
IoT eラーニング

モバイル通信

(3G、LTE、4G、5G)

国立大学法人 琉球大学

目次

- 3G
- LTE
- 4G
- 5G

第3世代移動通信システム 3G(3rd Generation)

- 第3世代移動通信システム

- 国際電気通信連合 (ITU) が定める「IMT-2000」 (International Mobile Telecommunication 2000) 規格に準拠した通信システムのことを指す。

- 通信方式

- W-CDMA方式 (日本)、UMTS方式 (欧州) : NTTドコモ(FOMA)やソフトバンク (SoftBank3G)、ワイモバイル(ULTRA SPEED)が採用している。
- CDMA2000方式 : KDDI・沖縄セルラー電話連合(au)(CDMA1X WIN)が採用している。

- 標準化の経緯

- ITUにおける3G標準化の検討は1985年に開始され、高速なデータ通信、テレビ電話などのマルチメディアサービスの利用が可能となるよう、「新バンド(2000MHz帯)」の運用で「2000kbpsのデータ転送速度」を「2000年に商用化」とするという願いを込めて「IMT-2000」と称された。

- IMT-2000規格

- 1999年に勧告された地上系無線方式として、IMT-DS、IMT-MC、IMT-TC、IMT-SC、IMT-FTの5つがある。
- 通信速度は、144kps（高速移動時）、384kbps（低速移動時）、2Mbps（静止時）が規定され、2007年には、IEEE802.16eの派生型であるOFDM TDD WMANが追加された。

LTE(Long Term Evolution)

- 概要

- W-CDMAやCDMA2000等の第3世代携帯電話 (3G) と、第4世代携帯電話 (4G) との間の中間過渡期な技術である。
- 仕様は標準化団体である3GPPの3GPP Release.8内で2009年3月に策定された。
- 下りはOFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access 直交周波数分割多元接続)、上りはSC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access シングルキャリア周波数分割多元接続) を採用している。
- 20MHz幅でピークデータレートが下り方向100Mbps以上、上り方向50Mbps以上の通信速度を要求条件として仕様策定が進められた。
- 3Gと同じ周波数帯域を使用し、帯域幅は1.4、3、5、10、15、20MHzを選択して使用できる。

• 概要

- 伝送遅延、待ち受けからの通信状態への遅延（接続遅延）を以前の通信規格に比較して低減するような技術が盛り込まれている。
- 無線パケット通信のみをサポートし、音声の通信はVoIPでサポートされる。これを、Voice over LTE、略してVoLTEと称する。
- 既存の2G及び3G（GSM、W-CDMA、CDMA2000、HSPA、EV-DO）とのハンドオーバーをサポートしているため、LTEサービス立ち上がり当初に問題となるエリアの狭さを既存の2Gや3Gで補うといった事も可能である。
- 「Long Term Evolution」の名称通り、3Gを「長期的進化・発展」させることで、スムーズに4Gに移行出来るようにする、いわば橋渡し（中継ぎ）的な役割

・概要

- 3Gと4Gの中間の技術であることから、第3.9世代携帯電話 (3.9G) と呼ばれる場合もある。
- 2010年12月6日に国際電気通信連合はLTEを4Gと呼称することを認めたため、マーケットでは呼称にばらつきが見られる。
- この規格は当初NTTドコモがSuper 3Gという名称でコンセプトを含めた提唱をしていた。このためドコモでは長らく「Super 3G」と呼んでいたが、2009年頃からは「LTE」と呼んでおり、その後、2016年秋頃からは「4G」とも呼んでいる。
- 3Gは、W-CDMAと、CDMA2000と言うCDMA方式が先行し、特許使用料も高かったために世界市場への普及が遅れた。
- 世界中で使える高速通信可能で低遅延な携帯電話を低価格の特許で実現すべく、3GPPでLTEの標準化が携帯電話通信事業者と機器メーカーの主導で進められた。
- 3Gでの周波数帯内で将来4Gで採用される予定の先進の通信技術を取り込み、現在使われているW-CDMA、HSPA、CDMA2000、EV-DOといった通信規格との後方互換性には配慮していない。

- 要素技術

- 周波数帯域幅 : 1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHzから選択 (最大20MHz)
- データ変調方式 : QPSK、16QAM、64QAMのいずれか (上り方向では64QAMはオプション)
- 多重化方式 : FDDの場合、OFDMA (下り) / SC-FDMA (上り) 上りでは単一搬送波を使う SC-FDMAの採用により、電力消費量の削減を考慮した。
- 全二重化モード : FDDまたはTDD
- 経路多重化 : (基地局アンテナ×端末アンテナ) 1×2, 2×2, 4×2, 4×4 MIMO
- MIMO: Multi Input Multi Output の略で、送信アンテナと受信アンテナを複数本使って通信を行う無線通信技術。

第4世代移動通信システム 4G(4rd Generation)

- 概要

- 第4世代移動通信システムとは、国際電気通信連合 (ITU) が定めるIMT-Advanced規格に準拠する無線通信システムのことである。
- 英語: 4th Generationで「4G」と略記される。LTE、WiMAXそれぞれの後継規格であるLTE-AdvancedとWirelessMAN-Advanced (WiMAX2) が該当する。
- IMT-2000の後のシステム進化はBeyond 3G (B3G) などとも呼称されていたが、ITUではこれを第3世代移動通信システム (3G) の発展型としてIMT-Advancedと名付け、第4世代システムと定義した。
- 特徴としては、50Mbps - 1Gbps程度の超高速大容量通信を実現し、IPv6に対応し、無線LANやWiMAX、Bluetoothなどと連携し固定通信網と移動通信網をシームレスに利用できるようになる点がある。

