

Beyond 5G時代のアクセスネットワーク技術実現に向けた取り組み

社会背景の変化（モバイル・映像・IoT市場等の変化）から将来におけるエンドユーザの生活スタイルやキャリア・事業者のビジネス変化を想定し、その変化により普及が見込まれるICTサービスに必要な技術を抽出しました。本稿ではその技術の実現に向けた今後のアクセスネットワーク技術発展の方向性について、考察した結果を紹介します。

ふるかわ ひろゆき きりはら たかひと なりかわ さとし
古川 裕透 / 桐原 誉人 / 成川 聖
みなみ かつや ほりかわ けんじ いけだ さとし
南 勝也 / 堀川 健史 / 池田 智
あらい たけし
新居 丈司

NTTアクセスサービスシステム研究所

生活スタイルを変革する社会背景の変化

■背景

2000年から203X年までの社会背景の変化を図1に示します。2000年から現在においては、インターネット技術の成長期であり増速・大容量化とともにICT利用者数を拡大してきました。今後、モバイル市場では2020年

までに5Gが実用化され通信速度が100倍になると想定されています。また、202X年にはエリアの拡大が進み、ICT利用の基盤となると想定されます。映像市場では、放送において4K/8Kの実用化が進み、それに合わせてネットワークへの4K/8K映像の再送信需要が高まると想定しています。IoT（Internet of Things）市場全体をとらえると、現在ではスマート

フォン、タブレット端末の普及が進み、今後はスマートウォッチ、スマートグラスなどのウェアラブル端末や、各種センサ、路上カメラなど、さまざまなIoT端末・デバイスが広くフィールドに展開されることが予想されます。

