

第5世代移動通信システム（5G）の世界

Era of 5th generation mobile system (5G)

篠永 英之*

1. はじめに

第5世代移動通信システム（5G）は、2020年、我が国で商用開始される。本稿では、移動通信システム発展の歴史を振り返った後、5Gの特徴、実証実験例、5G ネットワーク・技術・運用の概要、5G 展開に伴う移動通信システムの利用周波数帯、5G への新規周波数割り当て、および、5G IoT (Internet of Things)の展開について概説する。

2. 移動通信システム発展の歴史

図1に移動通信システム発展の歴史を示す。1980年代、自動車電話システムとして登場した第1世代はアナログ電話信号のみを扱うもので、数年後には携帯端末を主とするシステムへと発展した。90年代には、デジタル方式の第2世代に進化した。情報が暗号化され、パケット通信がデータサービスに供されて、ビジネスに

安心して利用できるシステムとなった。ただし、通信方式は各国でばらばらな状態であった。2000年代に商用開始された第3世代は、3GPP (Third Generation Partnership Project)、および、3GPP2 という日米欧中韓プロジェクトチームによる国際標準システムで、低廉化が進み、一人一台の携帯端末を所有する時代を迎えた。2010年代に商用開始された第4世代では、電話回線を交換機で接続する回線交換が廃止され、音声、データをパケットにより伝送するシステムに変革した。高速パケット通信によりスマートフォンへ全サービスが統合的に提供される時代となった。2020年に商用予定の第5世代（5G）は、当初は第4世代と連携した運用での高速通信の提供から始まる。超低遅延が必須の車の自動運転支援、工場等での利用、多数の物をインターネット接続する 5G IoT 新サービスは5年程度後の 5G 普及期から、順次、登場するものと思われる。

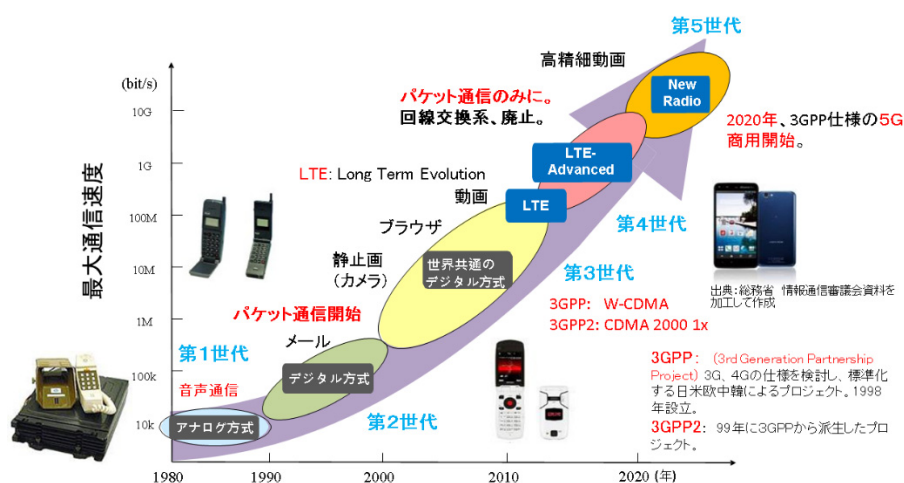


図1 移動通信システム発展の歴史

3. 5G の特徴

図2に5Gの特徴を示す。三角形の頂点に三大特徴、1) 超高速、2) 超低遅延、3) 多数同時接続を示した。5Gは、これらの特徴を全ての通信で同時に提供するのではなく、必要な機能をサービス毎に、適宜、提供する点が大きな特徴である。三角形の中には5Gで提供されるサービスが、三大特徴の内、どの特徴を主に利用するかが分かるよう配置されている。因みに、都市部での一般端末の通信速度は、基地局から端末方向で100 Mbit/s、逆方向で50 Mbit/s程度が想定されており、4Gの数倍程度の見込みである。また、標準化を担当する前述の3GPPでは、通信サービスを、1) 通信速度を保証し、更に、超低遅延を保証するサービス、2) 通信速度のみを保証するサービス、3) 通信速度を保証しないサービス、の3種類に大分類し、更に、サービスグレードを細分化して、様々なサービスに5Gを柔軟に適用できるよう仕様化を推進している。4Gでは回線が混雑していない時は高速、混雑時は低速と上記分類では3番目に属するサービスが主に提供されていることと比較すると、通信品質の細分化、新たな高品質通信の提供が大きな特徴である。

