

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

# LTE-Advanced Release 12 におけるD2D通信の実現

現在、非常時の通信手段であるPublic safety無線システムの整備、運用コストの削減やブロードバンド化のため、Public safety無線システムへのLTEの導入が検討されている。Public safety無線システムでは、大規模災害などでeNBがダウンした状況でも通信手段を提供できることが望ましいため、3GPPのRelease 12 LTE仕様においてeNBを介さないD2DのDirect communication機能が導入された。また、近接端末に対する情報配信などCommercial D2Dが可能となるDevice discovery機能も導入された。本稿ではこれらD2DのDirect communicationとDevice discoveryについて解説する。

先進技術研究所	5G推進室	やすかわ 安川	しんべい 真平	はらだ ひろき 原田 浩樹
		ながた 永田	さとし 聡	
ドコモ北京研究所		ジアオ 赵	チュン 群	

## 1. まえがき

現在、非常時の通信手段である公共安全（Public safety）無線システムの整備、ネットワーク運用コストの削減や通信のブロードバンド化のため、Public safety無線システムへのLTE導入が検討されている。Public safety無線システムでは、大規模災害などで基地局（eNB：eNodeB）\*1がダウンした状況や、山岳地帯などのeNBカバレッジ外でも通信手段を提供できることが望ましい。そのた

め、米国政府などからLTEで端末間（D2D：Device to Device）の直接通信（Direct communication）をサポートすることを要請され、3GPP（3rd Generation Partnership Project）ではコアネットワーク\*2を介さないD2D通信機能の標準仕様策定を行ってきた[1]～[3]。また、D2D通信の商用利用（Commercial D2D）も検討されており、端末近接度に基づいたサービス（ProSe：Device to Device Proximity Services）を利用できるよう、近接端末の発見技術（Device dis-

covery）の標準仕様策定も同時に行われてきた。すなわち、図1に示すように、LTEにおけるD2D通信はDirect communicationおよびDevice discoveryの2つの機能から構成されることとなった。

LTEにおけるD2D通信では、eNBカバレッジ外においてD2Dで自律的に通信を行うケースと、eNBカバレッジ内でeNBからのアシスト情報を基にD2Dで通信を行うケースの2種類のシナリオが想定されており、後者のシナリオでは、eNBのアシス

©2015 NTT DOCOMO, INC.  
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

\*1 eNB：LTEの無線基地局装置。  
\*2 コアネットワーク：交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

トにより効率的な通信を実現することも可能である[4]。ただし、eNBのアシストを受ける場合も、D2Dでやりとりされるデータそのものはコアネットワークを介さずにD2Dで直接送受信される。また周波数の有効活用および既存端末へのD2D通信機能の追加実装を最小限にするため、LTEにおけるD2D通信はLTEのeNB-端末間通信（セルラ通信）の上り無線リソース<sup>\*3</sup>の一部を用いることが前提となっており、セルラ上りリンクとの周波数共有が課題の1つとなっている。

本稿ではこのようなコアネットワークを介さないD2D通信について、3GPP LTE Release 12で導入された機能を中心に解説する。

## 2. D2D通信の導入背景

### 2.1 Public Safety LTE

現在、各国におけるPublic safety通信システムはProject25（北米・

オーストラリアなど）やTETRA（欧州など）などの通信方式を用いて、国ごと・機関（警察や消防など）ごとに独自に構築される場合が多く、通信システムの整備、ネットワーク運用コストの削減、そして国・機関間での相互運用性の向上が課題となっている。そこで、Public safety通信システムにLTEを用いることが各国（米国・英国・韓国など）で検討されており、以下のようなメリットが得られると考えられている。

- ・LTEのエコノミー・オブ・スケールによるネットワーク・端末の低コスト化
- ・商用LTEネットワークとの設備共有による低コスト化
- ・標準仕様による相互接続性確保
- ・ブロードバンド通信の実現

米国では9・11のテロを契機として、テロや災害時に緊急対応にあたる要員や現場の初動要員（First re-

sponder）が相互通信できるよう、LTEをベースとした全国規模で相互運用可能なPublic safetyネットワーク（FirstNet）を構築することを2012年に決定し、2013年には米国商務省から3GPPに対してユースケースや要求条件などが示されている[5][6]。この要求条件では、ネットワークカバレッジ外での直接通信・グループ通話・プッシュ通話（PTT：Push To Talk）<sup>\*4</sup>のサポートが求められており、それぞれ3GPPにおいて標準仕様策定が進められている。以上から、Public safety LTEでは多くの場合セルラ通信に加えてD2Dの直接通信（特にDirect communication）も利用されることが想定される。

これらPublic safety LTEには、ITU-R（International Telecommunication Union-Radiocommunication sector）<sup>\*5</sup>において議論が行われているブロードバンドPublic safetyおよび