203X年になると、さらなる広帯域のモバイル通信がエリア普及・定着し、映像市場においてはこれまでの放送・映像コンテンツの視聴だけでなく

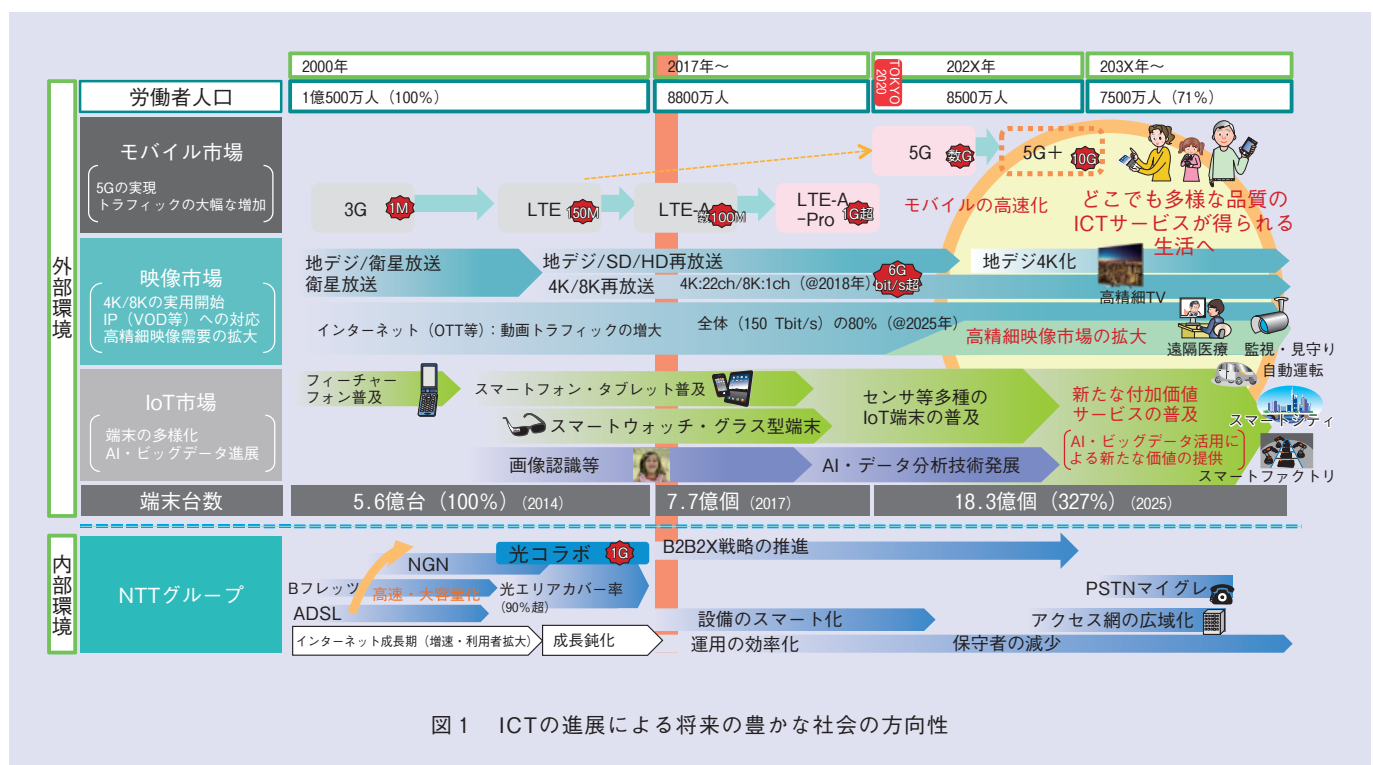


図1 ICTの進展による将来の豊かな社会の方向性

く、監視・見守り・遠隔医療などの高精細映像の利用範囲も拡大すると想定しています。また、ビッグデータ活用やAI（人工知能）技術の進展と実社会での利用が拡大することにより、高度な都市機能としてどこでも多様な品質のICTサービスが得られる生活へ変化していくことが期待されます。

■将来におけるICT利用シーン

203X年におけるICT利用シーンの例を図2に示しています。

(1) シームレスなサービス

1番目のICT利用シーンとして、人々はいろいろな場所でICTサービスをアクセス手段や端末・デバイスを気にせずに行うことができると想定しています。例えば、街を歩きながら電話している人が喫茶店に入ると、店に設置されているディスプレイを使ったTV電話にシームレスに通話が継続される、といったサービスです。このシー

ンを実現するためには、アクセス手段に依存せず、かつサービス提供サーバからユーザデバイスまでエンド・ツー・エンドで通信品質を保証する機能や、アクセス手段や端末が変わった場合においても通信をシームレスに継続する機能が必要となります。

(2) 高度な都市機能

2番目のICT利用シーンでは、都市機能としてICTを活用して高付加価値を実現しています。ダイナミックマップを例にすると、街中に配備されたセンサ類やカメラ映像、信号機などのITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）情報といったさまざまな情報を基にサーバ上で動的な地図が生成され、その情報を自動車に配信することにより、自動車が危険予測等の高度な機能を有することになります。このシーンを実現するためには、各種情報をリアルタイムで収集し

ネットワークのコンピューティングリソースを活用して計算を行う機能、ネットワークのコンピューティングリソースから多くのデバイス（自動車）に対して同時に低遅延で配信する機能が必要となります。

(3) 働き方の変化

3番目のICT利用シーンでは、働き方の変化として自宅やシェアオフィスといった環境でも高度なICTサービスを実現する必要があると想定しています。自宅におけるAR（Augmented Reality：拡張現実）会議にて遠隔地の同僚と共同作業するようなワークスタイルを想定すると、会議を実施している間のみ複数地点間にて広帯域・低遅延な通信パスを確保することや複数地点の接続可否を判定する高度なネットワーク認証機能が必要になります。