4. 5G 実証実験例

5Gに関しては、企業・国の研究機関等での研究開発の他、企業独自あるいは総務省主導の通信実験、実証実験が継続して実施されている。ここでは総務省主導の実証実験の一部について紹介する。総務省では前節で挙げた5Gの三大特徴を生かした利用形態を検討し、様々な企業・組織が総務省の指導の下、実証実験を進めている。図3に、5Gの超高速性を生かした高精細・高臨場感を達成する映像コンテンツ伝送に関する実証実験例を示す。Googleのような端末を使用して仮想現実世界を映すVR (Virtual Reality)や、実空間内に仮想的な像を重ねるAG (Augmented Reality)はイベント会場等での早期の普及が予想される。また、サッカー、野球場等で多地点映像を専用端末に配信する等、高機能なスタジアムソリューションの普及も期待される。その他の実証実験としては、工場で超高速通信を適用した産業ロボットの制御、駅構内での通訳アプリ、および、危険物自動認識システムの検証、自動車の安全運航支援システムの実証等、数多くの実証実験が現在も進められており、早期の商用化が待たれる。

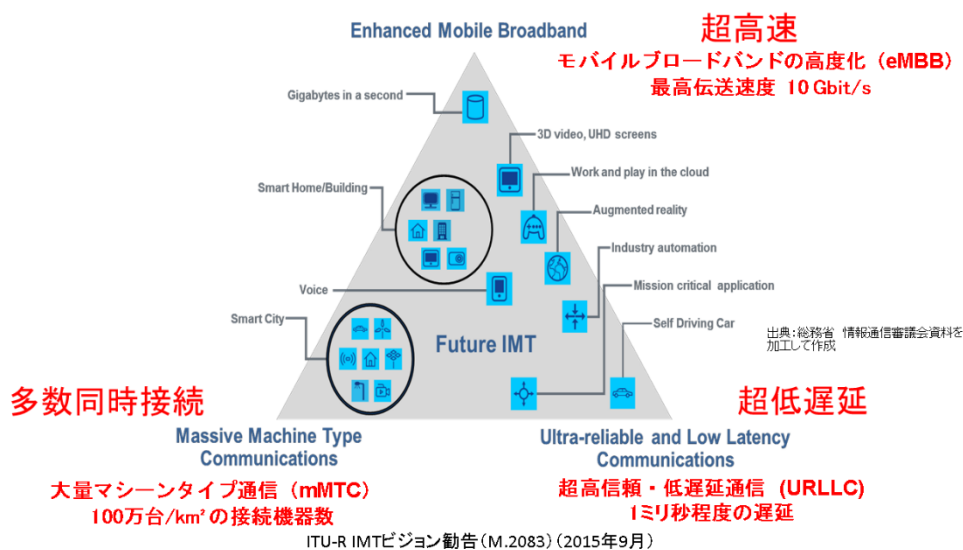


図2 5G の特徴



図3 高精細・高臨場感の映像コンテンツ伝送

5. 5G ネットワーク・技術・運用の概要

図4に5Gネットワーク構成を示す。5G初期の大きな特徴は、800 MHz帯、2 GHz帯の既存周波数帯域でLTE (Long Term Evolution) 等の4Gを広域エリア(マクロセル)で運用し、3.7, 4.5 GHz帯、および、28 GHz帯で5Gの新たな無線方式(NR: New Radio)を狭域(スモールセル)あるいは超狭域(スポットセル)で導入することにある。無線LAN規格であるWi-Fi(Wireless Fidelity)は5G時代にも併用される。また、超高速化を実現するため、4Gで使用されているOFDM(直交周波数分割多重: Orthogonal Frequency Division Multiplexing)と呼ばれる無線通信方式の1無線チャンネル当たりの帯域幅を最大5倍程度に拡大する。更に、ミリ波と呼ばれる超高周波である28 GHz帯でOFDM適用を促進する新たな技術が導入される。一方、多数端末への超高速通信を同時に実現するため、大多数のアンテナ素子を実装した平面アンテナを基地局に設置し、複数アンテナを実装した複数の端末向けに超高速通信を実現する大規模MIMO(Massive Multiple Input Multiple Output)と呼ばれる技術の商用導入が予定されている。運用に関しては、前述の通り、初期の5Gは4Gと共存・連携する。使用周波数が高いため、当初の5Gサービスエリアは比較的狭い。そのため、5G端末の通信制御は、広域に電波が届く4Gの電波で行う。この方式は、制御信号(control

