

# IoT時代を支える無線ネットワーク技術

## Wireless Network Technologies to Support Age of IoT

● 藤野尚司      ● 小川浩二      ● 箕輪守彦

### あらまし

センサーの小型・省電力化，ネットワークの多様化，クラウドの普及といったICTの進化により，インターネットにつながるモノは2013年の100億個から2020年には500億個にも増加すると言われている。モノのインターネットとも呼ばれるIoT(Internet of Things)は，ビッグデータ解析技術を組み合わせることによって新たな価値を創造し，人々の生活や経済に非常に大きな良い影響を与えることが期待されている。このためには，入出力端末やクラウドコンピューティングなどの進化とともに，有線・無線を含めたネットワーク技術の継続的な進化と変革が不可欠である。特に無線に関しては，携帯電話の出現以降，10年に一度の技術革新により我々のライフスタイルやビジネススタイル変革の原動力となってきた。

本稿では，まず移動通信ネットワークの次世代技術である第5世代移動通信システム(5G)のビジョンと標準化動向を中心とした技術の検討状況，および富士通の取組みを紹介する。また，富士通が提唱するICTの仮想化やソフト化に向けたFINCA(FUJITSU Intelligent Networking and Computing Architecture)コンセプトの有用性と，5G向け無線アクセス技術の収容に向けた今後のネットワークの検討課題について考察する。

### Abstract

It is said that the evolution of information and communications technology (ICT), such as downsizing and power conservation of sensors, diversification of networks and diffusion of cloud computing, will cause the number of things connected to the Internet to increase from 10 billion in 2013 to 50 billion in 2020. The Internet of Things (IoT) is expected to lead to creation of new values in combination with big data analysis technology, and have a significant and positive influence on people's lives and the economy. To that end, it is essential to have continuous evolution and innovation of network technologies, including both wired and wireless forms, while developing input/output terminals and cloud computing. Wireless networks, in particular, have been driving progress in our lifestyles and business styles by once-a-decade technological revolution since the emergence of mobile phones. This paper first describes the state of technological studies mainly including the vision of the fifth-generation mobile communication system (5G), which is the next-generation technology of mobile communication networks, and trends of standardization together with Fujitsu's approach. It also discusses the usability of the Fujitsu Intelligent Networking and Computing Architecture (FINCA) concept for ICT virtualization and flexibility improvement proposed by Fujitsu, and the subjects of future network study intended to accommodate wireless access technologies for 5G.

ま え が き

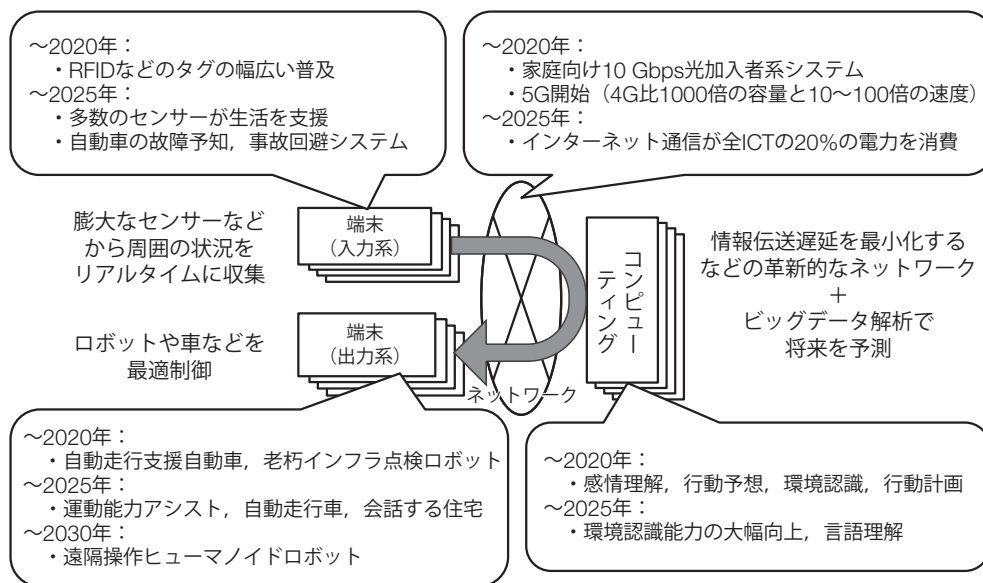
センサーの小型・省電力化，ネットワークの多様化，クラウドの普及などのテクノロジーの進化により，インターネットにつながるモノは2013年の100億個から，2020年には500億個にも増加すると言われている。