■キャリア動向

将来的にキャリアとしては、ユーザ



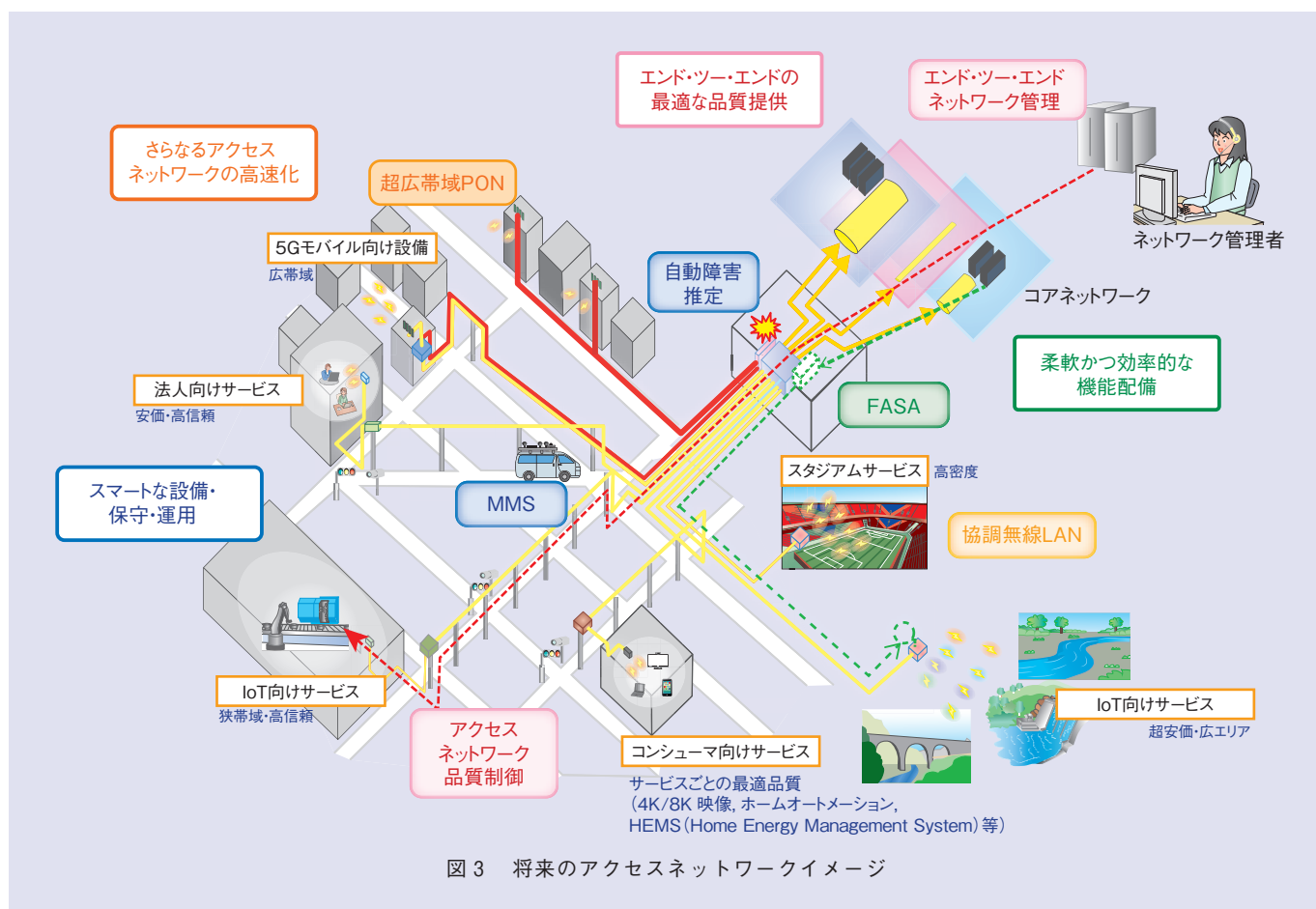
やアプリケーションが帯域・遅延・コンピューティングリソースなどを必要な量、必要な時間だけ利用できるようなカスタマイズ可能となる、即時にサービス利用が可能となるよう開通・設定を即時化する、ユーザは気にせず最適なアクセス手段が自動的に選択される、といった柔軟なネットワークサービスを、ユーザやサービス事業者に対して提供することが必要だと考えています。また、ユーザにとって契約したサービスがいつでもどこでも快適に利用可能となるためには、キャリアはエ

ンド・ツー・エンドで一元管理ができることが必要となります。さらには、このようなサービスを安価かつ継続的に提供するため、また将来的な労働人口減少に伴う保守人員減耗への対応として、サービス保守運用に対してAIやロボット技術を幅広く活用した業務自動化・業務削減を進める必要があると考えています。

