

## ホワイトペーパー

## 社会価値の創造に貢献する次世代ネットワーク

日本電気株式会社

## エグゼクティブ・サマリ

3G および 4G のモバイルネットワークにおけるイノベーションは個人のコミュニケーションのあり方を大きく変えるものでしたが、次世代のモバイルネットワークにおけるイノベーションは社会全体に大きなインパクトを与えるものになると NEC は考えています。NEC は、高度な ICT を活用した「社会ソリューション」に注力し、世界が直面する社会課題の解決をとおして、持続可能でより豊かな未来を創造することを目指しています。次世代のモバイルネットワークは、社会ソリューションをとおして ICT で高度化される都市・産業インフラと柔軟に融合することにより、様々な産業セクタにおいて消費者や企業に幅広い利益をもたらすと NEC は考えます。関連技術を用いた革新的な手法により、環境へ及ぼす影響を最小限に抑えながら、世界中で増え続け、高齢化と都市化が進む人口を支えることが可能になるでしょう。これらの技術には、自動運転車のための超低遅延の通信や、医療や環境のモニタリングを実現する M2M センサ・ネットワークのための数 kbps 程度の通信、超高解像度の映像配信のための最大 100 Mbps の通信などが含まれます。

2020 年頃のモバイルネットワーク（Network 2020）では、今後の 5G の標準化を経て世界的な技術革新の実用化が進み、NEC のビジョンが現実になると考えます。Network 2020 は、より安全な都市づくりや、公共サービスや人々の生活の質の改善に貢献します。また、交通、物流、電気・ガス・水道、医療、製造、農業を含む多くの産業で、より効率的な新しいサービスを創出できるようになります。これらの産業セクタにおけるビジネスは、ネットワーク事業者、ベンダ、および多様な都市・産業の事業者との協業により、モバイルおよび ICT 関連の新たなイノベーション・エコシステムを創り出すための主要な原動力となります。

新たな社会ソリューションの提供のため、様々なビジネスモデルやサービスが創り出されるにつれて、Network 2020 の性能要件は多様化していくでしょう。また、IoT のコンセプトはこの動向に拍車を掛けるでしょう。そのため、Network 2020 には、多様な社会ソリューションを実現するために必要な機能を、他の産業と連携して効率良く提供することが求められます。それには、他の産業の ICT プラットフォームと柔軟に融合できる新たなネットワークアーキテクチャが必要になります。SDN および NFV 技術はそのような革新的なアーキテクチャを経済的に構築する助けになるでしょう。

NEC は、ネットワークとコンピューティングの革新的な技術を併せ持つ、類のない企業としてリーダーシップを発揮し、お客様やパートナー企業と密接に連携しながら、Network 2020 を活用した社会ソリューション事業をとおして、豊かな社会の創造に取り組んでいきます。

## はじめに

モバイルネットワークは人々のライフスタイルを大きく変えてきました。通信サービスは従来の音声ベースの通信から発展して、映像、画像、オンラインコンテンツなど多様なメディアを扱うようになり、消費者をいつでも、どこでも、誰とでもつなげるのに役立っています。こうした 3G および 4G のモバイルネットワークにおけるイノベーションは、個人のコミュニケーションのあり方を大きく変えるものでした。一方で、次世代のモバイルネットワークのイノベーションがもたらす最大の価値は、今までにない革新的な方法で世界中の様々な社会を豊かにすることだと NEC は考えます。次世代のモバイルネットワークが担う役割を思い描くには、社会の大きな潮流と、未来の

人々の生活に恩恵をもたらす先端技術とを分析することが重要です。

世界では今後、人口が劇的に増加し、都市化が一層進展すると予測されています。新興国では出生率の増加や、中間所得者層の拡大により、経済発展が加速しています。一方で、先進諸国では人口に占める高齢者比率が拡大するとされており、相対的な経済力の低下を免れません。世界経済はすでに、新興各国を含む多極型の構造へと変容しつつあります。