• 概要

- 通信スピードが超高速化される代わりに、第3世代移動通信システムで使用している2GHz帯より高い周波数帯を用いる。
- 高い周波数帯は、電波伝搬特性によりサービスエリアが狭くなってしまうことや、電波の直進性が高いことにより屋内への電波が届きにくい。
- 通信速度の高速化はシャノン=ハートレーの定理により高消費電力も招きうるものであるため、モバイル環境での電源容量の確保も技術的な課題となっている。
- ITUが規定する IMT-Advanced の基準を満たす厳密な4G規格はLTE-AdvancedとWiMAX2の二つのみである。
- 3.9Gに相当するLTEやWiMAX、あるいは3.5Gに相当するHSPA+などもマーケティング的に「4G」と呼称されることがある。
- そのためITUは市場の混乱を避けることを名目に2010年12月6日にLTEやWiMAX、さらにはHSPA+などの3Gを発展させた規格も「4Gと呼称してよい」とする声明を発表した。

・ 国内メーカーの現状

- ソフトバンクモバイルがWireless City PlanningのMVNOとして提供する「SoftBank 4G」はAXGP(TD-LTE)規格によるいわゆる3.9G規格であり、IMT-Advancedに準拠した4Gではない。
- その後、割当帯域のうち、制限が付いて使用が出来なかった10MHz幅の帯域を使用することになり、既存の帯域との2波に束ねて使用する形が必要となったため、キャリア・アグリゲーションを行うことになり、これを以てようやく厳密な意味での4Gとなった。
- KDDI (au) は、3.9G規格である LTE (FDD) サービスを「au 4G LTE」と呼称していたが、キャリア・アグリゲーションを採用したサービスである、「au 4G LTE CA」が開始されることになり、この時点で厳密な意味での4Gサービス開始となった。
- UQコミュニケーションズは、WiMAX 2+の前身規格であるモバイルWiMAXの帯域を削って、キャリア・アグリゲーションを行ったことによって、厳密な意味での4Gサービス開始となった。
- NTTドコモの「PREMIUM 4G」は、名実ともに第4世代規格を指し、第3.9世代はXiとして区別される。

第5世代移動通信システム 5G(5rd Generation)

• 5Gとは何か？

- 5Gは、4Gより高速化・大容量化を加速するだけでなく、「IoTの普及に必須となるインフラ技術」であり、すでに世界的にIoTの普及に向け動き出している。
- 従来の情報通信のネットワークは、PCや携帯電話、スマートフォンなどモバイル端末までで閉じていた。
- IoT社会では、家庭内の家電やスマートメーター、自動車にまで広げ、さまざまな情報を統合し、あるいは人工知能などを用いることで、交通管理や医療の格差解消、効率のよいエネルギー管理を行う。
- そうしたシステムを実現するための法整備を行ったり、新たな政策を打ち出したり、テクノロジー活用を模索する動きが始まっている。
- 現状、3G/4Gで接続できる台数はおよそ150億台と試算されている。
- しかし、もうすでに携帯電話は世界で約90億台であり、IoTで接続したい機器が増えていくことに対応するために、「5G」が必須となる。

- 5Gの特徴

- 5Gの方式はまだ正式には固まっていないが、世界の共通認識となっている5Gのユースケースを考慮すると、求められる要件としては以下のようなものが考えられている。
- 高速・大容量化：1000倍のトラフィック量への対応、10Gbps以上の速度の達成
- 接続可能端末数：現状の100倍以上の端末接続のサポート
- 超低遅延、超高信頼性：1MS（ミリ秒）以下の伝送遅延、99.999パーセントの信頼性
- 省電力、低コスト

- 5Gに必要な要素技術

- 高い周波数の利用

従来、移動通信に用いられなかった高周波数帯を利用することで、より広帯域を使えるようになり、通信の高速化が可能となる。

周波数を上げるに従い、電波の直進性が強くなり、通信可能エリアが狭くなる。

3G/4Gでは障害物があっても、障害物に反射して到達することができるのだが、直進性が非常に強くなると、障害物により電波が途切れてしまう。

これらの問題に対して、通信ネットワークとして実用化する技術の開発が進められており、実証実験により検討されてる。

- 5Gに必要な要素技術

- 超多素子アンテナ技術

MIMO (multiple-input and multiple-output) と呼ばれる方式で、送信機側と受信機側の双方で複数のアンテナ素子を使う。

複数のアンテナ素子から同じ周波数を用い、同時に信号を送信することで、使用する周波数帯域は増やさずに通信を高速化する

MIMOはすでにLTE/LTE-Advancedに使われている方式だが、5Gに向けさらに多重性を向上し、高速化・大容量化の技術の開発が進められている。

• 5Gの今後

- 現在、ITUで5Gの技術性能要件や評価基準が取りまとめられており、2019年にかけて5G無線インタフェースの提案を受け付け、2019年終わりから2020年にかけて5Gの国際標準仕様を勧告する。
- 5Gはモバイルブロードバンドだけの規格ではなく、社会のスマート化のベースになるインフラ技術で、さまざまなデバイスがつながり、多様な使用シーンが含まれてくる。
- LPWA（Low Power Wide Area）はIoT向けのインフラと目され、データ量の少ない、けれども頻繁な通信に特化し、低消費電力、低コストな通信ネットワークを可能とする。