5Gの本格展開時代のアクセスネットワークに必要な技術

前述の将来ビジョン実現に向けて、

NTTアクセスサービスシステム研究所（AS研）では、図3に示すような、これまで進めてきた「①さらなるアクセスネットワークの高速化」と既存の設備を活かした「②スマートな設備・保守・運用」を継続して推進することに加え、これまでの品質管理の範囲を超えた「③エンド・ツー・エンドでの最適な品質提供」、多様な通信品質要求に対する「④柔軟かつ効率的な機能配備」の研究開発に取り組み、アクセスネットワークの高機能化をめざします。以下に、それぞれの取り組みの概



要を説明します。

■さらなるアクセスネットワークの高速化

光アクセスサービスを低コストで実現するPON (Passive Optical Network) 方式の研究開発として、これまでB-PON (Broadband-PON) やGE-PON (Gigabit Ethernet-PON) の開発を進めるとともに、それぞれG.983 (2003年)、IEEE 802.3ah (2004年) の標準化に寄与してきました。その後も高速化の技術開発を進め、10 Gbit/s級の10G-EPON (IEEE 802.3av, 2009年) や、10 Gbit/s級PONシステムをベースに伝送容量拡大とサービス拡張性強化を行った40 Gbit/s級のNG-PON2 (Next Generation-PON2) (G.989, 2015年)⁽¹⁾等の標準化を推進してきました。これらの高速なアクセス技術は5G以降のモバイル基地局収容や4K/8K映像配信等に必要となる技術になると想定しています。現在は、さらなる高速化をめざしたPONシステムに関する標準化が開始されており、100 Gbit/s級の100G-EPON⁽²⁾の検討が2019年完了に向けて進められています。

無線アクセス分野では、無線LANが広く普及していますが、無線LANの標準規格IEEE 802.11が最初に定められたのは1997年、当時の最大伝送速度は2 Mbit/sでした。その後ノート型PCやタブレット等の無線端末の普及に伴って無線LANへの高速化要求も高まり、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) や

MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output) 技術の研究開発を進めてきました。その結果、最新のIEEE 802.11acでは最大6.9 Gbit/sの物理速度を実現し、通信速度はこの20年弱で実に1000倍以上に向上しています。今後、無線デバイスの多様化によりさらなる無線環境の向上が期待されるのですが、一方でスタジアムなどの高密度利用環境においては電波干渉によるスループット低下が問題となります。そこで、スループットの改善に向けた標準化がIEEE 802.11axとして現在進められています。またAS研では、高速化に加え周波数利用効率の改善に向けた協調無線LAN技術⁽³⁾の検討も合わせて実施しています。

■スマートな設備・保守・運用

アクセス設備として、これまでは各家庭に光ファイバを届けることを主眼に、ネットワーク装置やファイバを効率的に配備してきました。今後は5G/IoTの通信インフラを支えるため、増加するモバイル基地局の効率的収容や広エリアでのIoT端末の収容といった、さらに多様化する新たな要件に対して、既存の設備を最大限活用しながら、最適な設備配備となるよう検討を進めていきます。

また、保守・運用に携わる作業者の数は今後減少することが予想されているため、さらに少人数でネットワークの運営・維持が可能になるよう、よりスマートな保守・運用をめざし検討しています。例えば、点検やデータ整備の省力化に向け、MMS (Mobile

Mapping System) の活用による通信設備の点検の効率化⁽⁴⁾の検討や、ナビゲーション技術⁽⁵⁾によるネットワーク運用やサービス受付などの業務における単純作業の負担軽減・有スキル作業の容易化の検討、また、ネットワークの高度な運用・省力化に向け、自動障害箇所推定技術⁽⁶⁾によるネットワークの障害対応業務における効率化の検討、ネットワークリソース管理技術⁽⁷⁾による多様なネットワークを横断的にオペレーション可能とする検討を進めています。

今後はネットワーク運用における定型作業の積極的なシステム化による自動化に加え、AI・機械学習を活用したより高度な自動化、センサ・ロボット等を活用し人手をかけない保守・運用の研究開発を進めていきます。