インターネットの普及がもたらす情報格差の縮小は、フラットでオープンな世界を形成し、各国経済の相互依存性をさらに強めるでしょう。これにより、自然災害やサイバー攻撃など、どこかの国で発生した事象のインパクトは、あらゆる国に瞬く間に波及するようになります。そのため、各國はこれらの社会課題に対処するための新たなインフラを構築し、地球上の限られた資源を有効活用しながら、すべての人々に安全・安心・公平な暮らしをもたらすことが求められます。

N E Cは、高い経済効率を実現する産業インフラや、人々の安全・安心を高める都市インフラを創造する際に、ICTがより重要な役割を担うと考えています。今後、ICTはより多様な領域へ浸透して様々なシステムをつなげ、全体を調和させることで、社会課題を起点とした新たな価値を創造します。例えば、高度なセンサとICTプラットフォームにより、あらゆる人・物・コトの状態を捉えられるようになり、新しいタイプのビッグデータ分析が可能になります（実世界のデジタル

化）。多様な情報は、新たな社会価値を創造するリアルタイム分析や推論など、高度に発達したデータサイエンスを通じて新たな解決手段を生み出します（分析・推論）。こうして実現されるインテリジェントなデータ処理により、都市インフラや、生産工場・プラントなどの設備、ロボットや自律車両のようなメカトロニクスをより効率的に管理できるようになります。また、高度な人工知能を使って人間の能力を高めることで、人間の思考や感情をより深く理解できるようになり、意思決定を正しい方向に導く助けになります。このように、分析・推論によって得られる知見を利用して、現実世界を制御・誘導するフィードバックループを形成することができます（制御・誘導）。

実世界のデジタル化、分析・推論、および制御・誘導を支えるICTプラットフォームは、社会が直面する多くの課題を解決する助けとなるでしょう。次世代のモバイルネットワークは、多様な方法で社会を豊かにする新たな都市・産業インフラを構築するために、こうした高度なICTプラットフォームと融合され、新たな社会ソリューションを生み出す重要な役割を担うとN E Cは考えます。

## 次世代ネットワークに対するビジョン

N E Cは、効率的な産業インフラが経済成長を実現し、その下でより安全・安心な都市インフラの整備が進み、人々が豊かな生活をとおして人間性と創造性を發揮することで社会が再成長する、

