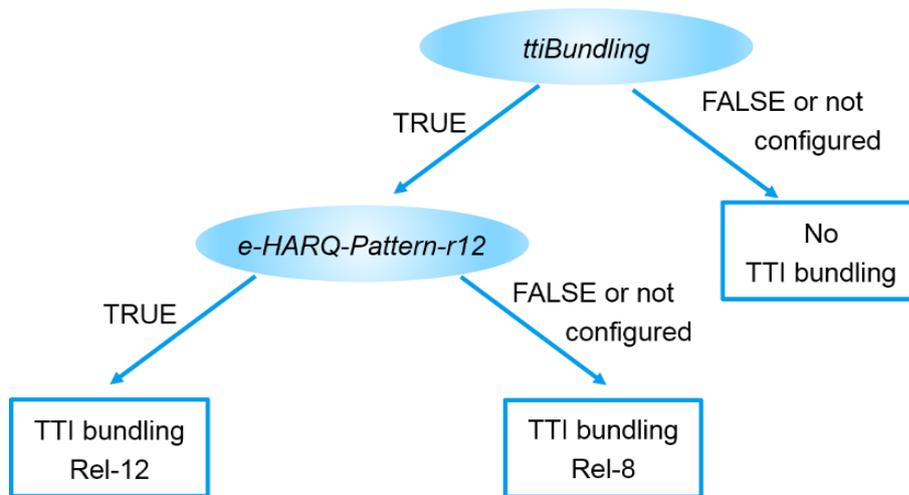


図 2-25: TTI バンドリングのデシジョンツリー

LTE カバレッジ向上は、UL ミディアムデータレート PUSCH と VoIP のための高度化 TTI バンドリングを成します。TTI バンドリングに比べて主な相違点は次のとおりです。

- *e-HARQ-Pattern-r12* が TRUE にセットの場合、高度化 HARQ パターンは FDD に使用される
- HARQ RTT は 16 ms から 12 ms に短縮される
- サブフレームごとに 3 以上の PRB を割り当てることができる

このように、Release 12 以降、UE 能力と、そのカバレッジ状況と、要求アプリケーションに応じて、ネットワークは、種々の TTI バンドリング動作モードから選択できます。

2.11 BeiDou Navigation Satellite System のサポート

LTE 仕様に BDS をサポートする作業アイテムでは、新たな GNSS ID を定義し、必要なアシストデータ情報を導入しました。これらは、Clock Model、Orbit Model、Almanac Model、UTC Model、Ionospheric Model、および、既存の GNSS フレームワークに基づいた BDS のディファレンシャル補正を成します。

これらの拡張は、LTE シグナリングを使用して BDS をネイティブにサポートすることができます。

2.12 LTE eNB 間 CoMP

3GPP Release 11 では、特にセル端で高データレートのカバレッジを改善するために、システムスループットを高めるために、CoMP が導入されました。この機能は、理想的バックホールと接続された伝送ポイントに制限されていたことが、eNB 間の対応ネットワークインタフェースが必要とされなかったことを意味します。

3GPP Release 12 では、非理想的バックホールに接続された eNB にも CoMP を使用するために、関連 X2 インタフェース シグナリングサポートが規定されました。コントロール下の UE によって得られる測定結果で、仮想リソース割当情報の eNB 間シグナリングによってマルチ eNB が協調されます。

これらの仮想 (hypothesis) は、既にセル間干渉協調に定義された LOAD INFORMATION メッセージを用いて隣接 eNB に示されます (図 2-26 参照)。

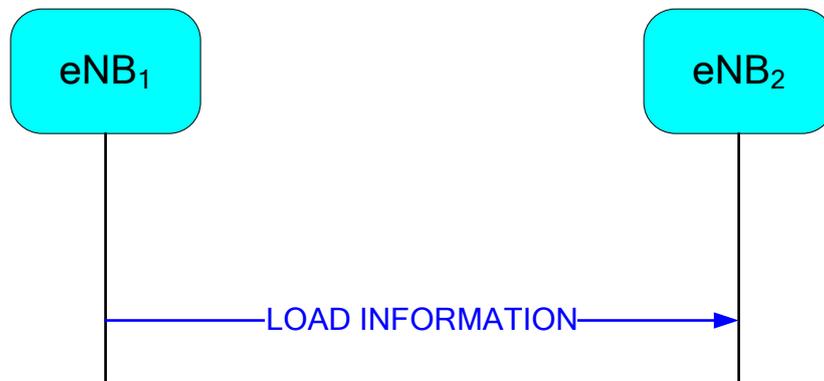


図 2-26: eNB 間 Load Information のやりとり

LOAD INFORMATION メッセージは、最大 256 *CoMP Hypothesis Sets* と関連 *Benefit Metric* のリストを含む *CoMP Information IE* によって拡張されます。この情報は、受信 eNB によって RRM に使用されることができます。