平成27年度の総務省の情報通信白書では，IoT (Internet of Things) のコンセプトを「自動車，家電，ロボット，施設などあらゆるモノがインターネットにつながり，情報のやり取りをすることで，モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展し，新たな付加価値を生み出すというもの」と説明している。また，ICTの更なる進化の方向性として，新たなIoT活用 (IoT2.0) への期待に言及している。具体的には，「膨大なセンサー等からの情報伝送遅延を最小化する等の革新的なネットワーク技術が実現すれば，周囲の状況をリアルタイムに収集し，ビッグデータ解析により将来を予測しロボットや車等を最適制御するような新たなIoT活用」としている。<sup>(1)</sup>これは富士通が，IoTとビッグデータを組み合わせることで新たな価値が生まれ，人々の生活とグローバル経済に非常に大きな良い影響を与えると期待すると提唱した，Fujitsu Technology and Service Visionにおけるハイパーコネクテッドワー

ルドと同様のビジョンである。<sup>(2)</sup>

前述の情報通信白書では，図-1に要約されるようなICTの未来年表も提示されており，IoTのユースケースとして，生活圏内での生体情報モニタや，活動支援，運動能力アシスト，自動走行車，ロボットの遠隔操作などが含まれている。これらの実現には入出力端末やクラウドコンピューティングなどの進化とともに，有線・無線を含めたネットワーク技術の継続的な進化と変革が不可欠である。特に無線に関しては，携帯電話の出現以降，10年に一度の通信方式の技術革新により我々のライフスタイルやビジネススタイル変革の原動力となってきた。

本稿では，移動通信ネットワークを起点に，今後のIoTに不可欠な無線ネットワークの進化について考察する。まず，2020年に実用化の開始が期待されている第5世代移動通信システム (5G) のビジョンと検討状況，および富士通の取組みを紹介する。5Gが導入開始される頃には，既にIoTも多種多様なサービスが開始されていると考えられる。それらを柔軟かつ統合的に収容し，5Gが本格的に運用される時代へのスムーズな移行に必要な今後のネットワークの必要要件について整理した上で，富士通が提唱するFINCAコンセプトについて紹介する。



RFID : Radio Frequency Identification

※平成27年度版 情報通信白書 第6章の図表6-1-2-1, 6-1-3-3を基に作成

図-1 ICTの未来年表とIoT

## 5Gのビジョンと標準化動向

移動通信ネットワークは、音声通話をデジタル通信で提供する1990年代の第2世代（2G）携帯電話からLTEやLTE-Advancedと呼ばれる現在の第4世代（4G）まで、世代ごとに大きな進化を遂げてきた。2010年代に入り、ポスト4Gとして期待される5Gのビジョンやユースケース、そのために必要な性能要件や候補技術について、様々な検討が行われている。

欧州では、EUの第7次研究開発フレームワークプログラム（FP7）の中で、2020年の情報化社会に向けた無線技術の研究をするMETIS（Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty Information Society）や、無線アクセスやバックホールへのミリ波通信の適用に関する研究をするMiWEBA（Millimetre-Wave Evolution for Backhaul and Access）など、5Gの先行検討に向けた各種研究プロジェクトが実施されてきている。その後、FP7の後継として開始されたHorizon2020での5G研究の連携推進を目的に5G PPP（The 5G Infrastructure Association - Public Private Partnership）が設立され、5G向けの新たな研究プロジェクト群が始動している。アジアでは、2013年に中国、韓国がそれぞれIMT-2020 PG(Promotion Group)と5G Forumの設立、およびその検討連携を発表した。更に、中国ではFuTURE FORUM（Future Technology of Universal Radio Environment FORUM）での5Gに向けた技術も検討されている。

日本でも、2013年から一般社団法人電波産業会（ARIB）の2020 and Beyond Ad Hocにおいて、5Gのビジョンや技術候補の整理が開始され、2014年10月に白書として検討成果を公表している<sup>(3)</sup>。同様に、一般社団法人情報通信技術委員会（TTC）でも、2020年以降のモバイルネットワークの方向性、およびその実現に必要な技術課題や標準化課題を検討し、白書として発表している<sup>(4),(5)</sup>。また、2014年9月には第5世代モバイル推進フォーラム（5GMF）が設立され、5Gの無線アクセス技術のほかにネットワークやアプリケーションの検討も開始されている。

これらの検討と並行して、無線通信の国際標

準化機関であるITU-RのStudy Group 5傘下のWorking Party 5D（WP5D）において、IMT-2020、すなわち5Gのビジョンの勧告化検討が進められ、2015年9月に勧告M.2083-0として正式に承認された<sup>(6)</sup>。これにより、5Gは技術仕様策定に向けた具体的な技術検討フェーズへと移行している。勧告M.2083-0では、無線アクセスに関して4Gに対する性能向上指標を提示するとともに、実際のユースケースを以下の三つに大別し、それぞれのユースケースにおいて重要となる性能項目を図-2のように整理している。