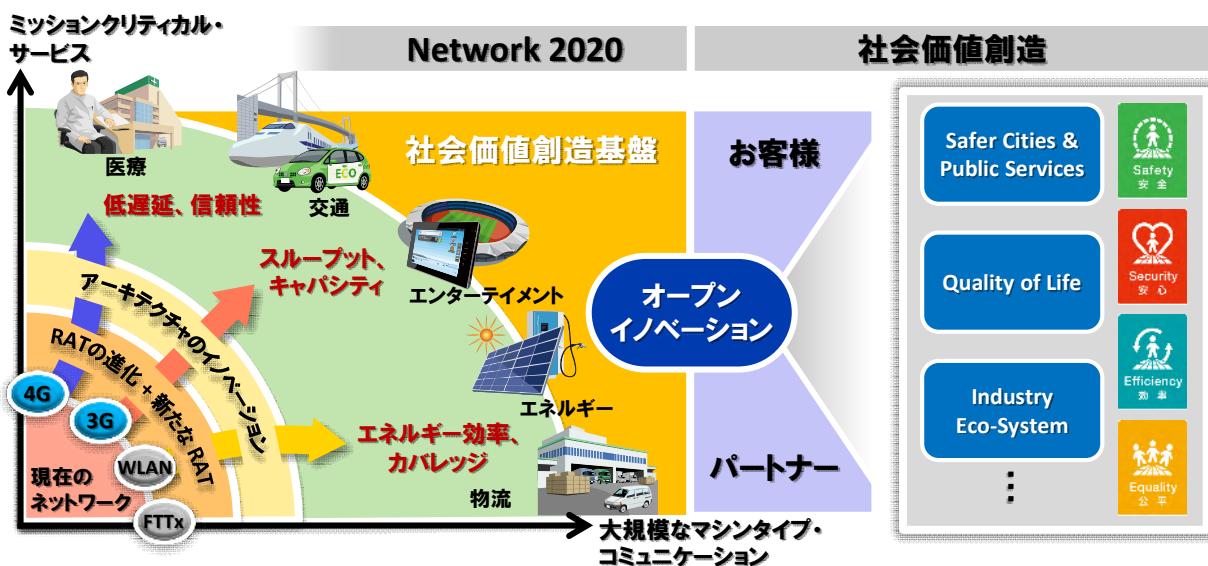


図 1 Network 2020 のビジョン

持続可能な世界を創ることを目指しています。今日の社会課題を解決するためのソリューションは多岐にわたり、国や地域によって解決方法も異なるはずです。しかし、モバイルネットワークが実世界のあらゆる人・物・コトと ICT プラットフォームとの間をつなぎ、ソリューションをとおして社会や産業、人々の生活に新たな価値をもたらすという基本的な仕組みは共通です。

モバイルネットワークの用途として、当初は消費者向けサービスが開拓され、やがて企業向けソリューションへと発展してきました。現在は、スマートフォンやタブレット向けの革新的なアプリケーションが利用されています。また、実世界の様々な物をインターネットにつなぐコンセプト

(IoT) が注目を集め、市場に新たなサービスが展開されています。しかし、モバイルネットワークを用いた社会価値の創造はまだ過渡期にあります。2020 年頃のモバイルネットワーク (Network 2020) では、今後の 5G 標準化を経て世界的な技術革新の実用化が進むでしょう。これにより、高い水準の社会価値、すなわち安全・安心・効率・公平をもたらす様々な社会ソリューションを創り出すことが可能になります（図 1）。NEC は、社会ソリューションへの取り組みを具体化するために、社会価値創造に関する 7 つのテーマを策定しました[1]。例えば、Network 2020 は以下に挙げるテーマの発展に貢献すると考えておきます。

### 1) Safer Cities & Public Services

安全・安心な都市づくりや成熟した社会の構築を支援します。例えば、伝送遅延や信頼性などのネットワーク性能を向上させることで、より高度な交通制御、衝突回避、街中監視、遠隔医療を実現できます。また、車載機器や医療機器などの IoT デバイスを活用したミッションクリティカルなソリューションを可能にします。

### 2) Quality of Life

ユーザが従来にない高品質な体験を享受し、人間性と創造性を發揮する豊かな生活を支援します。例えば、スループットやキャパシティなどのネットワーク性能を格段に向上させることで、8K 動画や AR を活用した高度なアプリケーションを実現できます。

### 3) Industry Eco-System

農業、製造業、物流、エネルギー、インフラ管理など幅広い産業セクターにおいて、産業インフラの効率化を支援します。例えば、通信のエネルギー効率、収容可能な端末数、地理的カバレッジな

どのネットワーク性能を向上させることで、無数のセンサなどの IoT デバイスを活用したソリューションが可能になります。

社会ソリューションは、ICT だけで実現できるものではありません。最も重要なのは、社会の様々な領域でサービスを提供する事業者やサービスを利用する人々の知識や経験です。様々な産業とのパートナリングにより、本質的な課題の追求、各領域のアセットを活用した社会価値の創出、持続可能なビジネスモデルの構築が可能になります。こうしたオープン指向の取り組みによって、高い水準の社会価値を提供するイノベーションが生まれ出されていきます。

本質的な課題・価値を追求するオープン指向の取り組みは、ICT 市場のビジネスモデルの変革を促します。例えば、従来の通信サービス事業者は、消費者や企業に対して主に通信手段を提供していました。今後は ICT を活用し、他の産業とエコシステムを築きながら、世界が直面する様々な課題を解決する社会ソリューション事業が、成長の原動力になるでしょう。

