3GPP Release 11　LTE/LTE-Advanced　IMT-Advanced

Technology Reports

LTE/LTE-Advancedのさらなる発展 ―LTE Release 10/11 標準化動向―

LTE/LTE-Advanced高度化技術概要

国際標準仕様策定団体である3GPPにおいて，第3世代移動通信システムからの飛躍的発展をめざしたLTEが2008年に3GPPのRelease 8として仕様化され，その後もさらなる高速・大容量通信を図ったLTE-AdvancedがRelease 10として仕様化された．現在，3GPPではRelease 11仕様を完成させ，Release 12仕様策定にとりかかっている．本稿では，LTE/LTE Advancedの標準化経緯とともに，主要機能の各Releaseでの拡張についてその概要を解説する．

無線アクセス開発部　中村 武宏（なかむら たけひろ）　安部田 貞行（あべた さだゆき）
高橋 秀明（たかはし ひであき）　永田 聡（ながた さとし）

1. まえがき

第3世代移動通信方式として，W-CDMAおよびHSPA（High-Speed Packet Access）[*1]の標準仕様を策定した3GPPは，市場からの要求条件の高まりに対応するために，LTEと称される無線システムを3GPPのRelease 8仕様（以下，Rel.8）として2008年に策定した．その後も3GPPでは，LTEをさらに発展させたLTE-Advanced[*2]を3GPP Release 10仕様（以下，Rel.10）として策定した．しかし，市場からのさらなる性能改善の要求は増すとともに多様化しており，3GPPではその後もLTE-Advancedの機能拡張・高性能化を図るためのRelease 11仕様（以下，Rel.11）を2012年に策定した．本稿ではLTE仕様の発展経緯とともに，Rel.11 LTEまでの各Releaseにおける主要機能の概要を解説する．

2. 3GPP標準仕様策定経緯

3GPPでは1999年にW-CDMAの標準仕様をRelease 99[*3]仕様として策定して以来，市場の要求の高まりに対応すべく，多くの機能を新たなRelease仕様として追加してきた．**図1**に3GPPの仕様策定経緯を示す．すでに世界的に広く採用されているHSDPA（High-Speed Downlink Packet Access）[*4]はRelease 5，HSUPA（High-Speed Uplink Packet Access）[*5]はRelease 6に含まれている．これらW-CDMAおよびHSDPA/HSUPAに関する3GPP仕様は，ITU-R（International Telecommunication Union-Radiocommunication sector）[*6]のIMT-2000（International Mobile Telecommunications-2000）[*7]勧告として盛り込まれている．

3GPPでは，市場の要求の高まりに対応するとともに，競争力のある移動通信システムの実現をめざし，HSDPA/HSUPAから飛躍的に性能向上することができる移動通信システムとして，LTEを2007年末にRel.8仕様として策定した．現在LTEは，日本をはじめ世界的にも商用導入が積極的に進められており，その高い性能が認められている．LTEはその後，主に上位レ

© 2013 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます．

＊1 **HSPA**：W-CDMAのパケットデータ通信を高速化した規格であり，基地局から移動端末への下り方向を高速化したHSDPA（＊4参照）と，移動端末から基地局への上り方向を高速化したHSUPA（＊5参照）の総称である．

＊2 **LTE-Advanced**：3GPPにおけるIMT-Advancedの名称．IMT-Advancedは第3世代移動通信システムであるIMT-2000の後継システム．

＊3 **Release 99**：3GPP仕様のバージョンを示す．Release 99は1999年に最初の標準化仕様として策定された．HSDPA（＊4参照）機能は2005年にRelease 5として追加策定されている．

＊4 **HSDPA**：3GPPで規格化された，W-CDMA方式に基づく下りリンクの高速パケット伝送方式．移動端末の電波受信状況に応じて，変調方式と符号化率を最適化する．