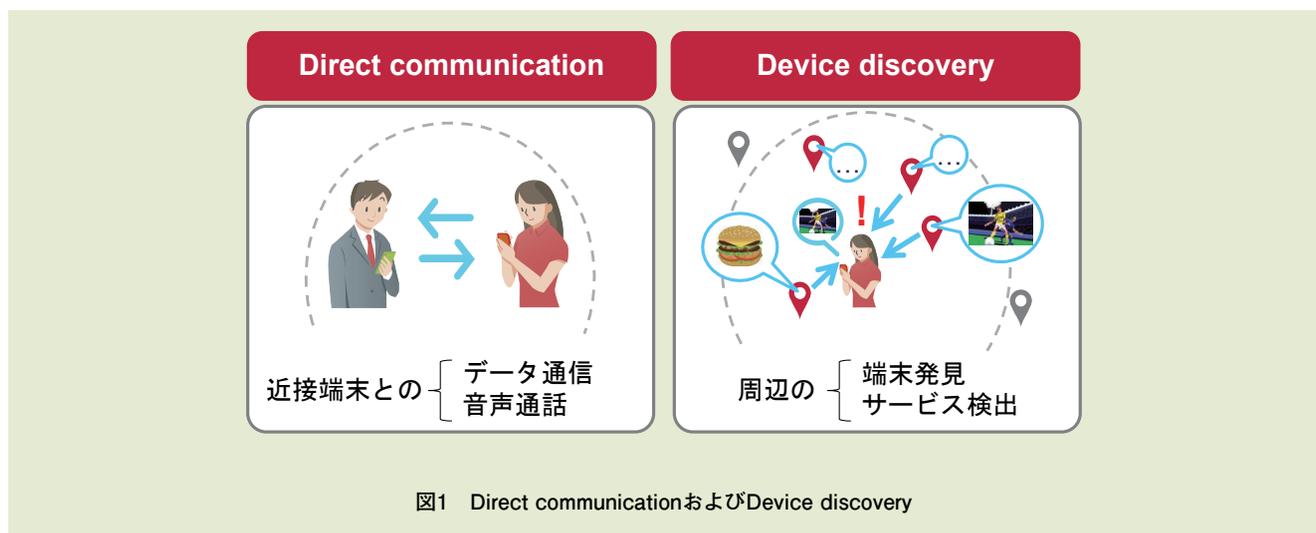


図1 Direct communicationおよびDevice discovery

\*3 無線リソース：ユーザごとに通信のため割り当てられる時間および周波数。

\*4 プッシュ通話（PTT）：同時に1名だけが送信可能な半二重通信を用いた音声通話方式。グループ通話が可能で、トランシーバーの通話方式として一般的に用いられる。

\*5 ITU-R：国際連合の電気通信分野における専門機関ITUにおいて、無線通信規則の改正や、各国間における周波数利用の調整など、無線通信に関する国際的な管理調整業務を行う部門。

災害救援（PPDR：Public Protection and Disaster Relief）周波数が使用され、米国・韓国はともに700MHz帯FDD（Frequency Division Duplex）\*6の周波数を使用する予定である。

## 2.2 Commercial D2D

商用用途向けのD2D通信としては、近年ではBLE（Bluetooth® Low Energy）\*7を用いたiBeacon®\*8や、Wi-Fi Aware™\*9などDevice discoveryに相当する各種通信機能が注目されており、それらは近接端末の発見用にビーコン（無線で送信される識別情報）送信機能がサポートされている。一般に、このようなDevice dis-

coveryでは、ビーコンにユーザIDや興味情報に紐付けられたIDを埋め込むことでさまざまなサービスを実現することができる。近年注目されているシェアリングエコノミー\*10への応用はその一例で、利用者の場所や興味に基づいて、サービス・プロダクト・金銭などを共有、交換するサービスが考えられる。また、周囲の端末に向けたローカル広告の配信や、旅行者への周辺案内、ペットの見守りなどへの応用も考えられる。

このようなサービスにLTEをベースとしたD2D通信を用いることで、さまざまな通信範囲における安定した通信、キャリアグレードのセキュ

リティ（なりすまし防止など）を提供することができる。

## 3. ネットワークアーキテクチャ

### 3.1 概要

図2にLTE D2Dにおけるアーキテクチャ例を示す[7]。カバレッジ内の端末（UE：User Equipment）はD2D通信のためにEPC（Evolved Packet Core）\*11上の論理機能であるProSe Function [8]と通信を行う。ProSe FunctionはHSS（Home Subscriber Server）\*12を用いて端末の認証を行い、またSLP（SUPL（Secure User Plane Location）Location Platform）\*13を用いて端末の位置に応