さらに、ビジネスモデルの変革は、次世代のネットワークにおいてアーキテクチャの変革も促すでしょう。例えば、実世界の様々なデータの収集、分析・推論、制御・誘導を支援する共通の ICT プラットフォーム（社会価値創造基盤）を利用することで、多様な社会ソリューションを効率良く実現できます。他の産業の ICT プラットフォームも含めてこうした社会価値創造基盤を確立するには、ハードウェア、ネットワーク機能、アプリケーションの間の相互依存性を減らして、各要素の柔軟な組み合わせを可能にする革新的なアーキテクチャが必要になります。さらに、関連する各種 API のオープン化を推進する必要があります。

Network 2020 では、ビジネスモデルの変革とアーキテクチャの革新により、豊かな社会を実現していきます。

## Network 2020 のユースケースと性能要件

Network 2020 は様々な都市・産業の ICT プラットフォームと融合することで、社会や産業、人々に新たな価値をもたらします。ここでは、交通制御、エンターテイメント、物流管理を例に、Network 2020 のユースケースを紹介します（図 2）。さらに、ICT プラットフォームをサイバー

攻撃などの様々な脅威から守るためのセキュリティサービスについても説明します。最後に、Network 2020 に求められる性能要件についてまとめます。

## 1) 交通制御

Network 2020 の技術をインテリジェントな交通システムの構築に適用すると、安全・安心で効率的な都市づくりが可能になります。ネットワークに接続した車両や道路インフラから、センサ情報や映像などのビッグデータを収集して分析することで、交通渋滞を緩和したり、人々の安全運転を支援したり、温室効果ガスを抑制することができます。

具体的には、最適な走行経路や移動速度を各車両へ指示し、次の信号へ青信号のタイミングで到達するように制御することで、交通渋滞を緩和したり目的地までの所要時間を減らすことができます。また、交通事故や道路の閉鎖などが起きた場合、周辺車両へ注意喚起を行うことで多重事故を防止できます。緊急時には、危険が迫っている車両を強制的に停止させたり、より安全な迂回路へ誘導したりすることもできます。

さらに、車両や歩行者にお互いの位置を知ることで衝突を回避するシステムや、交差点へ向かう車両に他の車両の存在を通知する路側センサを使用して、交通事故を減らすことができます。また、道路上の車両を協調走行させるシステムを使用して安全な車間距離を確保し、過度の加速や急ブレーキを減らすことで、交通の流れを円滑に

し、温室効果ガスの排出量を削減できます。

サービス種別によりますが、これらのリアルタイム性が高いサービスを実現するには、Network 2020 では End-to-End の遅延時間を 1ms～100ms 以下に抑える必要があります。特に、衝突回避のようなミッションクリティカルなサービスでは、100%に近い信頼性で所望の遅延時間を実現する必要があります。また、Network 2020 は超高速で移動する車両に対しても信頼性の高い通信手段を提供し、道路上の何百万台もの IoT/M2M デバイスと接続できなくてはなりません。

このように、超低遅延で信頼性の高い Network 2020 と、映像解析や状態予測などをリアルタイムに行う ICT プラットフォームとを融合することで、新たなサービスを創出できます。こうしたサービスは、安全・安心で効率的な都市づくりにおいて重要な役割を担います。

## 2) エンターテイメント

Network 2020 を用いた新たな社会ソリューションは、多様な方法で人々の生活をより豊かにします。例えば、オリンピックなどの大規模イベントにおいて、ユーザ体験を向上させたり、開催都市に経済効果をもたらします。

2020 年頃のモバイル環境では、超高解像度の 4K 動画ストリーミング、場合によっては 8K 技術が一般的になります。これにより、多彩な色や明るさ、質感や滑らかな動きを表現できるようになります。ユーザにより素晴らしい視覚体験をもたらします。映像はよりインタラクティブになり、ユ



図 2 Network 2020 のユースケース

ユーザは例えばサッカーの試合観戦時に、映像の属性情報を用いて自動的にお気に入りの選手を追尾したり、関連する試合の統計情報を見るることができます。スタジアム内のウェアラブル端末や会場カメラから映像サンプルを収集し、観客の好みに応じた視点の映像を生成することもできます。また、観客はナビゲーションサービスを利用して会場内の設備を探したり、自身の嗜好に合った広告配信を受けられます。さらに、公共広場や鉄道駅のデジタルサイネージで地域の情報を提供することにより、このようなイベントにより多くの人々が参加できるようにします。これは特に海外からの訪問者の助けになります。