- (1) 進化したモバイルブロードバンド通信（E-MBB）
- (2) 大量の機器間の通信（M-MTC）
- (3) 超高信頼・低遅延通信（UR-LLC）

これにより、5Gは4Gまでの進化の延長線上とも言えるモバイルブロードバンド通信だけでなく、機器間通信や超高信頼・低遅延通信のユースケースも視野に入れている。これらは、今後のIoT時代に必要になると考えられる比較的低速だが特定の性能を格段に向上させることで、多様な通信サービスを収容することを想定したものである。

また、3GのW-CDMA方式、4GのLTE、LTE-Advanced方式の仕様策定により、3G以降の無線アクセスネットワークの技術仕様策定を主導してきた3rd Generation Partnership Project（3GPP）でも、2016年より5Gの具体的な技術仕様の検討が開始されている。

今後の5Gの技術仕様の策定と実用化向けの研究開発上の大きな懸案は、2020年までに5Gの早期実用化を目指す日本や韓国などの動きに対して、ITU-RのIMT-2020仕様決定ロードマップや、世界無線通信会議（WRC）でのIMT-2020向け周波数決定時期では、実システム開発に必要な時間を確保できないことである。このため3GPPでは、図-3のように、5G仕様の標準化検討を二段階に分けて行っている<sup>(7)</sup>。フェーズ1は2018年9月の仕様化完了を目指し、E-MBBのユースケースに最適化するとともに、残り二つのユースケースでも利用可能とする。そして、2019年12月のフェーズ2の仕様化完了によって、5Gの三つのユースケース全てへの最適化を図ろうとしている。