signal)とユーザーデータ(user data)の分離、C/U分離、と呼ばれている。5G普及には5年程度かかると考えているが、普及期には新たなネットワーク技術も導入される。一つはネットワークスライシングと呼ばれる技術で、共通のネットワークリソース上で、種々のネットワーク機能を分離して運用・管理する。その結果、複数サービスを相互に分離、独立展開が可能となり、柔軟性が生まれる。もう一つは、モバイル・エッジ・コンピューティングと呼ばれる技術である。4Gでは、種々のサービスを提供するサーバーはユーザーから離れた場所にクラウドサーバーとして設置されており、超低遅延を求めるサービスには向いていない。5Gの特徴の一つである超低遅延を活かしたサービスには、通信遅延を小さく抑えることに加えて、サーバー等による遅延を最小化することが必須となる。モバイル・エッジ・コンピューティングでは、特定サービス向けサーバーをユーザー近くに配置し、車の自動運転支援、自動車への危険信号配信等、超低遅延が必須な新たなサービス実現に貢献する技術となる。

- 周波数帯: 800 MHz、2 GHz等の既存周波数帯に加え、3.7, 4.5 GHz帯や28 GHz帯を利用。
- 無線技術: NR(New Radio: 5G無線)、LTE、Wi-Fi等。

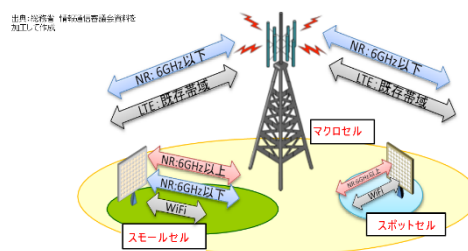


図4 5G ネットワーク構成

6. 5G 展開に伴う利用周波数帯

図5に5G展開に伴う利用周波数帯を示す。5G初期段階では5Gは4Gと連携して運用される。4Gは、現在、LTE、および、LTE-Advanced(高度化LTE)が、プラチナバンドと呼ばれ広域移動通信システムに最適な700, 800, 900

第5世代移動通信システム(5G)の世界
Era of 5th generation mobile system (5G)
篠永 英之

MHz 帯、および、1.5、1.7 GHz 帯、2 GHz 帯、3.5 GHz 帯の既存周波数帯域で運用されている。主要携帯3社には各社250 MHz程度の周波数帯域幅が割り当てられており、全国で1億7000万台程度の端末が運用されている。5Gでは主要携帯3社に加えて楽天モバイルの4社に、3.7、4.5 GHz 帯で200ないし100 MHzが、ミリ波である28 GHz 帯で400 MHzが新規に割り当てられた。主要携帯3社の既存周波数帯域幅と比較して、2倍以上の帯域幅が5G用に各社に割り当てられたこととなり、超高速、大容量通信の早期提供が期待される。5G初期は4Gに通信制御信号の伝送を任せるNSA(Non-Standalone)形態での運用となる。2025年頃と思われる5G普及期には、既存周波数帯で5Gが導入され、5Gのみで運用するSA(Standalone)形態が一般的となる。その時点で、5Gの大きな特徴である超低遅延、多数同時接続を生かした新たな魅力あるサービスが開始されるものと思われる。

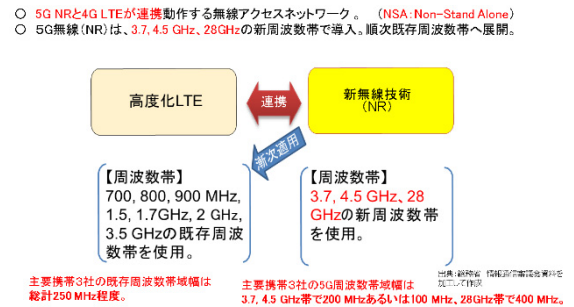


図5 5G展開に伴う利用周波数帯

7. 5G新規周波数割り当て

今般の5G新規周波数割り当てに際して、総務省は、全国の5G対象地域を約4,600の10 km四方のメッシュに分割し、1)5年以内に50%以上のメッシュ内に5G高度特定基地局を整備すること、2)2年以内に全都道府県で5Gを開始することを条件とし、申請を募った。また、日本では格安スマホと呼ばれている仮想移動体通信事業者(MVNO: Mobile Virtual Network Operator)への回線貸し出し計画を重点評価することとした。表1に、各社の希望周波数帯域幅、サービス開始時期、設備投資額、5G基盤展開率、