これらのサービスを実現するために、Network 2020 は大規模イベントでユーザから生じる膨大な通信トラフィックを収容する必要があります。例えば、8 万人近くの観客のうち 15%が、試合のハイライトシーンを見るために 8K 動画(約 100Mbps)を再生する場合には、約 1200Gbps もの通信トラフィックが発生します。また、ユーザに個別の広告や AR 付きナビゲーションを提供するには、ユーザの位置や嗜好性の分析、およびコンテンツ配信をリアルタイム(100ms 程度)で行う必要があります。これらの要件を満たすために、次のようなソリューションが考えられます。例えば、スタジアム内に超小型アンテナを 10m 間隔で多数配置してセルの高密度化とビーム制御を行うことで、8 万人規模のユーザを収容します。また、アプリケーションから無線アクセスまでを統合制御することにより、映像配信品質を向上させます。さらに、ユーザのプロフィールや嗜好性を基地局レベルでローカルに分析することにより、ユーザの嗜好に合った映像や情報をリアルタイムに配信します。

実体験とデジタル体験を組み合わせたこれらのサービスにより、イベントにおけるユーザ体験をより豊かなものにします。また、ターゲットを絞った広告や目的地までのわかりやすい案内などにより、地域のレストラン、小売店や他のビジネスにおける消費を促し、周辺地域に経済効果をもたらします。

### 3) 物流管理

産業の効率化を促進する社会ソリューションの一例として、物流管理に Network 2020 と IoT/M2M 技術を適用することで、顧客により正確で経済的なサービスを提供することができます。

多くの場合、荷物の配達や物品の引き渡しは、複数の異なる企業が密接に連携し、海、空、道路

や鉄道を利用して、世界中の発送者と受取者を結びつけることで実現されています。しかし、既存の物流管理システムは各企業が独自に構築しているため、発送者から受取者に至るまでの配達状況を正確かつリアルタイムに把握できず、効率の良い配達を実現することが困難です。

こうした問題は、貨物輸送中の個々の荷物の位置情報を、輸送システムの運行情報と結び付けて、荷物の流れをより可視化することで改善できます。それには、荷物の現在位置、道路の混雑状況、天候、および各荷物の配達予定日時などを、物流各社がリアルタイムに把握できる必要があります。Network 2020 を介してこれらの情報を把握できれば、SMS で確認した受取者の在宅情報と併せて分析することで、各荷物の配達に最適なルートを計画できます。これにより、受取者不在による再配達をなくし、荷物が輸送ネットワーク上の拠点に滞留する時間を短縮でき、全体の物流コストを大幅に削減できます。

このような高度な物流管理システムでは、IoT 通信デバイスが個々の荷物に付与されます。これは、世界中で発生する膨大な数の貨物輸送に伴い、ネットワークに接続する通信デバイスの数が増加することを意味します。実際に、Network 2020 は、今日のモバイル端末管理システムと比較して 100 倍から 1000 倍の数の荷物用 ID 番号を管理することが求められます。また、倉庫内やトラック内での荷物の位置を識別するために、1m 以下の高精度な位置情報の測定も求められます。さらに、荷物には供給電源がない場合も多く、End-to-End の輸送には数週間かかることもあるため、無給電で長時間ネットワークと通信できるデバイスが必要になります。

これらの要件を満たす Network 2020 を利用すれば、より効率的で正確かつ経済的な物流のグローバルネットワークを実現できるようになります。

### 4) セキュリティ

大規模化かつ複雑化する ICT プラットフォームの安全・安心を向上させるために、高度なセキュリティサービスが必要になります。NECは、Network 2020 を用いることで、次に述べるセキュア・ネットワークサービスとセキュア・マネージドサービスを実現できると考えています。