富士通および富士通研究所では、上述のような

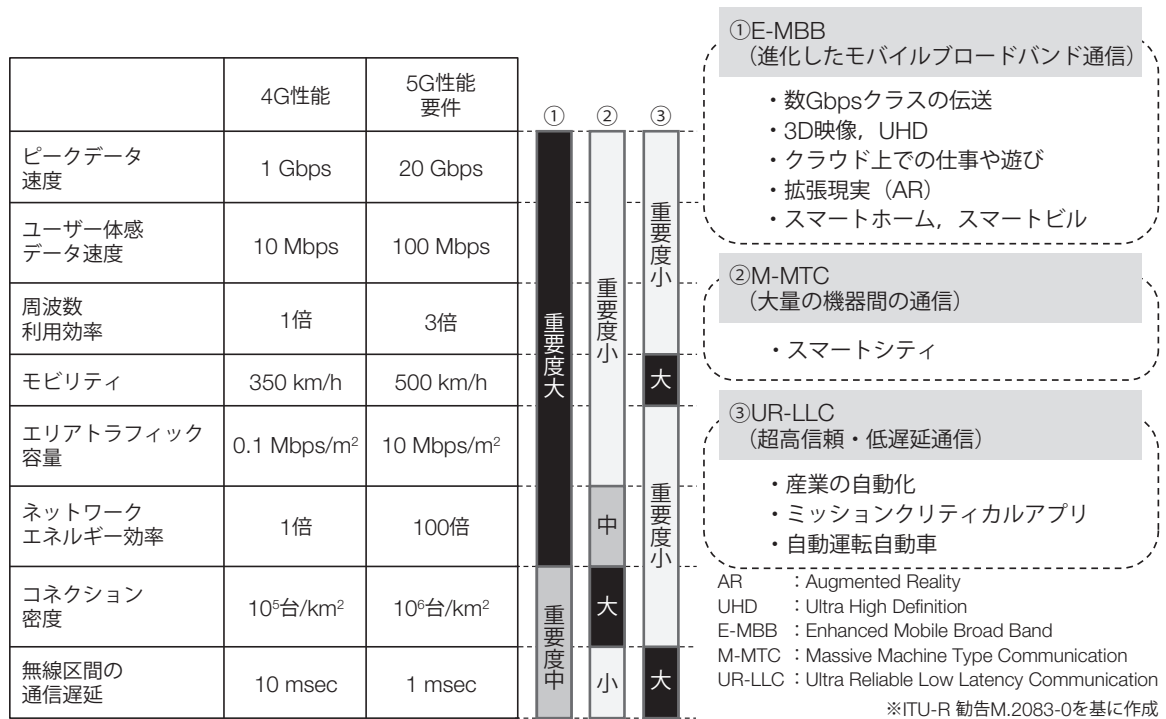


図-2 5G性能要件とユースケース

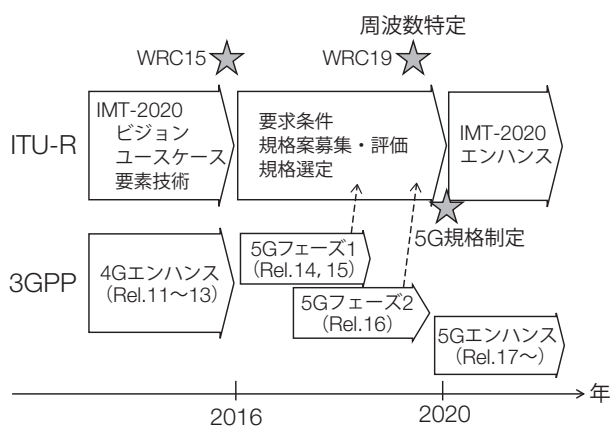


図-3 5Gの技術仕様標準化の流れ

5Gの実現に向けた検討の中で、E-MBB向けの技術検討を起点に、以下のような5Gの要素技術の検討を進めている。<sup>(8)-(11)</sup>

(1) E-MBB向け

Massive-MIMO<sup>(注1)</sup> や分散アンテナによる超スモールセル化と空間多重化, 高周波帯 (ミリ波など) の導入による広帯域化, 異種無線アクセス方式の

(注1) 多数のアンテナ素子を利用し, 高い指向性や空間多重による高速通信, および多数のユーザーの同時接続を可能にする技術。MIMOはMultiple-Input Multiple-Outputの略。

統合によるHetNet<sup>(注2)</sup> 化など

(2) M-MTC向け

狭帯域通信向け新無線方式の重畳など

(3) UR-LLC向け

再送が不要となる確実なパケット伝送方法, 無線フレームの短周期化, 基地局周辺に計算リソースやデータストレージを配置するMobile Edge Computingの導入など

また, 欧州, 中国, 北米の海外研究開発拠点とも連携して5Gに向けた活動を続けている。欧州ではHorizon2020プロジェクトや英国サリー大学が推進する5G Innovation Centreへ参加し, 中国のFuTure Forum, 日本のARIB, TTC, 5GMFなどの地域別活動に積極的に関与している。今後は, 3GPPを中心とした5G関連の標準化活動へ寄与しながら, 5Gの早期実用化へ向けた研究開発を推し進めていく。

5G時代のIoTネットワークの基本要件

現時点のIoTは, 有線による固定機器の収容や,

(注2) Heterogeneous Networkの略。異なる種類 (無線アクセス方式やセルサイズ) のセルを重ね合わせ, 協調することでネットワーク全体の容量を改善する技術。

無線LAN, Bluetooth, ZigBee, Wi-SUNなどの近距離無線, および広域無線網である3Gや4Gなどの移動通信システムでの収容を適宜使い分け, あるいは併用している状況である。また, 端末やセンサーなどのIoTデバイスを収容する無線フロントネットワークと有線・無線のアクセスネットワークとを橋渡しするために, IoTゲートウェイ (IoT-GW)を導入する事例も多い。前章で述べたように, 5Gでは4Gまでの移動通信ネットワークでは実現できなかった大量のIoT端末の収容や超高信頼・低遅延なサービスの提供も構想している。2020年代のIoTデバイスの収容は, 図-4に示すように5Gも含めて多様な収容方法が存在するようになる。本章では説明を簡略化するため, 図-2に示したような5G無線アクセスの多角的な高性能化を支えるバックボーンネットワークに求められる基本要件や方向性について考察する。また, 次章において, 無線フロントネットワークも含めたより現実的な5G時代のIoT向け無線ネットワークの高度化アプローチを考察する。

モバイルインターネットの利用増大によるトラフィック増加<sup>(12)</sup>と合わせて, 前述のようなIoTの普及と利用の高度化により, 5Gで収容するサービスのトラフィックは量的にも質的にも多様化する。更に, 日中と夜間での屋内外のトラフィック分布の大幅な変動や, 国際スポーツ大会などの開催時における一時的なトラフィックの変動や集中にも耐えられる柔軟性の高いネットワークを構築することが必要になってくると考えられる。無線アクセスネットワークの高速・大容量化には, バックボーンネットワークと無線基地局の間を有線または無線でつなぐモバイルバックホール回線 (MBH) や, 無線基地局とその光張出し子機 (Remote Radio Head : RRH) の間を有線または無線でつなぐモバイルフロントホール回線 (MFH) の高速・大容量化も必要となる。

M-MTCにおいて, IoT向けに大量のデバイスを収容するためには, バックボーンネットワークがデバイスの接続を制御する呼処理能力の大幅向上 (10倍~100倍) も必要となる。一方で, 従来