表1 5G新規周波数割り当てへの各社の申請結果

○ 2019年1月から2月まで、5G特定基地局開設計画認定申請に、4者から申請。

出典：総務省 報道資料を加工して作成

申請者(50音順)	NTTドコモ	KDDI/ 沖縄セルラー電話	ソフトバンク	楽天モバイル
希望周波数帯域幅(枠数)				
① 3.7、4.5 GHz帯 【100 MHz×6枠】	200MHz(2枠)	200MHz(2枠)	200MHz(2枠)	100MHz(1枠)
② 28 GHz【400 MHz×4枠】	400MHz(1枠)	400MHz(1枠)	400MHz(1枠)	400MHz(1枠)
サービス開始時期	2020年春	2020年3月	2020年3月頃	2020年6月頃
特定基地局等の設備投資額	約7,950億円	約4,667億円	約2,061億円	約1,946億円
5G基盤展開率	97.0%(全国)	93.2%(全国)	64.0%(全国)	56.1%(全国)
特定基地局数				
① 3.7 GHz帯及び4.5 GHz帯	8,001局	30,107局	7,355局	15,787局
② 28 GHz帯	5,001局	12,756局	3,855局	7,948局
MVNO数/MVNO契約数	24社/850万契約	7社/119万契約	5社/20万契約	41社/70.6万契約

※ 設備投資額、5G基盤展開率、特定基地局数及びMVNO数/MVNO契約数については、2024年度末までの計画値。

特定基地局数、MVNO 提供計画を示す。特定基地局とは、前述のメッシュ内に設置される 5G 高度特定基地局と光ファイバ接続された 5G サービス提供用基地局で、比較的サービスエリアが広い 3.7, 4.5 GHz 帯とサービスエリアが狭い 28 GHz 帯に分けて整備計画を示すことが求められた。通信会社の戦略の違いから、設備投資額、基地局数等に大きな相違があることが分かる。2019 年 4 月、総務省は審査の結果、3.7, 4.5 GHz 帯でドコモ、KDDI に 200 MHz、残り 2 社に 100 MHz、28GHz 帯では各社 400 MHz の割り当てを決定した。現在、各社は 5G 基地局、関連設備・施設の建設を急ピッチで進めている。

8. 5G IoT の展開

物をインターネット接続しサービス利便性を向上させる IoT が脚光を浴びており、既に、4G を使用したサービスが通信会社や事業会社により提供されている。4G IoT には、1) 中低速移動する端末に 1 Mbit/s 程度の通信速度を提供する eMTC (Enhanced Machine Type Communications)、別称、LTE-M と、2) 固定端末への数 10 kbit/s 程度の低速通信に特化した NB-IoT (Narrowband - Internet of Things) が運用されている。5G では、4G IoT を高度化し、1 km 四方当たり 100 万台の機器との同時接続を達成すると共に、電池交換が困難な壁の中や土中の端末とも電池交換無しで 10 年間通信可能なシステムの提供を目標として 3GPP は標準化を推進している。このような高度化された 5G IoT は 2025 年頃に普及期に入ると思われる。現状では想像困難な新たな利便性が実現され、家庭内を含む様々なシーンでの導入が期待される。また、LPWA (Low Power Wide Area) と呼ばれる LoRaWAN, SIGFOX, Wi-SUN が日本では 920 MHz 帯で運用されている。これらは電波免許不要な周波数を使用した IoT であり、相互の干渉調整はできない。5G IoT 等の移動通信システム系

IoT と LPWA のすみ分けが、今後、進むものと思われる。

9. まとめ

本稿では、2020 年、商用開始される 5G について概説した。1) 5G の三大特徴は超高速、超低遅延、多数同時接続で、超高速を生かしたサービスが先行導入され、後者の 2 特徴を生かした新サービス展開は数年待たれること、2) 5G 当初は 4G と連携した運用で、5G 端末は 4G 回線で通信制御されること、3) 5G 用に携帯各社に新規に割り当てられた周波数帯域幅は現状の 2 倍以上で、超高速、大容量化が期待されること、4) IoT に関しては 4G IoT を高度化した 5G IoT が数年後に順次展開され、家庭内を含め、様々なシーンで利便性の高い新たなサービスが期待されること等について述べた。

参考文献

1. 総務省 情報通信審議会 新世代モバイル通信システム委員会 会議資料
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/5th_generation/index.html
2. 総務省 報道資料 第 5 世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設計画の認定
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000378.html
3. 服部 武、藤岡 雅宣、5G 教科書 LTE/IoT から 5G まで、インプレス、2018/09、ISBN 9784295003779.