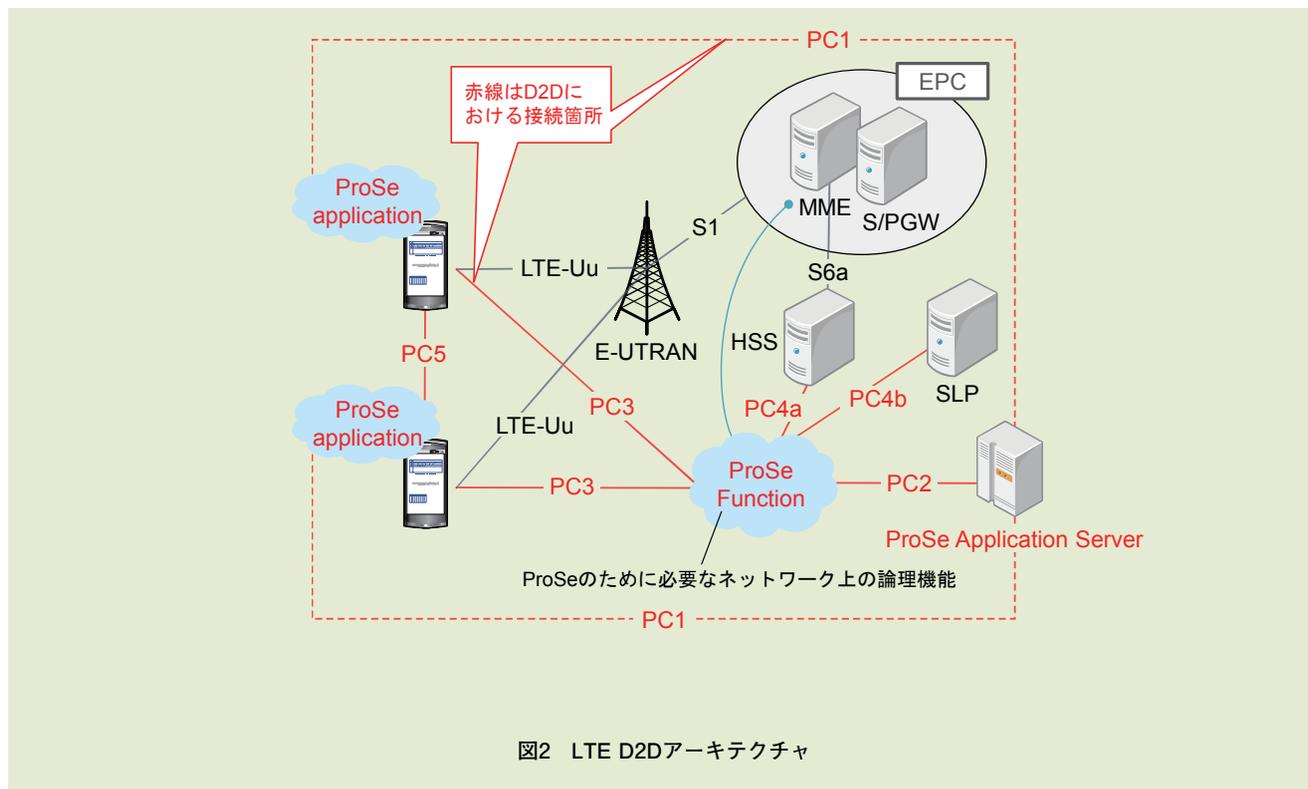


図2 LTE D2Dアーキテクチャ

\*6 FDD：周波数分割複信。無線通信などで同時送受信を実現する方式の1つで、異なる周波数にて送信と受信を同時に行う方式。

\*7 BLE：Bluetooth®の拡張機能の1つで、低消費電力機器向けにBluetooth 4.0規格の一部として策定された規格。Bluetoothは携帯端末を無線により接続する短距離無線通信規格で、米国Bluetooth SIB Inc.の登録商標。

\*8 iBeacon®：Apple社が開発したBLEを利用

した近距離無線通信技術。発信機（ビーコン端末）から識別IDを発信することで、ビーコン端末からの情報配信を行ったり、電波の強弱で端末間の距離を推定して現在位置を特定したりすることができる。Apple, Inc.の登録商標。

\*9 Wi-Fi Aware™：Wi-Fiを用いた近接端末検出のための規格。業界団体であるWi-Fi Allianceが仕様策定を行い、2015年3月現在、ドラフト仕様が公開されている。

\*10 シェアリングエコノミー：共有型経済。物・サービス・金銭などの交換・貸出・共有などにより成り立つ経済で、狭義には個人が利用していない製品や資産、個人が提供できるサービスを他者に提供すること。

\*11 EPC：LTE無線アクセスを含む各種無線アクセスシステムを収容できるコアネットワーク。

じた適切な通信用設定の配布を行う。

カバレッジ外での通信に必要な各種設定もあらかじめこのProSe Functionを用いて行うことが可能である。カバレッジ外通信用の設定は地域に紐付いており、免許上許可されない地域での送(受)信を避けることができる。また、ネットワーク側で鍵管理を行うことで、グループ通話などで高いセキュリティレベルを担保することも可能である[9]。このようなネットワークによる事前設定以外に、あらかじめ端末やSIM (Subscriber Identity Module)\*14カードに設定を記録しておく方法もある。

カバレッジ内ではProSe Functionからの設定配布に加え、eNBからD2D用無線パラメータの通知を行う。また、ProSe Application ServerではEPC ProSeユーザIDやProSe Function IDの格納および、アプリケー

ションレイヤのユーザIDとEPC ProSeユーザIDとの対応付けが行われる[10]。

これらカバレッジ外でのパラメータ設定またはカバレッジ内でのeNBからのパラメータ通知の後、端末はDirect communicationまたはDevice discoveryの通信が可能になる。ただし、カバレッジ外でのDevice discoveryは、Release 12ではサポートされておらず、Release 13で議論される予定となっている。

### 3.2 Device Discoveryにおけるネットワーク処理例

Device discoveryでは図3に示すとおり、送信ユーザがユーザIDなしユーザの興味情報(ProSe Application ID)や電話番号やURLなどのメタデータをProSe Functionに登録することで(図3 A①)、実際に送

信するビーコン(LTEではDiscovery messageと呼ぶ)に埋め込まれる184bitのID(ProSe Application Code)割当てが行われる(図3 A②)。受信ユーザ側では興味情報を登録することで(図3 B①)、対応する受信フィルタの割当てが行われる(図3 B②)。送信ユーザは割り当てられたProSe Application Codeを他端末に対して報知し(図3 A③、B③)、受信ユーザがProSe Application Codeの、受信フィルタへの適合結果をProSe Functionに対して報告する(図3 B④)ことで、ProSe Functionを経由して送信端末から登録されたメタデータを取得することができる(図3 B⑤)。なお、ProSe Application Codeは事業者(PLMN: Public Land Mobile Network\*15)ごとに名前空間(利用可能なビット列の領域)が分割されており、事業