IoT デバイスが普及すると、あらゆる産業や施設の事業活動をより効率的に管理できるようになります。一方で、その基盤となる ICT プラットフォームに対して、接続される大量のデバイスを介したサイバー攻撃が仕掛けられます。こうした

脅威からユーザ自身の手で ICT プラットフォームを適切に守ることは困難なため、高度なセキュリティサービスが必要になります。SDN/NFV 技術を活用すれば、ユーザの要件に従いネットワークのセキュリティレベルを各ネットワークノードで柔軟かつ容易に設定できるようになります。こうした仕組みを活用したセキュア・ネットワークサービスは、個人ユーザ、企業、社会インフラ事業者など、異なるセキュリティ・プロファイルや要件を持つ多様なユーザに提供できます。例えば、ネットワーク側で IoT デバイスを認証することで、アドレス詐称による不正アクセスや、デバイスへの攻撃、乗っ取りを防ぐことができます。また、IoT デバイスのデータ処理をネットワークのエッジノードに分散させてローカルに暗号化・復号化を行うことで、それらのデータを保護できます。

一方、クラウドサービスを利用する社会インフラ事業者や企業は、機密情報の窃取や企業の事業活動の妨害を目的とする標的型攻撃に晒されています。特に近年の内部関係者の犯行を踏まえると、サイバー攻撃は今後さらに高度化すると予想されます。セキュア・マネージドサービスでは、サイバー世界におけるユーザの ICT システムの動作と、現実世界における人の行動を統合的に監視し、ビッグデータ分析を利用して攻撃を検出することで、高度なサイバー攻撃による被害を防ぎます。具体的には、セキュリティカメラで捕えた人の行動などの画像データと、ユーザの ICT システムやクラウド基盤に関連するログ情報を分析することにより、セキュリティ・インシデントを早期に発見します。インシデントを発見した場合、セキュリティ要員がセキュリティ・ポリシーに従って適切な対処を行います。例えば、ICT システムやクラウド基盤において、攻撃による影響を受けた箇所を特定して隔離することで、被害を最小限に抑えます。また、攻撃をハニーポットへ誘導し、攻撃者に察知されないように対抗手段を構築することで、ユーザの事業が中断しないようにします。

このように、ユーザの要件に従い柔軟かつ容易にセキュリティレベルを設定できる Network 2020 を利用し、様々なセキュア・マネージドサービスを提供することにより、ICT プラットフォームの安全・安心を効率的に向上できます。

## 5) 性能要件

これまでに紹介したユースケースを実現するために Network 2020 に求められる性能要件、および Network 2020 に統合される ICT 機能を表 1 に示します。この表に示す通り、Network 2020

に求められる性能要件はユースケースにより大きく異なります。例えば、交通制御では超低遅延や高信頼性、エンターテイメントでは高いユーザデータレートや超過密エリアにおいて膨大な通信トラフィックを収容するのに十分な容量が求められます。一方、物流管理では膨大な数の IoT デバイスを管理できることや、個々のデバイスの位置情報を高精度に推定できることが求められます。

これらの要件のうち、互いに相反する関係にあるものは同時に実現することが困難な場合もあります。しかし、これらのユースケースはいつでもどこでも必要になるわけではありません。そこで、Network 2020 では、ユースケースやユーザの状況に応じて、各ネットワークノードに対して機能やリソースを最適に配備できる柔軟なアーキテクチャが求められます。

表 1. Network 2020 の要件

ユースケース		ネットワーク	ICT機能
運輸業界	洗濯緩和	接続デバイス数 $> 10^6 \text{ per km}^2$	ビッグデータ分析による交通状況のリアルタイム予測
	衝突回避	遅延時間 < 5 ms 超高信頼性	デバイス位置のリアルタイム分析・通知処理
エンターテインメント	超高解像度の動画配信	トラフィック容量 $> 10 \text{ Tbps/km}^2$	ユーザの密集分布に応じた動画配信
	ARナビゲーション/観客の好みの視点映像	ユーザデータレート $> 0.1 \sim 1 \text{ Gbps}$	ユーザの位置や嗜好に応じた映像合成処理
物流	膨大な数の荷物の管理	管理ID数 $> \text{IMT-A 規格の } 100 \sim 1000 \text{ 倍}$	位置の時系列データと紐付けた荷物のID管理
	配達ルートの最適化	位置測定精度 < 1 m	デバイス位置などの分析による最適な配達ルートの決定
	長時間の動作	エネルギー効率 $> \text{IMT-A 規格の } 100 \text{倍}$	...
セキュリティ		セキュリティレベルの柔軟な設定	ビッグデータ分析によるセキュリティインシデントの検出