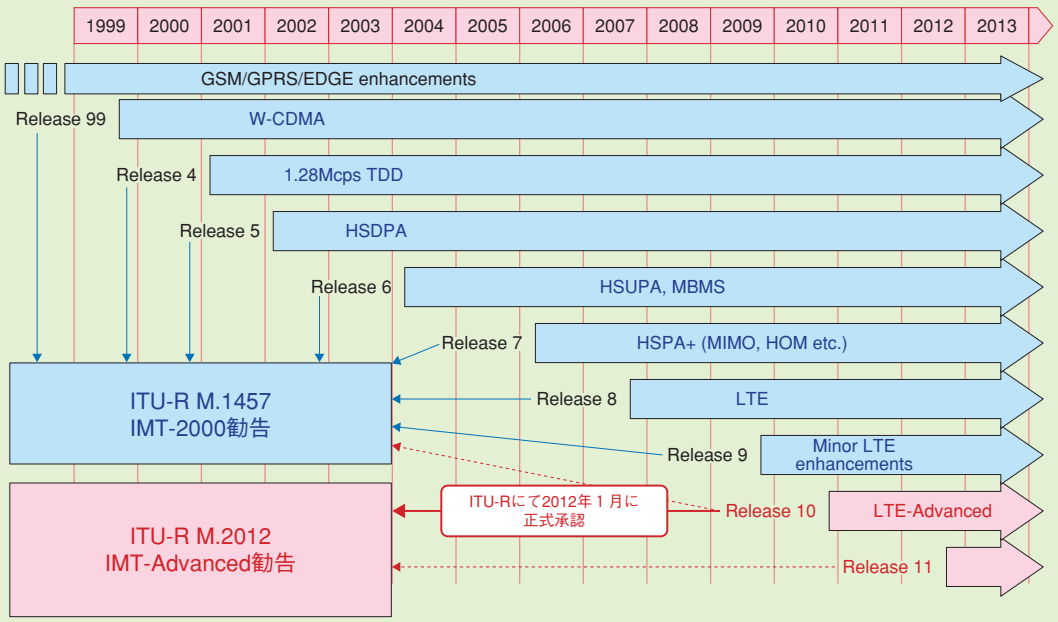

図1　3GPPの仕様策定経緯

イヤにかかわる機能拡張技術が開発され，2009年にRelease 9仕様に盛り込まれた．

3GPPでは市場の要求条件のさらなる高まりとともに，ITU-Rにて標準化が進められていた，真の第4世代移動通信方式であるIMT-Advanced[*8]の要求条件を満たすべく，LTEからのさらなる性能改善・機能拡張を図ったLTE-Advancedの仕様策定を2008年より行い，2011年Rel.10仕様として標準化完了した．LTE-Advancedは，ITU-R IMT-Advancedの候補技術として提案され，ITU-Rでの審議の結果，IMT-Advancedの要求条件を満たすことが認められ，2012年1月にIMT-Advancedシステムの無線インタフェース技術の1つとして正式に承認された．

3GPPではLTE-Advancedの機能拡張として，Rel.11仕様の策定を2012年に精力的に進め，2012年中にほとんどの仕様策定を完了させ，2013年3月には，仕様凍結を宣言するに至った．

3. 各Releaseでの LTE機能拡張

3GPPでは各Releaseにおいて新規機能を追加するとともに，既存機能のさらなる改善技術により機能拡張を図っている．**図2**に主な機能の拡張内容とReleaseとの対応を示す．また，各機能の拡張経緯を以下に述べる．

3.1 広帯域化技術

ユーザスループットの向上を図るうえで，周波数の広帯域化が有効である．W-CDMA/HSDPA/HSUPAでは帯域幅は5MHzであったが，LTEでは初期仕様のRel.8から最大20MHzの帯域幅をサポートしている．Rel.10 LTEでは，バックワードコンパチビリティを確保しつつさらなる広帯域化を図るために，Rel.8 LTEの周波数キャリアを複数束ねて

＊5　**HSUPA**：3GPPで規格化された，W-CDMA方式に基づく上りリンクの高速パケット伝送方式．基地局における電波受信状況に応じて，符号化率，拡散率，送信電力を最適化する．

＊6　**ITU-R**：国際連合の電気通信分野における専門機関であり，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．

＊7　**IMT-2000**：第3世代移動通信システムおよびその高度化システム．ITU-R勧告にまとめられており，現状W-CDMAなどの6つの方式がある．

＊8　**IMT-Advanced**：ITU-Rにおいて，IMT-2000の後継と位置付けられている規格．高速移動時で100Mbit/sを，低速移動時でも1Gbit/sの実現を想定したもの．

