

第5世代移動通信システムの標準化

岩根 靖* 長谷川文大***
 長谷川史樹* 小崎成治**
 福井範行**

Standardization Trends and Activities on 5th Generation Mobile Communication System

Yasushi Iwane, Fumiki Hasegawa, Noriyuki Fukui, Fumihito Hasegawa, Seiji Kozaki

要 旨

移動通信トラフィックの世界的な増大とIoT(Internet of Things)時代の多種多様なニーズに応えるため、高速大容量・多数同時接続・超高信頼低遅延を実現する第5世代移動通信システム(5G)の国際標準化が進められている。

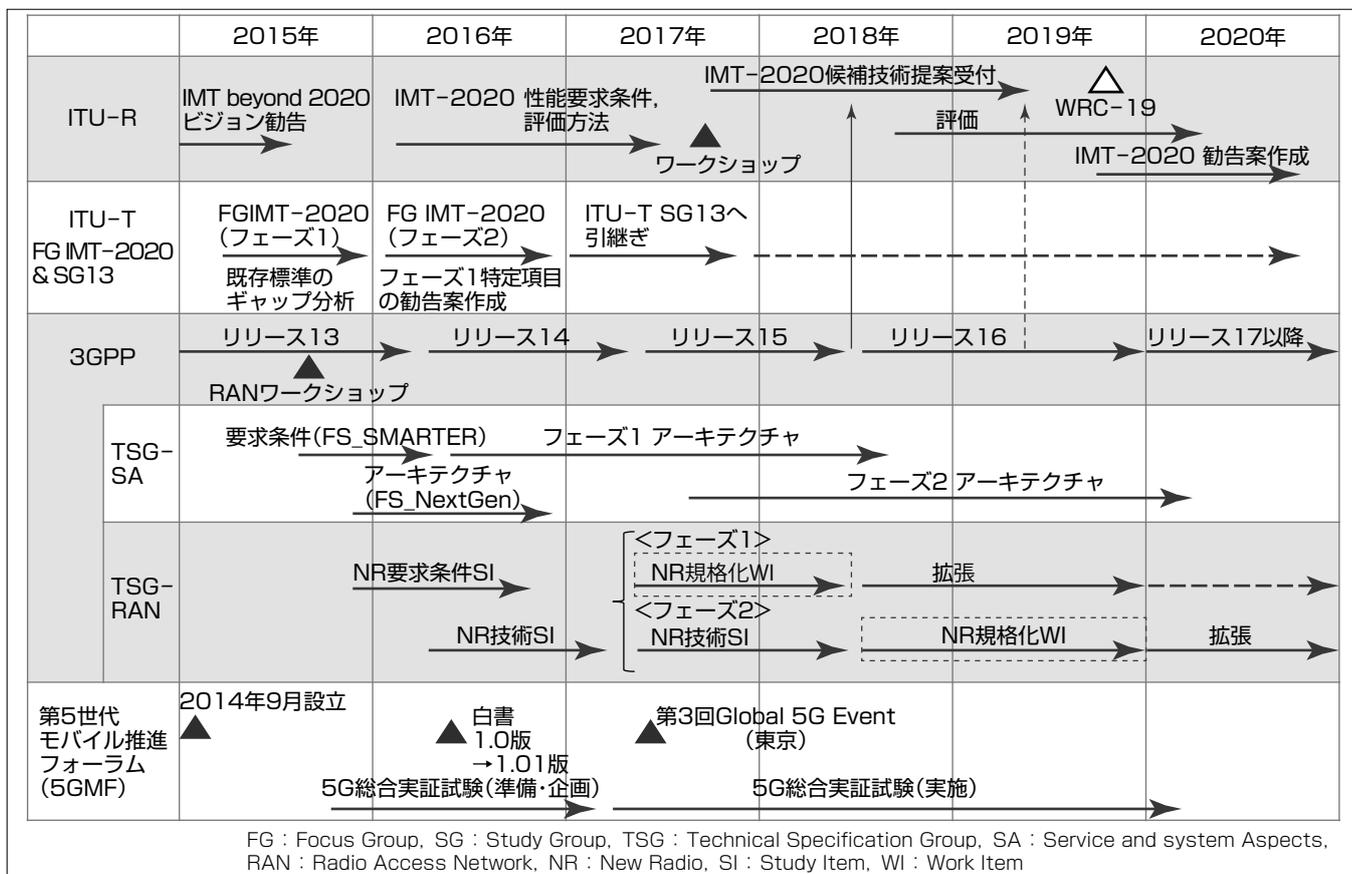
ITU-R(International Telecommunication Union Radiocommunication sector: 国際電気通信連合無線通信部門)は、5Gに相当するIMT-2020(International Mobile Telecommunications-2020)の無線インタフェース技術勧告案を2020年秋に完成させる予定である。また、2019年の世界無線通信会議(WRC-19: World Radiocommunication Conference 2019)で24.25~86.00GHzの中の11の周波数帯を候補として携帯電話システムへの周波数追加特定が行われる。