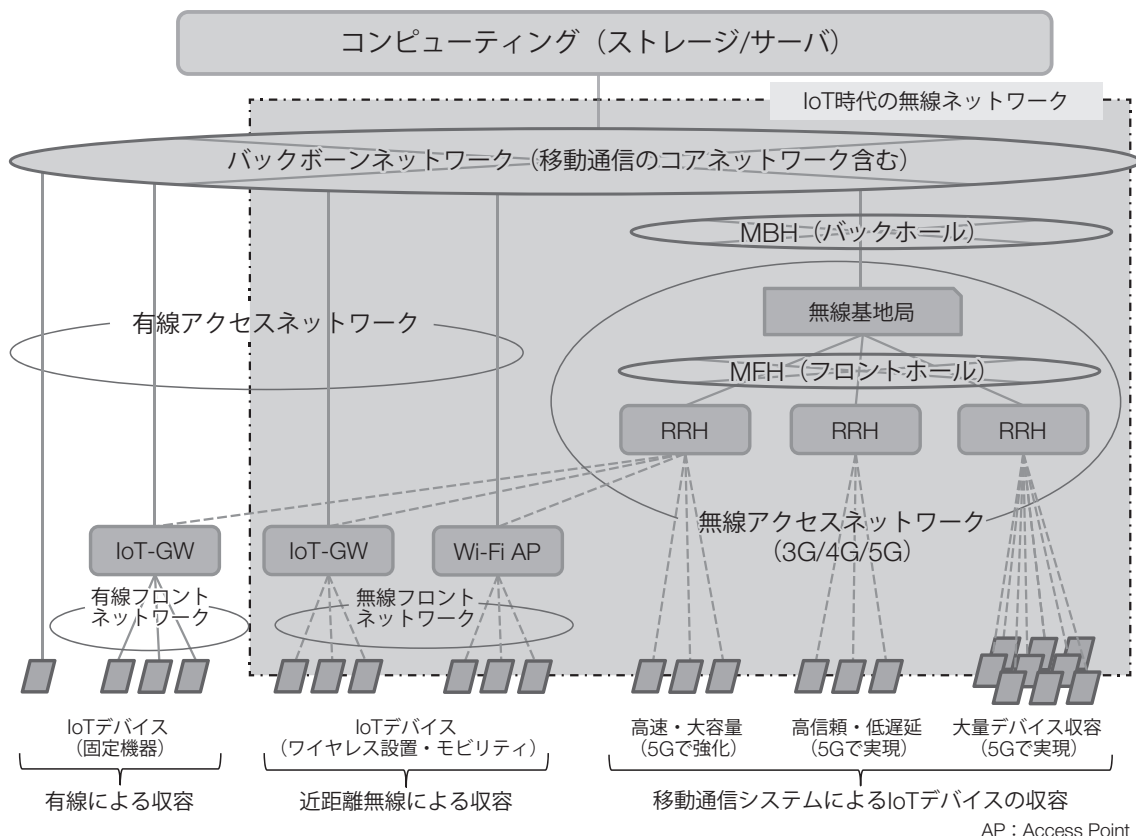


図-4 IoTデバイスの収容方法

の移動通信サービスの主要収益源である携帯電話やスマートフォン、タブレットなどを利用する一般ユーザー向け市場は成熟市場となっており、ARPU (Average Revenue Per User) も飽和してきている。このため、移動通信サービスを提供するモバイルオペレーターの投資構造も変化してきており、少なくとも情報伝送ビットあたりの設備投資・運用コスト (CAPEX/OPEX) を大幅に低減していく必要がある。

このような環境変化から、5Gの時代に向けた今後の無線ネットワークの主要な要件は以下のようになると考えられる。

- (1) ユーザーからの異なる要件に応じた異質な特性を有するネットワークの提供
- (2) 人の動きや環境変化に応じて機能や構成がダイナミックに変化するネットワークの提供
- (3) コモディティ化したネットワーク機器やオープンソースソフトウェア (OSS) を活用しつつ、運用管理が容易なネットワークの提供
- (4) 大容量かつプログラマブルでスケラビリティの高いネットワークの提供

これらの要件を満足するネットワークを実現するためには、物理的なインフラシステムを高性能化する必要がある。それと同時に、IoTの各種サービスに対して5Gを含むIoT向けの無線ネットワーク全体を仮想化し、SDN<sup>(注3)</sup>として見せていくことも必要である。この方向性は、前章で述べたTTCの白書以外にも、世界の主要オペレーターの多くが参加しているNGMN (Next Generation Mobile Networks) Allianceが2015年3月にNGMN 5G WHITE PAPERにおいて発表したネットワークモデルでも言及されている。<sup>(13)</sup>この白書では、NGMNの5Gビジョンとして、「5Gは完全にモバイルでコネクテッドな社会を可能とするエンド・エンド間のエコシステムであり、5Gは新旧のユースケースを通じて顧客やパートナーへの価値創造を可能とする」としている。その上で、オペレーター間でのシステムの共有やサービスごとのネットワーク機能スライスを実現するための、5Gのインフラリソース層、ビジネスイネーブルメント層、ビジ

(注3) Software-Defined Networkingの略。ソフトウェアにより、構成や機能を定義・制御することが可能なネットワークを構築する技術全般のこと。