## ネットワークアーキテクチャ

Network 2020 では、SDN と NFV によりネットワーク機能の仮想化とプログラマビリティの向上が進み、ユーザのサービス要件に応じた様々なネットワーク機能が、共通の ICT プラットフォーム上で提供されるようになります。その結果、アクセス、トランスポート、コア、アプリケーションなど、ネットワークの各機能の実装と配備の

柔軟性が高まり、ユーザが求めるソリューションをより短期間で提供できます。

NECは、ネットワークと多様な都市・産業のICTプラットフォームを融合していく中で、このようなアーキテクチャの進化が続いていると考えています。すなわち、社会価値の創造を可能にする多様なソフトウェア機能（価値実現手段）が共通のICTプラットフォームに統合され、ユーザのサービス要件に従って適切なノードへ柔軟に配備可能になります。さらに、付加価値サービスを実現するため、高度な分析・推論などのソフトウェア機能を外部ベンダから容易に導入できるようになります。これらの進化により、新たな社会価値を創出する高度な共通ICTプラットフォーム（社会価値創造基盤）が実現されます。こうしたプラットフォームは、現実世界での様々なデータの収集、分析・推論、制御・誘導を効率化し、多様な社会ソリューションを支えます（図3）。

以下、Network 2020のアーキテクチャの中核をなすMANOについて説明し、さらに、コア、トランスポート、無線アクセスの各ネットワーク機能に求められる要素技術を説明します。

### 1) マネジメント&オーケストレーション(MANO)

仮想化されたネットワークが普及すると、サービスの迅速な導入のみならず、リソースの全体最適配置、トラフィックのリアルタイムな収容状況

に応じたネットワークの動的な構成変更など、MANOが担う役割がますます重要になります。従来、プロビジョニングや運用監視、課金などを司ってきた OSS/BSS とも密に連携しながら、MANO は End-to-End でのサービス/ネットワークのオーケストレーションを実現します。

#### A) 統合オーケストレーション

仮想化されたネットワークは、過渡期においては既存のネットワークとの共存が必要になります。そのため、MANOは個々の仮想化ノードはもとより、混在する既存ノードも含めてネットワーク全体のライフサイクルを管理します。これにより、ネットワーク管理の複雑さを抑えて OPEX を削減しながら、既存のネットワークからのスムーズなマイグレーションを実現します。

#### B) サービス構築

MANOは、リソースの調達からプロビジョニングまでの一連のアクティベーションを、アプリケーションやユーザの要求に応じて自動化し、効率良く実行するのに欠かせません。新たな付加価値による収益機会を創出するため、MANOにはサービス事業者が経済的かつ迅速にサービスを構築・変更できる柔軟な仕組みが求められます。さらに、オープンなAPI（価値実現API）を介して、サービス構築の能力を様々な事業者に開放できることが重要になります。これにより、通信サービス事業者と多様な都市・産業の事業者が参加する