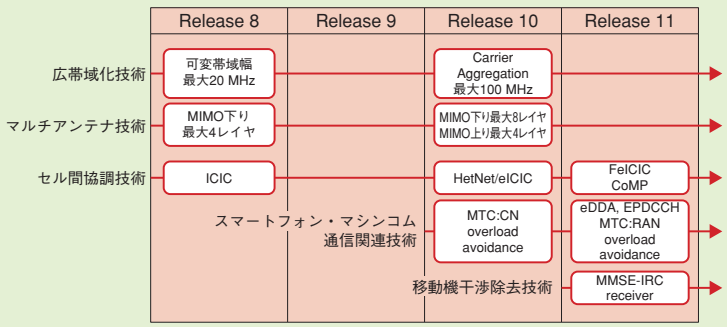

図2　主な機能の拡張内容とReleaseとの対応

使用することができるCarrier Aggregationが採用され，最大帯域幅として100 MHzをサポートしている．

3.2 マルチアンテナ技術

高速化および大容量化を図ることができるマルチアンテナ技術として，LTEでは初期仕様のRel.8から，下り伝送にMIMO（Multiple Input Multiple Output）[*9]が採用された．Rel.8では最大レイヤ数（空間多重可能な送信信号の多重数）は4であった．Rel.10 LTEでは下り最大レイヤ数は8に拡張され，また，上り伝送にも最大4レイヤのMIMOがサポートされた．

3.3 セル間協調技術

セル端性能の改善策として，セル間協調技術が有効であり，各Releaseで積極的に検討された．Rel.8では，セル端にのみセル間周波数繰返しを適用するFFR（Fractional Frequency Reuse）[*10]をベースとした技術であるICIC（Inter-Cell Interference Coordination）が基地局間インタフェースに採用された．Rel.10以降では，送信電力の異なる大セル（マクロセル[*11]）と小セル（ピコセル[*12]／フェムトセル[*13]）をオーバーレイ配置して効率的にシステム容量の改善を図ることのできるヘテロジーニアスネットワーク（HetNet：Heterogeneous Network）構成が注目された．Rel.10では，HetNet構成での容量改善，セル端性能改善を図るために，大セルの送信電力制御[*14]や小セルの在圏セル判定制御を採用したeICIC（enhanced ICIC）がサポートされた．Rel.11では，大送信電力セルからの参照信号を，小セルに接続する移動機でキャンセルすることで干渉電力低減を図ることができるFurther enhanced ICIC（FeICIC）がサポートされた．

さらに，複数基地局間で協調して送受信制御を行うCoMP（Coordinated Multi-Point transmission/reception）がRel.11で新たに採用された．CoMPでは，移動機が最適な基地局を高速に選択できるように基地局間協調する技術や，セル端移動機への送信時に，隣接基地局からの送信を止めて干渉低減を図ることができる技術が採用されている．

3.4 スマートフォン・マシンコム関連技術

人を介さない装置間での通信サービスの需要が高まっており，3GPPでもMTC（Machine Type Communication）と称して検討されている．河川の水位センサのように，多くの装置からの通信が一斉に発生するような場合でもシステムの輻輳[*15]を避けるための機能がCN（Core Network）/RAN（Radio Access Network）overload avoidanceと称してサポートされた．また，MTCやスマートフォンの普及に伴い，極めて多くの端末の通信が想定され，その場合には下り制御チャネル（PDCCH：Physical Downlink Control CHannel）[*16]容量の不足が懸念される．そこで下り制御チャネル容量を増やすために新規下り制御チャネルEPDCCH（Enhanced PDCCH）としてRel.11仕様で定義した．

さらに現在のスマートフォンの普及拡大に伴い，さまざまな種類のデータトラフィックを扱う必要が生じている．ネットワークがそれに適切に対応するための検討がDDA（Divers Data Application）[*17]と称し

＊9 **MIMO**：同一時間・周波数において，複数の送受信アンテナを用いて信号の伝送を行い，通信品質および周波数利用効率の向上を実現する信号伝送技術．
＊10 **FFR**：セル端UEに対して異なる周波数帯域を割り当てる制御方法．
＊11 **マクロセル**：主に屋外をカバーする半径数百メートルから数十キロメートルの通話エリア．通常，鉄塔上やビルの屋上などにアンテナが設置される．
＊12 **ピコセル**：半径数十メートル以下で，主に屋内に構成されるセル．
＊13 **フェムトセル**：家庭内や小規模店舗をカバーする半径数十メートル程度の極めて小さいエリア．
＊14 **送信電力制御**：受信機で通信品質，パケット誤り率などを測定し，TPC（Trasmission Power Control）bitと呼ばれる情報bitを送信元に通知することで，信号の品質を一定に保つ送信電力制御．
＊15 **輻輳**：通信の要求が短期間に集中してネットワークの処理能力を超え，通信に支障が発生した状態．
＊16 **下り制御チャネル（PDCCH）**：下りリンクにおける物理レイヤの制御チャネル．
＊17 **DDA**：さまざまな種類のデータトラフィックをネットワークが対応するための制御方法．