ネスアプリケーション層からなる3階層のアーキテクチャーが提示されている。

今後は、5G無線アクセスを中心とした具体的な仕様の策定や実用化に向けた研究開発と併せて、IoT向けの無線ネットワークシステムとして具体的にどのような仮想化や階層化を実施し、柔軟に設定・制御ができるようにしていくかの検討が重要になってくる。後者の検討では、仮想化や階層化の切り口をどのように決めるのかということとともに、階層間の機能のインターフェースとなるAPI (Application Programming Interface) をどのように規定するべきかという点に検討の焦点が移っていくと考えられる。

### 無線ネットワークのIoT収容アプローチ

「5Gのビジョンと標準化動向」の章では、5Gの動向を中心に将来の移動通信システムの方向性を整理した。また、前章では5G時代の移動通信ネットワークのバックボーンとなるネットワークの要件とインフラとなる物理ネットワークの仮想化の必然性について考察した。2015年2月に5G PPPから発表された5Gビジョンに関する白書<sup>(14)</sup>においても、人間中心の利用だけではなく、2020年までに普及が期待されるIoTの多様な要件への対応も5Gの重要なスコープとされている。

しかし、2020年の5G導入当初は、全てのデバイスを5G無線アクセスで直接的に収容することはまだ難しいと考えられる。そのため、種々のIoTデバイスを収容する無線フロントネットワークや、必要に応じて既存の3Gや4Gへ集線して収容するIoT-GWが必要となる。図-4では、これらを含めたIoTデバイスの収容方法を整理した。本章では、IoT向けの無線ネットワークの全体像イメージと主要な実現アプローチについて、図-5に示す以下の三つの切り口で俯瞰してみる。

#### (1) 高性能な物理ネットワーク層

移動通信システムは今後、既存のLTEからLTE-Advancedへの本格的なエンハンスを図りながら5Gシステムへ移行し、5Gにおいても更なる高性能化・高機能化を進めていく必要がある。5Gに向けては、無線アクセス技術の進化のみならず、異種無線 (3Gや4G、無線LANなど) の収容も進むため、MBHとMFHの伝送速度やデータ伝送量も順次変

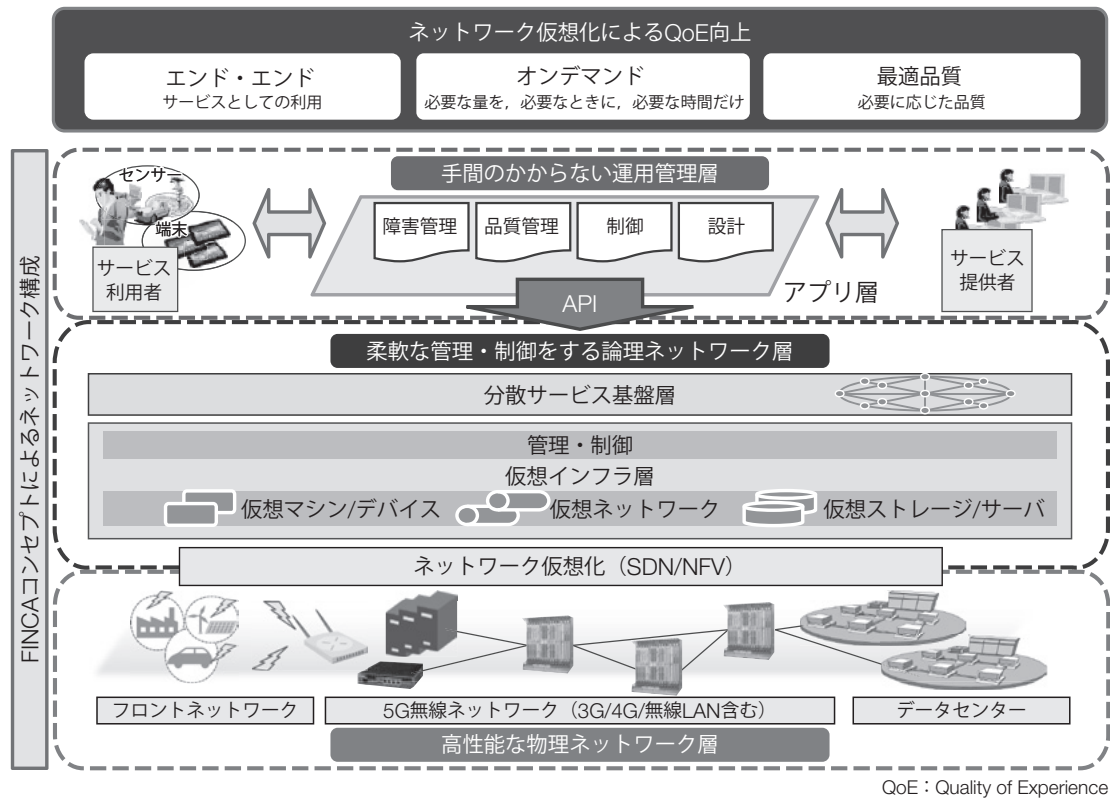


図-5 IoT時代のネットワーク構成

化していくと考えられる。

このような多様化した無線アクセスを統合的に収容できる柔軟かつ高性能・高機能なネットワークの検討も既に始まっている。更に、端末や各種IoTデバイスの偏在、およびトラフィック変動にも柔軟に対応できるようにする必要がある。このため、無線フロントネットワークやIoT-GWも含めた統合的な制御が可能なシステム構築法とその仮想化方法の検討により、より洗練された物理ネットワーク層の運用管理を可能にしていく。