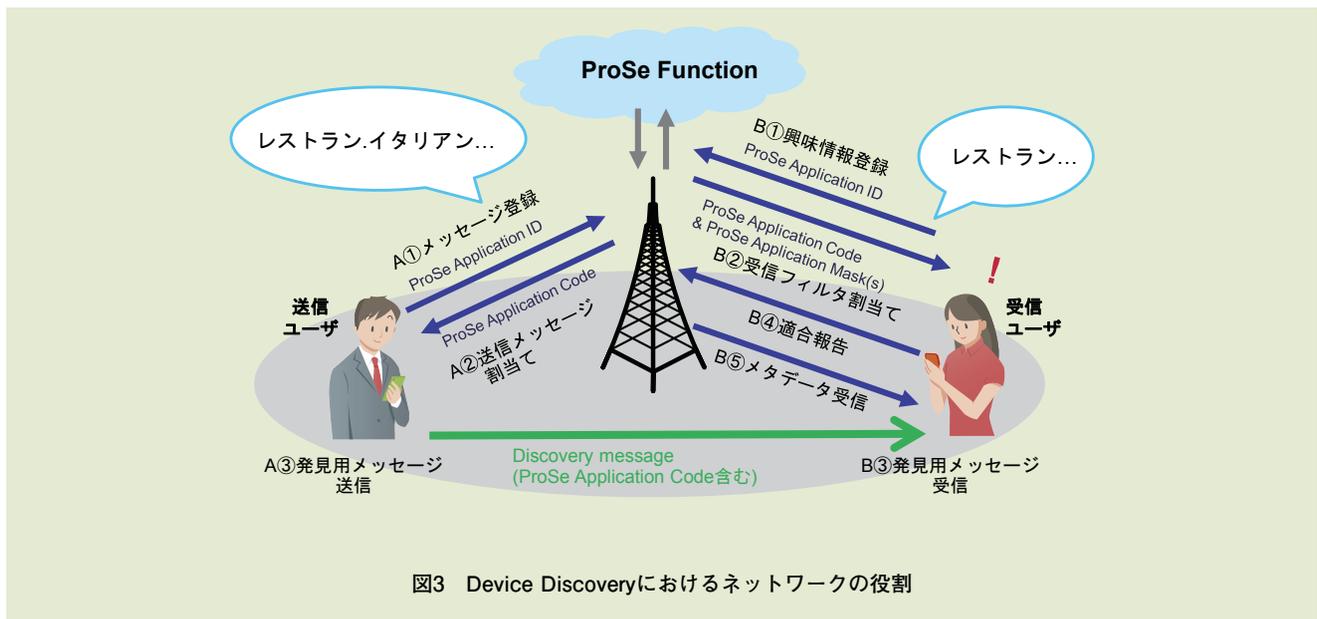


図3 Device Discoveryにおけるネットワークの役割

\*12 HSS: 3GPP移動通信網における加入者情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

\*13 SLP: 端末とサーバ間で位置情報を送受信する測位方法であるSUPLにおける位置情報サーバ。

\*14 SIM: 携帯電話の契約情報を記録したICカード。

\*15 PLMN: 公衆移動通信網。国番号および事業者に対応するIDにより各国における事業者を識別する。

者共用ネットワークや事業者間での Device Discoveryにおいて各事業者がID情報の割当てを行う場合にIDの衝突を避けることができる。

### 3.3 EPC Level Discovery

また、UEから直接無線信号を送信するDevice discovery以外にも、ProSe Functionに対して各端末がユーザの興味情報およびUEの位置情報を登録し、登録された位置情報に基づいて他端末の近接を検知して端末に通知するEPC Level Discoveryも規定されている。本機能の応用例としてEPCのアシストによるWi-Fi Direct<sup>\*16</sup>のセットアップ、起動が考えられている。

## 4. レイヤ1, 2の基本構成

Release 12 D2Dの物理層（レイヤ1<sup>\*17</sup>）およびMAC（Media Access Control）層（レイヤ2<sup>\*18</sup>）の基本構成を以下に概説する。1章で述べたとおり、D2D通信にはセルラ通

信の上り無線リソースの一部が用いられ、物理チャネル<sup>\*19</sup>は図4のように構成される。以下で用途別に各信号・チャネルを解説する。

### 4.1 同期および無線パラメータ設定

#### (1)同期方法

##### ①eNBカバレッジ内

eNBカバレッジ内では、eNBが送信する同期信号<sup>\*20</sup>、すなわちPSS/SSS（Primary/Secondary Synchronization Signal）<sup>\*21</sup>に同期してD2Dの送受信を行う。一部の例外を除き、D2Dの送信タイミングはPSS/SSSの受信タイミングとなり、セルラ上りリンク送信時に用いるTA（Timing Advance）は適用されない。

##### ②eNBカバレッジ外

eNBカバレッジ外のD2D端末どうしの同期用の信号としてカバレッジ内外のUEが送信する

PSSS/SSSS（Primary/Secondary Sidelink Synchronization Signal）<sup>\*22</sup>が規定されている。PSSS/SSSSはPSS/SSSと同様に、それぞれZadoff Chu系列<sup>\*23</sup>・M系列<sup>\*24</sup>が用いられ、システム帯域の中心を用いて40ms周期で送信される。図5に示すようにカバレッジ内のUEがeNBの同期タイミングに基づきPSSS/SSSSを送信することで、カバレッジ外のUEもeNBの同期タイミングでDirect communicationを行うことができる。Direct communicationでは、PSSS/SSSSとともにPSBCH（Physical Sidelink Broadcast Control CHannel）<sup>\*25</sup>によりD2D用フレーム番号やシステム帯域幅、TDD（Time Division Duplex）<sup>\*26</sup> UL/DLサブフレーム<sup>\*27</sup>構成などを通知する。また、カバレッジ内でのみサポートされるDevice discoveryでも、異なるセルに

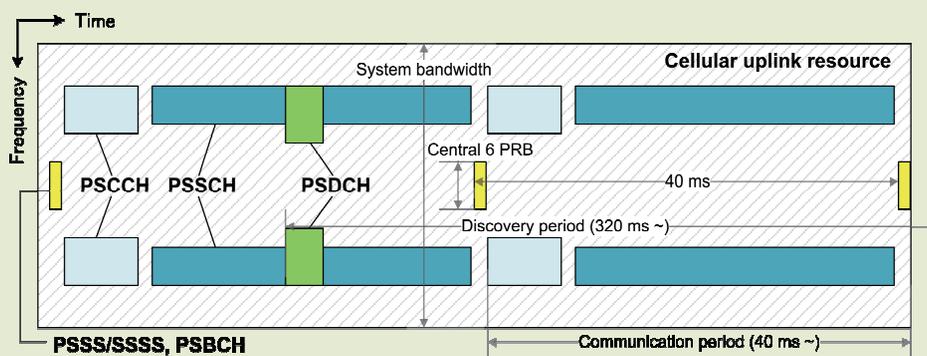


図4 D2Dチャネル構成例

<sup>\*16</sup> Wi-Fi Direct：Wi-Fiを用いたD2D通信のための規格。業界団体であるWi-Fi Allianceが仕様策定・対応機器の認定を行っている。  
<sup>\*17</sup> レイヤ1：OSI参照モデルの第1層（物理層）。  
<sup>\*18</sup> レイヤ2：OSI参照モデルの第2層（データリンク層）。