■エンド・ツー・エンドの最適な品質提供

将来のネットワークは、サービス提供者から利用者までエンド・ツー・エンドで、利用するサービスに最適な通信品質を提供する必要があります。例えば、コンシューマ向けには映像サービスを利用しているときにのみ必要な帯域に合わせて自動的に帯域を確保する、センサなどをネットワーク接続するIoT向けには恒常的に狭帯域を割り当てる、といった機能です。これまでのアクセスネットワークは基本的にベストエフォート転送を実施してきましたが、今後はユーザが利用するサービスを認識し品質を割り当てる機能の研究開発に取り組みます。また、前述し

たような通信はNTTのネットワークのみを利用するわけではなく、他社のネットワークを経由することもある。最後にはユーザ個別のネットワークが存在します。エンド・ツー・エンドで品質を提供するためには、これらのネットワークとも連携する必要があることから、ネットワーク間連携を可能にするネットワーク技術、オペレーションシステム技術を検討しています。

■柔軟かつ効率的な機能配備

コアネットワークにおいてはさまざまなネットワーク機能を仮想化するNFV (Network Functions Virtualization) が広まりつつあります。一方、アクセスネットワークでは現状は提供するサービス・機能ごとにシステム開発を実施してきていることから、汎用的な機能配備の実現には至っていません。そこでAS研では、アクセスネットワークで提供する機能を部品化し、それらの柔軟な組合せを可能とするFASA (Flexible Access System Architecture)⁽⁸⁾の研究に取り組んでいます。例えば、帯域管理機能、保守機能、マルチキャスト処理機能を機能ごとにブロック化 (ソフトウェア化) し、その機能もしくはその組合せが必要なユーザに対してのみ機能アドオンすることが可能となります。これにより、迅速に多様なサービスが提供できるほか、汎用ハード共通化によるCAPEX (CAPital EXpenditure) 低減、保守業務共通化によるOPEX (OPerating EXpense) 低減、さらには汎用ハード利用により装置のEoL (End of Life) がなくな

ることでサービス継続性を担保することが期待できます。AS研ではソフトウェア部品の追加・入れ替えを可能とする共通インタフェース (API) をFASAホワイトペーパーとして発表するとともに、Broadband Forum (BBF) に対し標準化提案を実施しています。また、FASAのプラットフォーム部分についてはOpen Networking Foundation (ONF) などのオープンソースソフトウェアコミュニティを活用し、オープンな実装とする活動を実施しています。

今後の展開

AS研では、これまでの高速化・大容量化技術の検討に加え、エンド・ツー・エンドの最適な品質提供、機能配置の柔軟化、基地局の効率的収容および配線の新たな利用への対応の検討に着手し、アクセスネットワークを高機能化する方向で研究開発を進めていきます。

■参考文献

- (1) ITU-T Recommendation G.989: "40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): Definitions, abbreviations and acronyms," 2015.
- (2) <http://www.ieee802.org/3/ca/>
- (3) 河村・石原・岩谷・篠原・秋元・井上・市川・鷹取: "無線LANの最新動向と協調無線LAN技術," NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.1, pp.18-21, 2017.
- (4) 佐々木: "アクセス設備運用をイノベーションする技術開発," NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.2, pp.51-55, 2017.
- (5) 原田: "業務を効率化し価値を創出するオペレーション技術," NTT技術ジャーナル, Vol.28, No.2, pp.69-73, 2016.
- (6) 糸井・矢川・大石・岡崎: "障害対応業務のナレッジ化・迅速化をめざした自動障害箇所推定技術," NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.5, pp.60-64, 2017.
- (7) 堀内・明石・佐藤・小谷: "ネットワークリソース管理技術," NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.7, pp.48-52, 2017.

- (8) 大高: "柔軟なアクセスシステムを実現するFASA (Flexible Access System Architecture) の取り組み," NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.2, pp.46-50, 2017.



(後列左から) 堀川 健史/ 成川 聖/
桐原 誉人/ 南 勝也
(前列左から) 池田 智/ 新居 文司/
古川 裕透

将来の生活・産業を支えるアクセスネットワーク技術の確立に向けて、コンシューマや各種産業におけるさまざまなユースケースを想像・創造し、研究開発に取り組んでいます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
アクセスサービスシステムプロジェクト
TEL 0422-59-4853
FAX 0422-59-5651
E-mail asap-info@lab.ntt.co.jp