CoMP Hypothesis Set は、*CoMP Hypothesis* に各々関連した 32 Cell ID までのリストです。*CoMP Hypothesis* は、ビット列で、各ビットがサブフレーム内の PRB を表します。値“1”が干渉保護されたリソースを意味し、“0”が何ら制約ありません。このパターンは、連続的にリポートされます。これらの各セルは、受信 eNB、送信 eNB、隣接 eNB のいずれかに属します。

Benefit Metric は、関連 *CoMP hypothesis* が適用されている条件で、コストと利益の間のトレードオフを示す整数値です。低い値が高コストを意味し、高い値が高利益を意味します。

これらの *CoMP hypothesis* に加えて、RSRP 測定も、eNB 間 CoMP 判断に使用されることができ、例えば、*CoMP hypothesis* がこのように検証されることができます。これらの測定は、RESOURCE STATUS メッセージを拡張することによって、隣接 eNB までの X2 インタフェースにわたり示されます。

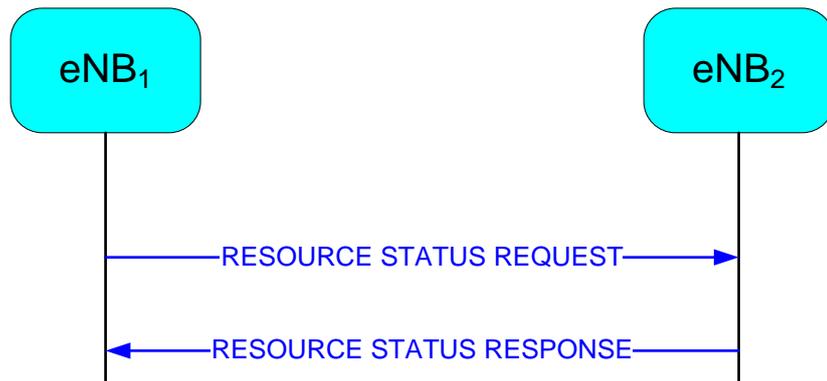


図 2-27: eNB 間 Resource Status 通信

eNB₁ からのリクエストに応じて、eNB₂ は、関連測定を実行するために、コントロール下の UE に指示します。次に、設定可能なレポート期間で周期的に RSRP 測定レポートリストをレポートします (図 2-27 参照)。レポートは、128 UE までの測定から成り、各々が 9 セルまでの RSRP 測定を含んでいます。これらの測定は、RRC スペック [12] で定義されています。

3 まとめ

本書では、3GPP Release 12 で提供された LTE-Advanced に対する大幅な向上について説明しました。3GPP で数年にわたって進化した既存の携帯電話技術と同様に、LTE-Advanced も Release 12 において新機能で補完されました。重要な構成要素は、Dual Layer Connectivity と 256QAM 変調のようなスモールセル展開をサポートするさらなる拡張と、デバイスの MTC タイプのサポートのさらなる最適化と、LTE-Advanced と WLAN のインタワーキング強化と、最も重要な Device to Device 近接サービスと Device to Device 通信の追加、から成ります。Device to Device 通信は、パブリックセーフティのユースケースだけに適用できることに留意されたい。今でも近接サービスは、LTE 技術に重要な機能追加が自己判断されます。デュアルレイヤ接続性は、キャリアアグリゲーションの代案として、あるいは併用で、スモールセルリソースを追加する効果的方法を有効にします。後者が LTE 商用ネットワークで広く展開されていることに留意してください。MTC 最適化は、LTE が新たなアプリケーションシナリオに対処できるようにし、今度の 3GPP リリースでさらに作業されることが期待されています。