<sup>\*19</sup> 物理チャネル：無線インタフェースにおいて、周波数、時間などの物理リソースによって分けられるチャネル。  
<sup>\*20</sup> 同期信号：移動局が通信の開始に必要な周波数と受信タイミングおよび同期元識別子（セルIDなど）の検出を行うための物理信号。  
<sup>\*21</sup> PSS/SSS：LTEにおいて基地局が送信する同期信号。

<sup>\*22</sup> PSSS/SSSS：LTEにおいて端末が送信する同期信号。D2D通信のためにRelease 12から新たに仕様化された。  
<sup>\*23</sup> Zadoff Chu系列：巡回シフトを用いる直交拡散系列（数列）の1つで、自己相関および相互相関特性に優れ、さらに時間および周波数の両領域において一定振幅でありPAPRが小さい特徴を有する。

存在するUE間の同期のために PSSS/SSSSが利用される。

なお、上記のような同期タイミングのリレー<sup>\*28</sup>に加え、Release 13ではカバレッジ内のUEがレイヤ3<sup>\*29</sup>リレーを行い、カバレッジ外のUEのデータを転送するD2Dリレーによるネットワークカバレッジの拡張も検討される予定である。

#### (2)無線パラメータ

D2D用の無線パラメータは、カバレッジ内ではeNBから報知情報<sup>\*30</sup>として通知される。例えば、PSSS/SSSSのリソースおよびPSCCH (Physical Sidelink Control CHannel), PSSCH (Physical Sidelink Shared CHannel), およびPSDCH (Physical Sidelink Discovery CHannel)<sup>\*31</sup>送受信に用いられる時間・周波数リソースの候補 (リソースプー

ル) や、PSSS/SSSSの系列などが報知される。3章で述べたとおり、カバレッジ外のUEはD2D用の事前設定されたパラメータを用いる。

## 4.2 Direct Communication

Direct communicationではProSe Communication周期 (例えば40ms周期) に基づいて定義されるPSCCHおよびPSSCHが用いられる。両チャンネル共に上りリンクと同様に低PAPR (Peak to Average Power Ratio)<sup>\*32</sup>を実現するため、PUSCH (Physical Uplink Shared CHannel)<sup>\*33</sup>をベースとした信号構成が採用されている。PSCCHはPSSCHで送信されるデータのスケジューリング情報およびレイヤ2の宛先IDの一部を通知する制御チャンネルである。PSSCHはDirect communication用共有データチャンネルで、ProSe Communica-

tion周期内に複数MAC PDU (MAC Protocol Data Unit)<sup>\*34</sup>を連続送信することで一度の制御情報 (PSCCH) 送信で複数MAC PDUの送信が可能になり、音声通話時の制御情報によるオーバーヘッドを削減している。

レイヤ2のヘッダに付与される宛先IDはUnicast/Group-cast/Broadcast用にそれぞれ定義されており、従来のセルラ通信とは異なり、レイヤ2において受信フィルタリングが実現される。また物理レイヤのフィードバックチャンネルは定義されておらず、ACK (Acknowledgement) /NACK (Negative ACK) 送信<sup>\*35</sup>などの多くの機能を上位レイヤ側で担保する点がDirect communicationの特徴である。