これに合わせて、携帯電話方式標準化の国際プロジェクト

ト3GPP(3rd Generation Partnership Project)は、2020年に実現する5Gの基本仕様規格を2018年6月完成目標に策定しており、三菱電機はアンテナビームフォーミングに関連する技術等の提案を行っている。

ITU-T(ITU Telecommunication standardization sector: 国際電気通信連合電気通信標準化部門)は、5Gネットワーク要件と既存標準の間のギャップ分析を終え、今後順次必要な勧告化を行う。当社はモバイルフロントホール/バックホール分野を中心に貢献している。

これらに並行して、日本の第5世代モバイル推進フォーラム(5GMF)など、各国の5G推進団体が実証試験の計画を進めている。



2020年商用開始に向けた5G標準化のスケジュール

ITU-Rは、IMT-2020無線インタフェースについて、2017年10月~2019年6月に候補技術提案を受け付け、2020年秋に勧告案を完成させる予定である。これに合わせて3GPPは5G無線方式の規格を策定中である。5Gネットワークに必要な技術は、ITU-Tで既存標準のギャップ分析等が終わり、2017年から具体的な標準化作業に移った。標準化と並行して5GMF等の5G推進団体が各国・各地域で実証試験を行う予定である。

1. ま え が き

第5世代移動通信システム(5G)の2020年商用化を目指して、5Gに関する技術の国際標準化が現在進められている。

IoT時代の通信として多種多様な要件を満たすために、5G標準化の範囲は、無線技術の高度化、ミリ波帯に至る周波数利用、柔軟かつ高度なネットワークの実現技術と、多岐にわたる。また、標準化に並行して、各国・各地域で5G推進団体が組織されて活動を行っており、世界各地で5G実証試験が計画されている。

本稿では、ITU及び3GPPでの5G標準化動向と当社の取組み、5G推進団体の動向について述べる。

2. 5G無線標準化

2.1 ITU-R

ITU-Rは、世界共通の携帯電話・移動通信システム無線インタフェースに関して、IMT-2000(第3世代)、IMT-Advanced(第4世代)に続く次世代(第5世代)のシステムをIMT-2020と命名し、そのITU-R勧告化に向けた作業を進めている。

IMT地上系を所掌する作業班WP 5D(Working Party 5D)でのIMT-2020無線インタフェース勧告案開発工程は次のとおりである⁽¹⁾。まず、5Gが目指すべき姿(ビジョン)がまとめられ、2015年に勧告ITU-R M.2083として発行された⁽²⁾。このビジョンの実現に必要な性能要求条件及び評価方法に関する各ITU-R報告案が2017年6月までに完成し、2017年10月～2019年6月に候補技術の提案を受け付け、評価・選定等を経て、2020年秋にIMT-2020無線インタフェース技術のITU-R勧告案が完成する予定である。

ビジョン勧告ITU-R M.2083で、5Gは更なる高速大容量化(eMBB: enhanced Mobile BroadBand)に加え、センサ等の多数同時接続(mMTC: massive Machine Type Communication)、超高信頼・低遅延通信(URLLC: Ultra Reliable and Low Latency Communication)をカバーすることとされた。そして性能要求条件のITU-R報告案では、13の要件を規定している⁽³⁾。表1にその主なものを示す。

5G用周波数に関しては、24.25～86.00GHzの中の11帯域を候補としてIMTへの周波数追加特定がWRC-19の議題1.13として決まっている。日本では、このWRC-19議

表1. IMT-2020の主な技術性能要求条件

項目	要求値
最大伝送速度	下り20Gbit/s, 上り10Gbit/s
最大周波数利用効率	下り30bit/s/Hz, 上り15bit/s/Hz
ユーザー体感伝送速度	下り100Mbit/s, 上り50Mbit/s
単位面積当たりの伝送容量	10Mbit/s/m ²
伝送遅延(ユーザーデータ)	URLLC: 1ms, eMBB: 4ms
単位面積当たりの同時接続数	1,000,000デバイス/km ²
伝送の信頼性	パケット到達率1-10 ⁻⁵
想定する端末移動速度	最大500km/h