(2) 柔軟な管理・制御をする論理ネットワーク層

IoT時代の到来に伴い、高性能・高機能な物理ネットワークが要求される一方で、それらをサービスとして提供したり、利用したりすることは、複雑なものとなることが予想される。そのため、物理的資源とサービスを結び付けるネットワーク仮想化の概念が有用となる。富士通では、既にこの概念の実現に向けた「FUJITSU Intelligent Networking and Computing Architecture (FINCA)」コンセプト<sup>(15)</sup>を発表している。FINCAでは、ICT基盤全

域にSDN/NFV<sup>(注4)</sup>を適用して最適化することを提案している。これにより、SDN領域では最適な仮想ネットワークの構築を可能とし、オペレーションの自動化による運用の効率化、およびソフトウェアによるタイムリーかつ容易なネットワーク設定によるサービス品質・信頼性の向上が実現する。またNFV領域においても、運用ライフサイクルの自動化を実現し、インフラやサービスの導入に掛かる時間の短縮やサービス運用の効率化が可能となる。これらのFINCAのコンセプトをどのように5Gシステムと連携し構築していくべきかは、今後の5Gの仕様化や実用化の動向にも依存する。現時点では、以下の二つが5Gシステムの実用化に対する基本的なアプローチであると考えている。

- ・ 上述したSDNやNFVといった仮想化技術の融合により、物理ネットワーク層を柔軟かつ自律的に運用させること。
- ・ 階層間のAPIを規定することにより、物理的に構築されたシステム全体のリソースをサービスに

(注4) Network Functions Virtualisationの略。既存網のネットワーク機能を仮想化する技術全般のこと。

対応した論理的なリソースとして統合的に管理・制御すること。

これにより、個々には限りのある物理リソースをネットワーク全体の論理リソースとして、必要な量を、必要なときに、必要な時間だけ、必要な品質で提供する柔軟な管理・制御を可能とする。更に、サービス提供者にとってのネットワークの設備投資や運用コストの効率化と、サービス利用者にとっての品質・信頼性の向上の両立を図る。

これらのアプローチにより、富士通はSDNとNFVを統合した製品・サービス群によってネットワークサービスの全ライフサイクルをトータルに支援し、迅速で柔軟な5G時代の新しいIoTサービスを可能とするソリューションを提供していく。

### (3) 手間のかからない運用管理層

既存の移動通信システムや5Gでは、一般的に国（日本では総務省）が各システムに利用可能な周波数帯域を決定し、それらをモバイルオペレーターに免許として割り当てるライセンスバンドと呼ばれる方式を採用している。このため、モバイルオペレーターによって通信品質やモビリティが管理され、ユーザーはセキュアなネットワークを利用できる。一方で、無線LAN, Bluetooth, BLE (Bluetooth Low Energy), Zigbee, Wi-SUNなどにより利用されるアンライセンスバンドでは、国からの免許交付が不要であり、誰でも自由に、かつ比較的安価に近距離通信用の無線ネットワークを構築できる反面、ネットワークが乱立して品質が確保できなくなるリスクもある。こうした中で、アンライセンスバンド内における障害・品質管理、制御、設計をSDN/NFVにより実施し、既存の近距離通信・3G・4Gと5Gとのインターワーキング、もしくはアグリゲーションを適切に行うことにより、IoT時代の効率的かつ手間のかからないネットワーク運用を実現する。また、前述したFINCAコンセプトにおいては、既存ネットワークの運用管理も視野に入れており、近距離通信・3G・4Gと5Gの共存から将来のスムーズなマイグレーションまでのサポートを可能とすることが特徴である。

IoTは、5Gの実現を待たずに既存の無線フロントネットワークや3G, LTE, LTE-Advancedなどの移動通信システムを利用してサービスが開始されると考えられ、上述の品質とコストのトレード

オフが伴う。IoTサービスを利用したいユーザーから見ると、ネットワークサービスプロバイダーには、移動通信システムも含めて様々な選択肢がある。その中で、無線フロントネットワークをどのように導入または構築し、利用形態の変化や5Gなどの無線ネットワークの進化に応じて常に最適なIoT環境を享受できるようにするかは、今後の課題の一つとなると予想される。このため、IoTサービスの様々な利用形態に応じて多様な構成を取っていくことになる無線フロントネットワークについては、その運用管理を容易にする方法を検討していく必要がある。<sup>(16)</sup> また、5Gによるモバイル通信の高性能化・高機能化の進展に伴い、IoTデバイスおよびフロントネットワークを統合するIoT-GWにおいても、5Gおよびクラウド側への機能シフトによる仮想化を進めていく。これにより、無線フロントネットワークの構成変更やIoTサービスの進化への対応を容易にするとともに、手間のかからない無線ネットワーク管理への移行が加速していくものと考えられる。