## 4.3 Device Discovery

Device discoveryにはProSe dis-

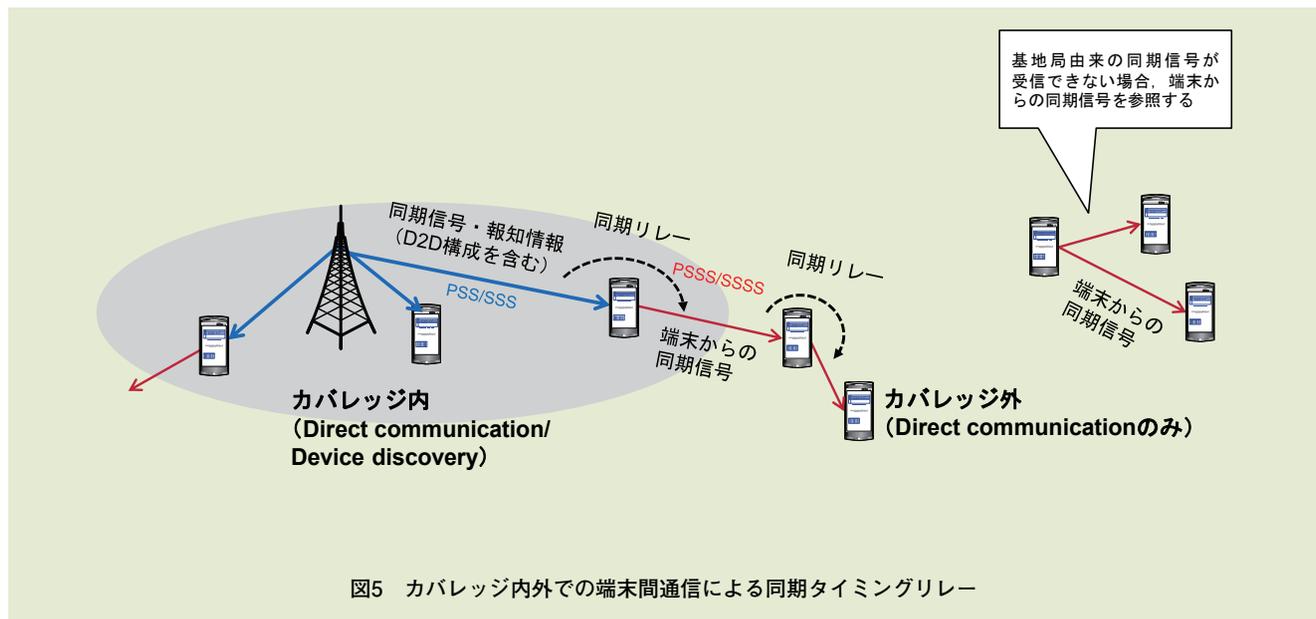


図5 カバレッジ内外での端末間通信による同期タイミングリレー

\*24 M系列：最大長シフトレジスタ系列。0 (−1) と1の2値のみから構成される擬似乱数の一種で、鋭い自己相関特性を有する。

\*25 PSBCH：LTEにおけるD2D通信で端末が送信する報知チャンネル。D2D通信のためにRelease 12から新たに仕様化された。

\*26 TDD：上りリンクと下りリンクで、同じキャリア周波数、周波数帯域を用いて時間スロットで分割して信号伝送を行う方式。

\*27 サブフレーム：時間領域の無線リソースの

単位であり、複数のOFDMシンボル (一般的には14OFDMシンボル) から構成される。

\*28 リレー：通信を中継して伝送する技術。

\*29 レイヤ3：OSI参照モデルの第3層 (ネットワーク層)。

\*30 報知情報：移動端末における位置登録要否の判断に必要な位置登録エリア番号、周辺セル情報とそのセルへ在圏するための電波品質等の情報、および発信規制制御を行うための情報などを含み、セルごとに一

斉通報される。

\*31 PSDCH：LTEにおけるD2D通信において、端末が近接端末発見のためのDiscovery messageを送信する物理チャンネル。D2D通信のためにRelease 12から新たに仕様化された。

\*32 PAPR：最大電力と平均電力の比。これが大きいと、信号歪みを避けるために送信側のパワーアンプのバックオフを大きくする必要があり、特に移動端末において問題となる。

covery周期（例えば320ms周期）で定義されるPSDCHが用いられ、UEはDiscovery messageを周期的に送信する。信号構成はPSCCH/PSSCHと同様にPUSCHベースである。Direct communicationとは異なりDevice discoveryではPSCCHのような制御情報を送信せず、受信UEはPSDCHリソースプール内のDiscovery messageを直接検出して、アプリケーション側で興味情報に基づいた受信フィルタリングを行う。一般にDiscovery messageの内容は頻繁には変更されないため、ProSe discovery周期は320ms~10sと、比較的長い周期に設定される。カバレッジ内においてeNBが送信するPSS/SSSに対してセル内の全UEが同期してDiscovery messageの送受信を行うため、このような低いデューティ比（Discovery messageの送信時間比）が実

現できており、オーバーヘッド・端末消費電力削減などの効果が得られる。

## 5. D2Dにおける課題と対策

D2Dにおける物理層課題の大半は、前述したセルラ通信との無線リソースの共用に起因するものであり、特にセルラ通信への与干渉（主に上りリンクへの干渉）低減は最も重要な課題である。カバレッジ外のUEの動作はeNBから直接制御できないため予期しない干渉が生じる恐れがあり、またカバレッジ内のUEについても、セルラ通信とD2D通信の無線リソースを直交多重したとしても、図6(a)に示すように帯域内放射（In-band emission）\*36により隣接周波数リソースに高い干渉を与える危険性がある。

加えてD2Dでは送受信で共通の

帯域を用いるため半二重通信（Half duplex）\*37となり、図6(b)に示すようにD2D通信の送受信が同時にできない制限が加わる。そのため送信UEは、自身が信号送信を行っている間にD2D信号を受信することができない。また、D2D通信に複数のキャリア周波数を用いる場合、キャリア周波数の切替えが必要になったり、端末の制御が複雑になる。以下でこれらの課題に対するRelease 12における対策を示す。

### (1)リソース割当て

D2DではeNBによる送信リソース割当てとUEによる自律的な送信リソース選択の2種類のリソース割当てがサポートされている。前者を用いることで、カバレッジ内端末どうしで直交したリソース割当てや、効率的なセルラ/D2D間のリソース共用が可能となる。Direct communica-