題1.13の候補帯域、及び3.6～4.2GHz, 4.4～4.9GHz, 27.5～29.5GHzが5G用周波数として想定されており⁽⁴⁾、国際協調を図りつつ、利用に向けた検討が行われている。

2.2 3GPP

携帯電話方式の国際標準規格作成を行っている3GPPでは、2015年12月の技術検討承認を皮切りに5G規格策定への活動を開始した⁽⁵⁾。この3GPPが策定する5Gの規格は、IMT-2020無線インタフェースの候補技術として、各国等を通じてITU-Rへ提案される見込みである。

2.2.1 5G規格の策定方針

3GPPにおける5G規格の主な策定方針は次のとおりである。

①2017年3月まで技術検討を行った後、2020年に実現する5Gの基本仕様規格を2018年6月までに策定し(フェーズ1)、5G要件の全てを網羅した規格を2019年12月までに策定する(フェーズ2)。

②ITU-RのeMBB, mMTC, URLLCに対し、3GPPとして5Gサービスシナリオと要求条件を定義し⁽⁶⁾、それらを満足する。

③NRという、LTE(Long Term Evolution)とは異なる新しい技術の単独システムと、LTEを発展させた技術とNRを組み合わせたシステムの両方をスコープとする。

④周波数として最高100GHzまで適用可能な技術とする。

なお、②のサービスシナリオのうち、当社はRAN 1(Radio Access Network working group 1)での“High speed train”シナリオの評価パラメータ議論で取りまとめを担った⁽⁷⁾。“High speed train”は後に述べる参照信号の特性評価向けシナリオの1つとして用いられている。

2.2.2 NR物理レイヤ技術

NR物理レイヤ技術の検討状況⁽⁸⁾について述べる。

(1) 物理レイヤの主要諸元

表2に、これまでに決定したNR物理レイヤの主要諸元を示す。NRでは、100GHzまでの広い周波数帯をサポートするため、サブキャリア間隔やOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)シンボル長は2ⁿ(nは正及び負の整数)を用いたスケラブルな構成としている。

(2) ウェーブフォーム(変調方式)

表2に示すとおり、下りリンクではOFDMがサポートされ、上りリンクでは複数アンテナ送信に適したOFDM

表2. NR物理レイヤの主要諸元(2017年3月時点)

サブキャリア間隔(SCS)	15kHz×2 ⁿ
RB当たりのサブキャリア数	12
サブフレーム長	1ms
スロット長	7又は14OFDMシンボル
OFDMシンボル長	SCS15kHz時シンボル長/2 ⁿ
サイクリックプレフィックス	標準と拡張をサポート
アクセス方式	下り: OFDM 上り: OFDM, DFT-s-OFDM
誤り訂正符号	LDPC(eMBBデータチャネル) Polar(eMBB制御チャネル)

RB: Resource Block

及び電力効率が良いDFT-s-OFDM(Discrete Fourier Transform spread OFDM)がサポートされる。なお、表2の諸元は52.6GHzまで適用され、DFT-s-OFDMの使用は1ストリーム限定である。当社は52.6GHz以上向けウェーブフォームとしてUW-DFT-s-OFDM(Unique Word DFT-s-OFDM)を提案している⁽⁹⁾。

(3) マルチアンテナ技術

5Gでは、複数アンテナ素子によるビームフォーミングの適用を想定している。これは、高い周波数利用で生じる大きな伝搬損失をアンテナ利得で補償でき、また、干渉方向を制限できるため複数端末の同時接続に有利である。基地局と端末の双方がビームフォーミングを行うケースも検討範囲とし、お互いが適切なビーム方向を特定・維持するビームマネジメント技術を検討している。

さらに、上り及び下りリンクの伝送路推定に必要な参照信号であるDMRS(DeModulation Reference Signal)等の設計が議論されている。また、MU-MIMO(Multi-User Multiple Input Multiple Output)向けレイヤ多重数もDMRS設計とともに検討している⁽¹⁰⁾。当社が提案した非線形プリコーディング方式(図1)は送信側における干渉除去対策として検討されている⁽¹¹⁾。

(4) ビーム確立技術

信号の送受信方向が絞られるビームフォーミング適用時でも、基地局は位置を特定できていない端末と初期接続やハンドオーバー動作を実施する必要がある。そのため、基地局が異なる時間に異なる方向へ送受信ビームを向けるビームスイーピングを取り入れ、先に述べた動作を保証する技術を検討している(図2)。なお、送信ビームと受信ビームの間に可逆性が成立している場合と成立していない場合の両方を検討範囲としている。また、1つの広いビームでサービスエリアをカバーするシングルビームケースも