## む す び

本稿では、IoT時代のネットワークの中核になっていくと期待されている5Gの動向を中心に、今後の無線ネットワークに必要な要件と、それを実現するための主要なアプローチに関する富士通の取り組みを紹介した。多種多様なIoTサービスを簡単・迅速・柔軟かつ経済的に享受できる時代に向けて、5Gの早期実用化を目指す。同時に、無線フロントネットワークも含めて、個々のIoTサービスに応じた最適な無線ネットワークを迅速かつ容易に提供できるように取り組んでいきたい。

### 参考文献

- (1) 総務省：平成27年度版情報通信白書—ICTの過去・現在・未来。平成27年7月28日。  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h27.html>
- (2) 富士通：Fujitsu Technology and Service Vision。  
<http://www.fujitsu.com/jp/vision/>
- (3) ARIB 2020 and Beyond Ad Hoc Group：White Paper - Mobile Communications Systems for 2020 and beyond. Ver.1.0.0. October 8, 2014.



- <http://www.arib.or.jp/ADWICS/20bah-wp-100.pdf>
- (4) TTC:「将来のモバイルネットワークに関する検討会」ホワイトペーパー. 第1.0版. 2015年3月.  
[http://www.ttc.or.jp/files/1014/2959/5266/TTC\\_FMN-adhocWP\\_1.0\\_20150427.pdf](http://www.ttc.or.jp/files/1014/2959/5266/TTC_FMN-adhocWP_1.0_20150427.pdf)
- (5) TTC:「将来のモバイルネットワークに関する検討会」フェーズ2:標準化課題分析 ホワイトペーパー. 第1版. 2015年10月.  
[http://www.ttc.or.jp/files/9714/4532/5029/FMN2-AH\\_TTC5Gadhoc\\_PH2\\_WP\\_1.0.pdf](http://www.ttc.or.jp/files/9714/4532/5029/FMN2-AH_TTC5Gadhoc_PH2_WP_1.0.pdf)
- (6) ITU-R: Recommendation ITU-R M.2083-0: IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. September, 2015.  
[http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf)
- (7) 3GPP: RAN 5G Workshop - The Start of Something. September, 2015.  
[http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1734-ran\\_5g/](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1734-ran_5g/)
- (8) 木村康則ほか: 富士通研究所の海外拠点における研究開発・活動. FUJITSU, Vol.66, No.5, p.9-18(2015).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol66-5/paper02.pdf>
- (9) 伊達木 隆ほか: LTE-Advancedから5Gへ向かうモバイルアクセスシステム. FUJITSU, Vol.66, No.6, p.104-109 (2015).  
<http://www.fujitsu.com/jp/documents/about/resources/publications/magazine/backnumber/vol66-6/paper15.pdf>
- (10) 木村 大ほか: 5Gに向けた無線ネットワーク技術. 信学技報, Vol.114, No.371, NS2014-152, p.31-36, 2014年12月.
- (11) 伊藤 章ほか: ICNが切り開く次世代ネットワークアーキテクチャー. FUJITSU, Vol.66, No.5, p.53-61 (2015).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol66-5/paper08.pdf>
- (12) 総務省: 我が国の移動通信トラヒックの現状 概要 (Power Point).  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>
- (13) NGMN Alliance: NGMN 5G WHITE PAPER Version 1.0. February 17, 2015.  
[https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN\\_5G\\_White\\_Paper\\_V1\\_0.pdf](https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf)
- (14) 5G PPP: 5G Vision: the next generation of communication networks and services. February, 2015.  
<https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>
- (15) 富士通: ネットワーク・ワイドな最適化.  
<http://www.fujitsu.com/jp/vision/2015/products/network-wide/>
- (16) 藤田裕志ほか: 無線LANの遠隔障害診断技術. FUJITSU, Vol.66, No.5, p.46-52 (2015).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol66-5/paper07.pdf>

著者紹介

---



**藤野尚司** (ふじの なおじ)  
ネットワークシステム研究所 所属  
現在、5G無線通信システムの研究開発  
に従事。



**箕輪守彦** (みのわ もりひこ)  
ネットワークプロダクト事業本部 所属  
現在、次世代コアネットワークアーキ  
テクチャーの開発に従事。



**小川浩二** (おがわ こうじ)  
ネットワークソリューション事業本部  
モバイルソリューション事業部 所属  
現在、5G無線通信システムの研究開発  
に従事。