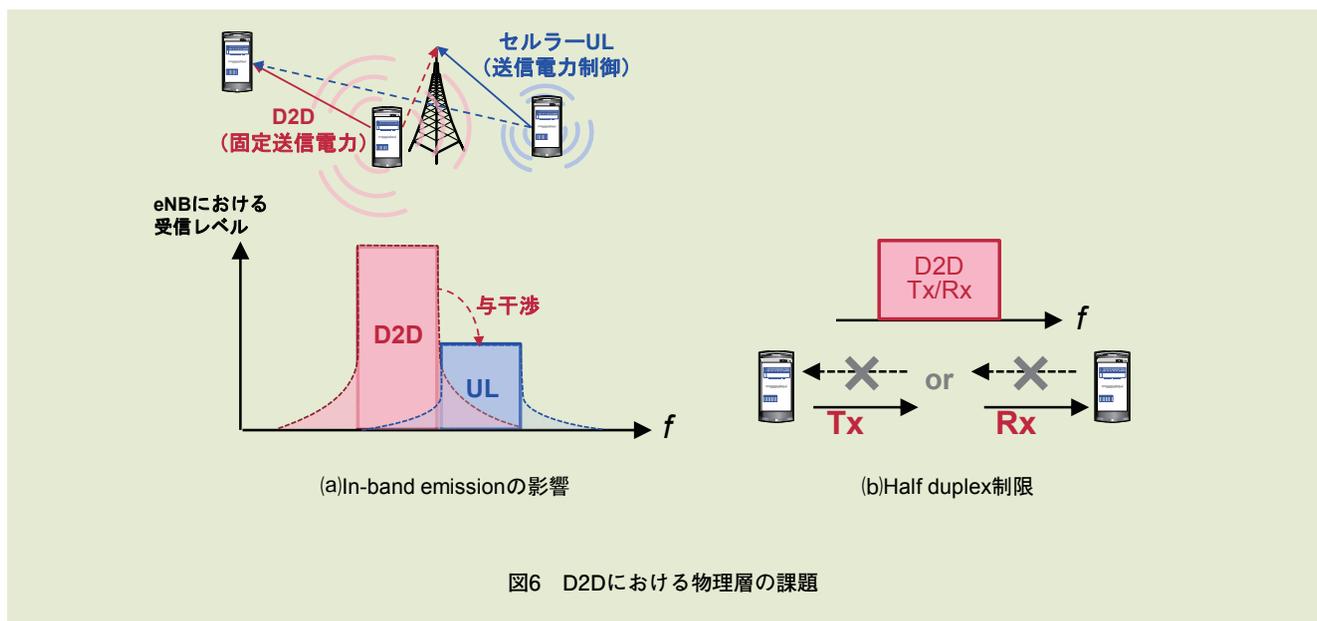


図6 D2Dにおける物理層の課題

\*33 PUSCH：LTEにおけるULデータ送信に使用する共有チャネル。無線アクセス方式として、低PAPR特性を備えたSC-FDMA（Single Carrier-Frequency Division Multiple Access）が用いられる。

\*34 MAC PDU：MACレイヤのProtocol data unit。PDUはヘッダやpayloadを含むプロトコルデータを表す。

\*35 ACK/NACK：再送要求信号。

\*36 帯域内放射（In-band emission）：隣接周波数リソースに対して干渉となり得る、帯域内の不要な輻射。

\*37 半二重通信（Half duplex）：同じキャリア周波数、周波数帯域を用いて、交互に信号伝送を行う方式。

tionにおけるeNBリソース割当ては下りリンクL1/L2制御信号（PDCCH（Physical Downlink Control Channel）<sup>\*38</sup>/EPDCCH）を用いてダイナミックに通知され、Device discoveryにおけるeNBリソース割当てはRRC（Radio Resource Control）<sup>\*39</sup>シグナリング<sup>\*40</sup>により行われる。

UEによる自律的な送信リソース選択はカバレッジ内外の双方において利用可能であり、送信UEは前述のリソースプールの中から任意のリソースを用いて送信を行う。そのため、D2Dで送信リソースが衝突する可能性が生じる。

(2) Repetition送信および時間・周波数ホッピング

PSCCH, PSSCH, PSDCHの送

信において、同一の信号を繰り返し送信するRepetition送信および時間・周波数ホッピング送信がサポートされている。Repetition送信とUEごとに異なる時間ホッピングパターン<sup>\*41</sup>を用いることで、衝突やHalf duplex制限の影響が低減される。加えてRepetitionおよび時間・周波数ホッピングにより合成利得または時間・周波数ダイバーシチ利得<sup>\*42</sup>が得られるため、Public safety用途で重要となるカバレッジを確保する効果も期待される。

(3) 送信電力制御

D2Dの送信電力制御ではD2Dのリンク品質に応じた送信電力制御は行われず、セルラ上りリンクへの与干渉レベルとD2Dのカバレッジとのバ

ランスを取ることを目的としている。そのため、図7に示すとおりD2DでもDirect communication, Device discovery双方において、上りリンクと同様にOpen loop送信電力制御<sup>\*43</sup>により、eNBに対する伝搬ロスに基づいてD2Dの送信電力を決定する。カバレッジ外ではこのような送信電力制御は不要なため、あらかじめUEに設定された固定の送信電力を用いる。

こうしたOpen loop送信電力制御により、eNB近傍のUEほどD2Dの通信可能範囲が狭くなる問題が生じるため、Direct communicationでは緊急時などにeNBからの送信電力制御（TPC：Transmit Power Control）コマンドにより、最大送信電