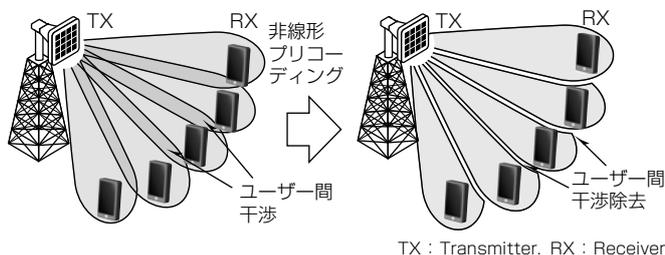


図1. 非線形プリコーディングの効果

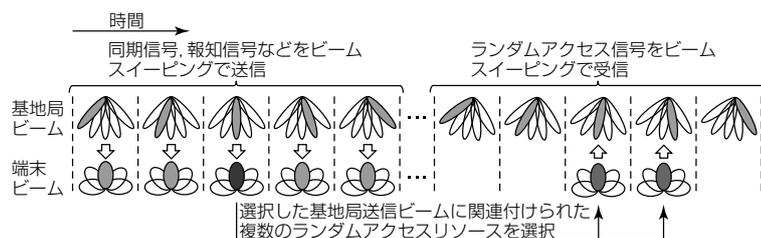


図2. ビームスイーピングを用いたランダムアクセス動作(可逆性が成立していない場合)

検討対象であり、可能な限り動作の共通化を図っている。

当社は、この技術分野に対し、同期信号や報知信号の配置、ランダムアクセス動作等を提案している⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

3. 5Gネットワークの標準化

5G時代のモバイルネットワークを支える技術の標準化について、検討を進めていくべきとの議論が活発化し、2015年4月にITU-T SG13の会合でFG IMT-2020⁽¹⁴⁾の設置が合意された。このFGの当初の目的は、非無線区間のネットワークに関連する既存標準と5G要件の間のギャップ分析実施であり、FGのフェーズ1として2015年に4回の会合が開催され、成果文書が同年12月のSG13の会合で報告された。当社は国内通信事業者等と連携して、日本の強みであるモバイルフロントホール/バックホール(MFH/MBH)に関する要求条件の定義やユースケースの検討を行った⁽¹⁵⁾。この成果文書では、MFH/MBHに関しては日本が主要な貢献をして21件のギャップ項目が抽出された。

ギャップ分析結果を受け、SG13は引き続き標準化に向けた検討が必要と判断し、このFGの設置期限を延長してフェーズ2をスタートした。フェーズ2におけるFGの目的は、フェーズ1で特定された項目の勧告案の作成、具現化(試作、デモ/ショーケースなど)、オープンソースとの連携、3GPPとの連携などである。フェーズ2でのFGの課題は5つの検討グループ(Working Group: WG)に分かれて議論され、MFH/MBHの仮想化・スライス化に関しては、そのうちの1つである“Network Softwarization”のWGで扱われることとなった。

フェーズ1で抽出したギャップの多くはネットワーク仮想化技術によって解決が可能と考えられることから、当社はMFH/MBHの仮想化・スライス化の管理・制御に必要なインタフェースの検討を新たに行った⁽¹⁶⁾。図3は、仮想化・スライス化のためのリソースを抽象化し、その割当て制御を実現するための論理的な参照点を示したものである。その他、機能要件及び参照点で交換されるメッセージについての検討も行った。これらの検討結果は、国内通信事業者等と連携してフェーズ2の成果文書の1つに盛り込んだ⁽¹⁷⁾。

このFGは2016年12月の会合をもって終了し、その成果を基に現在SG13で技術項目ごとに勧告化作業が進められている。なお、フェーズ1で抽出したギャップの一部は、アクセス系の伝送技術課題を扱うSG15でも取り上げられている。

4. 5G推進団体の活動

ここまでに述べた標準化機関の動向と並行して、2020年の5G商用開始に向けて、各国・各地域で5Gの推進団体が組織され、技術検討と対外的なプロモーション活動が行われている。欧