て進められ，Rel.11では特に移動機の電力消費の最適化を目的とし，移動機から電力消費低減の必要性をネットワークに通知する機能（eDDA：enhanced DDA）が追加された．

3.5 移動機干渉除去技術

移動機側での受信特性の改善をめざし，他セル干渉を抑圧する干渉抑圧合成（IRC：Interference Rejection Combining）[*18]受信器を前提とした移動機受信性能要求条件がRel.11仕様に規定された（MMSE（Minimum Mean Squared Error）[*19]-IRC）．MMSE-IRC受信器では，他セルから到来する干渉信号を考慮した受信ウェイト[*20]を生成することにより，空間自由度[*21]に応じて他セル干渉を効果的に抑圧することが可能となる．

3.6 その他主要機能

本稿では詳細は割愛するが，以下の機能についてもLTEの各Releaseで機能拡張が図られている．

①HeNB（Home eNode B）：市場ではフェムトセルと称して世界的に導入が期待されている小送信電力LTE基地局．Rel.8から仕様化．

②SON（Self-Organizing Network）：通信事業者のCAPEX（CAPital EXpenditure）[*22]/OPEX（OPerating EXpense）[*23]の削減を図るために，自動でシステムを構成もしくは最適化する機能．Rel.8から仕様化．

③MDT（Minimization Drive Test）：サービスエリア品質管理のために主にオペレータが行っている走行テストでの品質測定・記録機能とその測定結果をNWに通知する機能を移動機に盛り込むことで，オペレータの品質管理コストを低減することを目的とした機能．Rel.10から仕様化．

④eMBMS（enhanced Multimedia Broadcast Multicast Service）：3Gシステムで仕様化されているMBMSのLTE向け機能．Release 9から仕様化．

⑤Relay Node: カバレッジの効率的拡張を図ることを目的とした中継ノード．既存のレピータ[*24]と異なり，物理レイヤだけでなく上位レイヤまで終端した再生中継ノード．Rel.10から仕様化．

4. あとがき

本稿では，3GPPでのLTE/LTE-Advancedの標準化経緯，および，その主要機能の各リリースでの機能拡張の概要について述べた．3GPP最新仕様であるRel.11の主要機能として，HetNet関連技術，スマートフォン・マシンコム関連技術，移動機干渉除去技術，M2M輻輳対策技術，VoLTEローミング技術については，その詳細が本巻に引きつづき，述べられているので参照いただきたい[1]～[5]．

文　献

[1] 岸山，ほか：“LTE/LTE-Advanced高度化におけるヘテロジーニアスネットワーク容量拡大技術，” 本誌，Vol.21，No.2，pp.10-17，Jul. 2013.

[2] ウリ，ほか：“LTE/LTE-Advanced高度化におけるスマートフォン・マシンコム通信向け無線システム最適化，” 本誌，Vol.21，No.2，pp.18-25，Jul. 2013.

[3] 寒河江，ほか：“LTE Release 11仕様における移動機干渉除去技術の高度化，” 本誌，Vol.21，No.2，pp.26-29，Jul. 2013.

[4] 笹田，ほか：“M2M通信コアネットワーク基盤と輻輳対策技術，” 本誌，Vol.21，No.2，pp.30-34，Jul. 2013.

[5] 田中，ほか：“VoLTEローミング・相互接続の標準技術，” 本誌，Vol.21，No.2，pp.35-39，Jul. 2013.

＊18 **干渉抑圧合成（IRC）**：干渉信号の到来方向に対して，アンテナ利得の落込み点を作り干渉信号を抑圧する方法．

＊19 **MMSE**：最小平均2乗誤差法．受信した信号に対し，算出したウェイトをかけることで，他信号からの干渉を抑圧する方法．

＊20 **受信ウェイト**：複数の受信アンテナにより受信した信号を合成・分離するために必要な振幅および位相の変動量．

＊21 **空間自由度**：アンテナ数を増加することによって得られる信号処理／分離能力．

＊22 **CAPEX**：設備投資のために支出する金額．

＊23 **OPEX**：事業を運営するために支出する金額．

＊24 **レピータ**：基地局からの下り受信信号を電力増幅して移動局への送信を行う物理層の中継機器．