4 LTE / LTE-Advanced 周波数バンド

3GPP Release 11 までの LTE/LTE-A のオペレーティングバンドを、ペアスペクトラムの使用で 表 4-1 に示し、アンペアスペクトラムの使用で 表 4-2 に示します。

表 4-1

Operating FDD bands for LTE / LTE-Advanced							
Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive/UE transmit			Downlink (DL) operating band BS transmit /UE receive			Duplex Mode
	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	N/A			717	-	728	
30	2305	-	2315	2350	-	2360	
31	452.5	-	457.5	462.5	-	467.5	
32	N/A			1452	-	1496	

表 4-2

Operating TDD bands for LTE / LTE-Advanced							
Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive/UE transmit			Downlink (DL) operating band BS transmit /UE receive			Duplex Mode
	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] Rohde & Schwarz: White Paper [1MA232](#) “LTE-Advanced (3GPP Rel.11) Technology Introduction”
- [5] 3GPP TS 36.300 V 12.6.0, June 2015; 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
- [6] 3GPP TS 36.211 V 12.6.0, June 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation, Release 11
- [7] 3GPP TS 36.212 V 12.5.0, June 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding, Release 11
- [8] 3GPP TS 36.213 V 12.6.0, June 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures, Release 11
- [9] 3GPP TS 36.214 V 12.2.0, March 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer; Measurements, Release 11
- [10] 3GPP TS 36.306 V 12.5.0, June 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio access capabilities, Release 11
- [11] 3GPP TS 36.321 V 12.6.0, June 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification, Release 11
- [12] 3GPP TS 36.331 V 12.6.0, June 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification, Release 11
- [13] 3GPP TS 36.101 V 12.8.0, July 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception, Release 11
- [14] 3GPP TS 36.104 V 12.8.0, July 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception, Release 11

- [15] 3GPP TS 36.133 V 12.8.0, July 2015; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Requirements for support of radio resource management, Release 11
- [16] 3GPP TR 36.824 V 12.0.0, June 2012; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE coverage enhancements, Release 11
- [17] 3GPP TR 36.842 V 11.0.0, June 2012; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on Small Cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN; Higher layer aspects, Release 12
- [18] 3GPP TR 36.871 V 11.0.0, December 2011; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Downlink Multiple Input Multiple Output (MIMO) enhancement for LTE-Advanced, Release 11
- [19] 3GPP TR 36.872 V 12.1.0, December 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Small Cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN – Physical layer aspects, Release 12
- [20] 3GPP TR 36.932 V 12.1.0, March 2013; Technical Specification Group Radio Access Network; Scenarios and requirements for small cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN, Release 12
- [21] Rohde & Schwarz: White Paper [1MA214](#) “WLAN Traffic Offload in LTE”
- [22] IEEE 802.11, Part 11: “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specification, IEEE Std.”
- [23] Wi-Fi Alliance Technical Committee, Hotspot 2.0 Technical Task Group: “Hotspot 2.0 (Release 2) Technical Specification”
- [24] Rohde & Schwarz: Application Note [1MA150](#) “Cell search and cell selection in UMTS Long Term Evolution (LTE)”
- [25] 3GPP TS 23.303 V 12.5.0, June 2015; Technical Specification Group and System Aspects, Proximity-based services (ProSe); Stage 2; Release 12
- [26] 3GPP TS 24.334 V12.3.0, June 2015; Technical Specification Group Core Network and Terminals, Proximity-services (ProSe) User Equipment (UE) to ProSe function protocols; Stage 3; Release 12
- [27] 3GPP TS 23.003 V12.7.0, June 2015; Technical Specification Group Core Network and Terminals, Numbering, addressing and identification; Release 12
- [28] 3GPP TS 24.333 V12.3.0, June 2015; Technical Specification Group Core Network and Terminals, Proximity-services (ProSe) Management Objects (MO); Release 12
- [29] 3GPP TS 24.301 V12.9.0, June 2015; Technical Specification Group Core Network and Terminals, Non-Access Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS), Stage 3; Release 12
- [30] 3GPP TS 33.303 V12.4.0, June 2015; Technical Specification Group Services and System Aspects, Proximity-based Services (ProSe), Security Aspects; Release 12

6 追加情報

本書に関するご意見や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

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。