州では、Horizon2020の研究開発プロジェクトの1つとして5G PPP(5G infrastructure Public Private Partnership)が2013年から5G実用化に向けた研究開発・実証実験等を推進しており、中国ではIMT-2020(5G) Promotion Group、韓国では5G Forum、米国では5G Americasといった団体で5G実用化に向けた活動を推進している。日本では、産官学による第5世代モバイル推進フォーラム(5GMF)が2014年9月に設立され、5Gの早期実現に向け、精力的に活動を行っている⁽¹⁸⁾。

5GMFは、無線技術、ネットワーク技術といった5G実現に必要な要素技術だけでなく、5Gの利用シナリオやアプリケーションも検討し、その成果をまとめた5GMF白書第1版を2016年5月に公開した。さらに、2017年度から予定されている5G総合実証試験の推進に向けて、5G活用プロジェクト(5G総合実証試験の具体的なアイデア)を検討し、報告書にまとめている。

2017年5月には、これら日欧米中韓の5G推進団体によるGlobal 5G Eventが東京で開催され(これまで中国、イタリアで開催され、東京は第3回)、2020年に向けて各推進団体の活動が活発化している。

5. む す び

5G標準化に関して、ITU-RにおけるIMT-2020無線インタフェース勧告化及び周波数、3GPPにおけるNR物理レイヤの主要技術、ITU-TにおけるMFH/MBHの仮想化・スライス化を中心に、その動向と当社の提案について述べた。また、5GMF等の5G推進団体の動向にも触れた。

当社は、今後もITU、3GPP、5GMFへの継続的な参画と技術提案を行い、2020年の5G実現に向けた国際標準化に積極的に貢献していく予定である。

参 考 文 献

(1) ITU towards "IMT for 2020 and beyond"
<http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020>

(2) ITU-R : Recommendation ITU-R M.2083-0, IMT VISION-Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond (2015)

(3) WP5D : Draft New Report ITU-R M. [IMT-2020, TECH PERF REQ] (2017)

(4) 総務省 : 電波政策2020懇談会報告書 (2016)

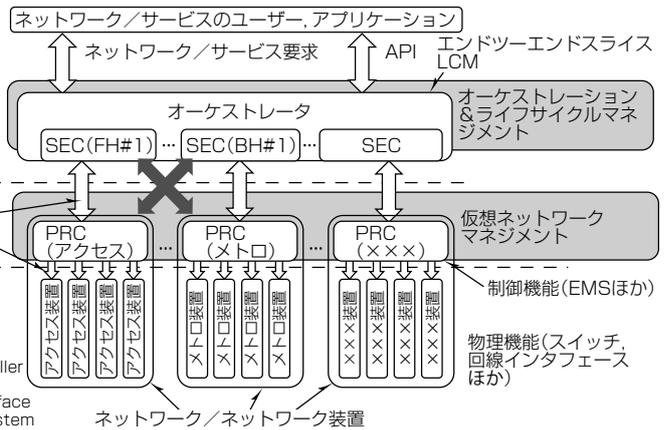


図3. ネットワークソフト化及びスライスネットワークサービスのための概念モデル図

(5) 3GPP : New SID Proposal : Study on New Radio Access Technology, RP-161596 (2016)

(6) 3GPP : Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies, TR38.913 V14.1.0 (2016)

(7) Mitsubishi Electric : Evaluation assumptions for the high speed train scenario for around 30GHz (RRH + relay) for NR, R1-165979 (2016)

(8) 3GPP : Study on New Radio(NR) Access Technology Physical Layer Aspects, TR38.802 V1.1.0 (2017)

(9) Nokia, et al. : Way forward waveform for carrier frequencies beyond 40GHz, R1-1609599 (2016)

(10) Mitsubishi Electric, et al. : Wayforward on the maximum number of orthogonal DL DMR ports, R1-1704057 (2017)

(11) Mitsubishi Electric, et al. : WF on analysis of nonlinear precoding, R1-1704009 (2017)

(12) Mitsubishi Electric : Common signal/information allocation for initial access and mobility, R1-1608711 (2016)

(13) Mitsubishi Electric : RACH preamble transmission, R1-1608712 (2016)

(14) Focus Group on IMT-2020
<http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/imt-2020/Pages/default.aspx>

(15) Mitsubishi Electric, et al. : Discussion point about MFH/MBH Gap items in FG phase1 results, IMT-I-128 (2016)

(16) Mitsubishi Electric, et al. : Vertical Extensions for the Network Slicing, IMT-I-186 (2016)

(17) FG IMT-2020 : Draft Technical Report, Application of network softwarization to IMT-2020, IMT-O-041 (2016)

(18) 第5世代モバイル推進フォーラム
<http://5gmf.jp/>