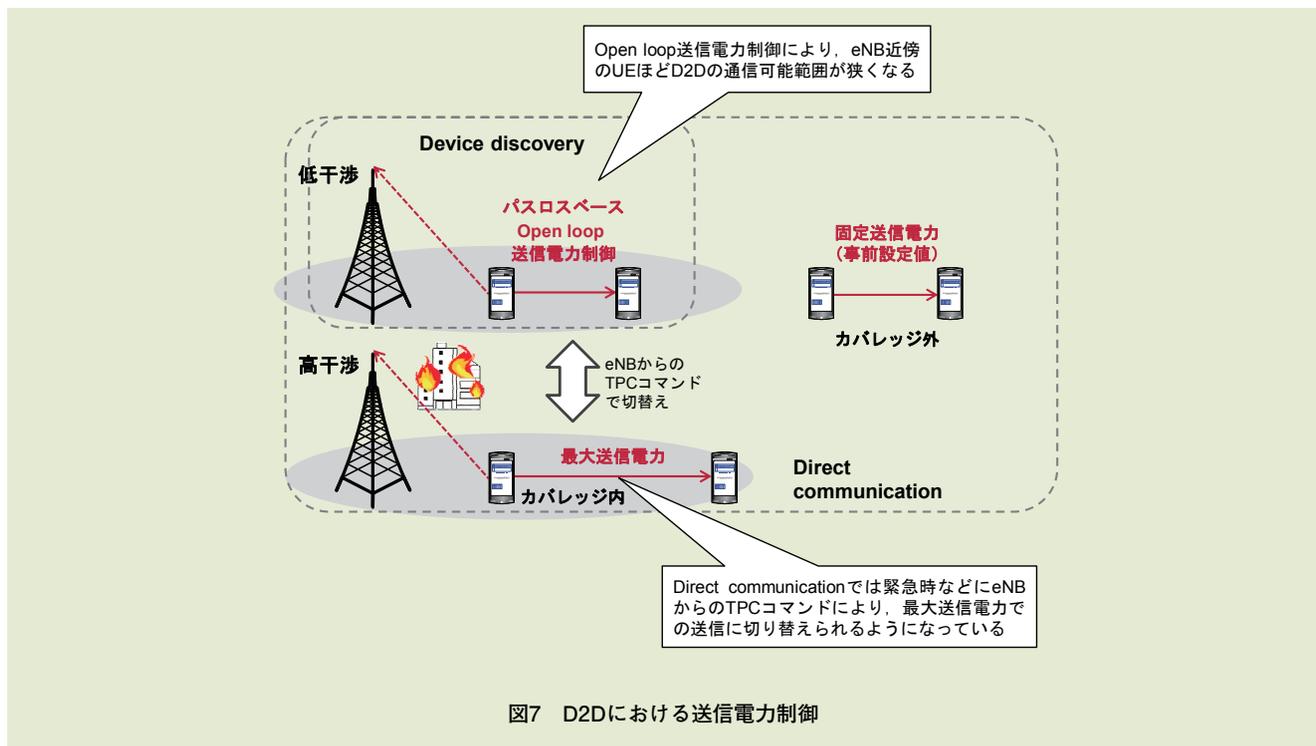


図7 D2Dにおける送信電力制御

\*38 PDCCH：LTEにおける下り制御情報を送信するための物理チャネルであり、各サブフレームの先頭最大3シンボルを用いて送信される。  
 \*39 RRC：無線回線を制御するレイヤ3プロトコル。  
 \*40 シグナリング：端末が無線制御装置および、交換機と通信を行うために必要な制御信号。

\*41 ホッピングパターン：不連続な無線リソースを用いて信号を送信する際の時間・周波数リソースの決定パターン。  
 \*42 時間・周波数ダイバーシチ利得：無線品質の時間的・周波数的な変動を利用して得られる通信品質の改善。

\*43 Open loop送信電力制御：フィードバックを伴わない送信電力制御。

力での送信に切り替えられるようになっている。さらに、米国でPublic safety LTEに利用される予定のバンド（700MHz帯）では、最大31dBm<sup>\*44</sup>まで送信可能なUEが規定されており、従来のUE（最大23dBm）よりも通信範囲を広げることができる。一方でDevice discoveryでは、最適な通信範囲は利用するサービスや地域に依存するため、UEの要求に合わせて最大送信電力を3段階に調整できるようになっている。

#### (4)事業者間Device discovery

Device discoveryを商用用途に用いる場合、他事業者のUEも相互に発見できることが望ましい。そのためUEは他事業者の周波数で送信されているDiscovery messageを受信する必要がある。Release 12ではUEが受信周波数を切り替え、①他事業者の報知情報からのD2D用無線リソース構成の取得、および②他事業者周波数でのDiscovery message受信、を行うことが想定されている。UE自身のセルラ通信を阻害しないよう、このような受信周波数の切替え機会は限定されるため、他事業者UEの検出には遅延が生じることが

予想される。そのためRelease 13で事業者間およびキャリア周波数間Device discoveryの改善が検討される予定である。

## 6. あとがき

本稿ではLTE Release 12仕様で導入されたD2D通信の概要および適用シナリオについて解説した。各国で予定されているPublic safety無線システムのLTE化においてD2D直接通信技術が利用される可能性があり、また近接端末に対する情報配信などのサービスを実現することも可能となる。

LTE Release 13でもPublic safety用の機能を中心にD2Dの拡張が議論されており、D2D通信は多様化するサービス要求に応えるキー技術として、また5Gの無線インタフェースの一部としても期待される。

### 文 献

- [1] 3GPP TR36.843 V1.2.0: "Study on LTE Device to Device Proximity Services; Radio Aspects," 2014.
- [2] 3GPP TR22.803 V12.2.0: "Feasibility study for Proximity Services(ProSe)," 2013.
- [3] T. Doumi, M. F. Dolan, S. Tatesh, A. Casati, G. Tsirtsis, K. Anchan and D. Flore: "LTE for public safety networks," Communications Magazine, IEEE, Vol.51, No.2, pp.106-112, 2013.
- [4] G. Fodor, E. Dahlman, G. Mildh, S. Parkvall, N. Reider, G. Miklós and Z. Turányi: "Design aspects of network assisted device-to-device communications," Communications Magazine, IEEE, Vol.50, No.3, pp.170-177, 2012.
- [5] 3GPP R1-133186: "Typical Public Safety Use Cases, Performance Values, and E-UTRAN Characteristics for D2D ProSe Group Communication," U.S. Department of Commerce, 2013.
- [6] NPSTG Communications Report: "Public Safety Broadband Push-to-Talk over Long Term Evolution Requirements," 2013.
- [7] 3GPP TS23.303 V12.3.0: "Proximity-based services (ProSe); Stage 2," 2014.
- [8] 3GPP TS24.334 V12.1.1: "Proximity-services (ProSe) User Equipment (UE) to ProSe function protocol aspects; Stage 3," 2015.
- [9] 3GPP TS33.303 V12.2.0: "Proximity-based Services (ProSe); Security aspects," 2014.
- [10] 3GPP TS29.343 V12.2.0: "Proximity-services (ProSe) function to ProSe application server aspects (PC2); Stage 3," 2015.

\*44 dBm: 電力P[mW]とすると $10\log(P)$ とした時の値。1mWを基準としたときの相対値 (1mW=0dBm)。