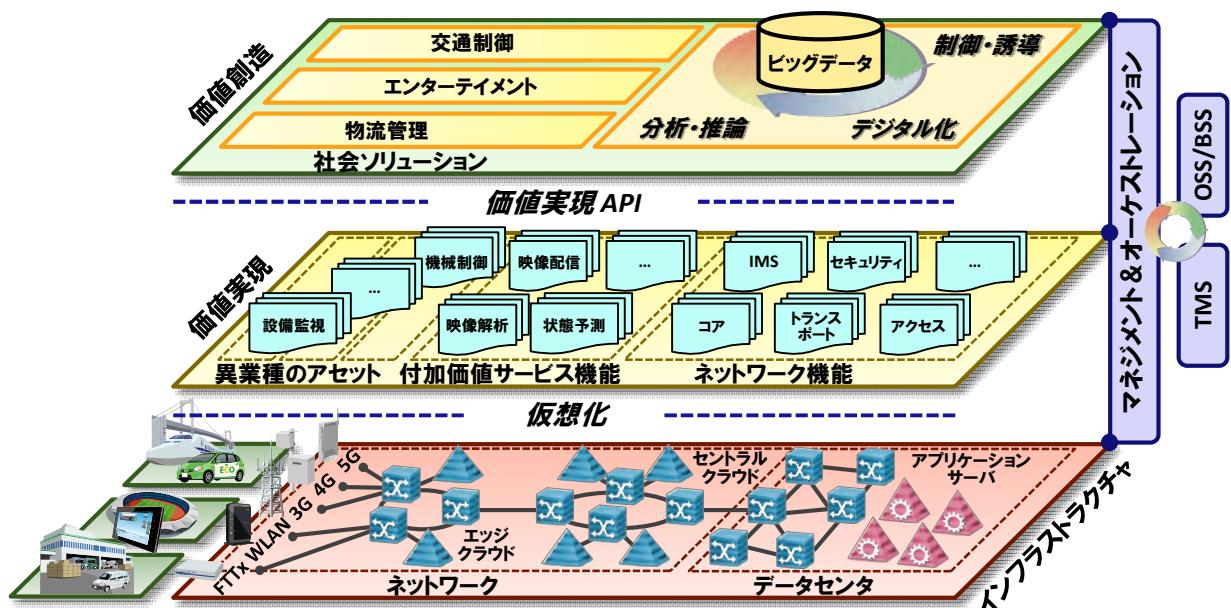


図3 Network 2020 のアーキテクチャ

新たなビジネスモデルの創出が可能になります。

### C) ネットワークの動的制御

Network 2020 では、継続的にデータ収集、分析、制御を行うフィードバックループを形成し、ネットワークを動的に制御する機能が不可欠となります。こうした機能を提供する TMS は、メディアオプティマイザ、ビジュアライザ、サービスコントローラから構成されます。メディアオプティマイザは、TCP 最適化技術や高度な圧縮アルゴリズムなどを利用して、トラフィックがネットワークを通過する際の帯域とリソースの消費量を最小限に抑えられるようにします。ビジュアライザはトラフィックログを収集・分析し、その結果を可視化します。サービスコントローラは、ネットワーク上のトラフィック量と制御ポリシィに従って、メディアオプティマイザに指示を出します。

さらに、Network 2020 では、ビッグデータ分析ソリューションによって提供される学習・予測の機能が重要になります。例えば、ネットワークの輻輳やサービス停止を予測して、あらかじめ追加のネットワークリソースを割り当てたり、トラフィックの経路を変更します。これらの機能により、ネットワークを通過するトラフィックに、SLA に沿って制御ポリシィを確実に適用できるようになります。

## 2) コアネットワーク機能

SDN および NFV 技術を活用すれば、光ファイバ、無線 LAN、2G から 5G までのモバイルなど、様々な通信サービスの間で共用可能な、柔軟かつ効率の良いネットワークインフラを実現できます。共通のインフラを用いて通信サービスを統合することで、サービスに特化した複数の専用ネットワークを構築する必要がなくなり、付随するコストや作業を削減することができます。また、リアルタイムの通信需要や、個別のアプリケーションやエンドユーザーが必要とする遅延時間、帯域幅、安全・安心の水準に応じて、通信トラフィックの経路をネットワーク全体で最適化できます。

### A) アクセス特性に応じたネットワーク最適化

Network 2020 には、人のコミュニケーションだけではなく、より幅広い用途の M2M デバイスやモバイルアプリケーションも含めた最適化が求められます。それには、コアネットワークが各デバイスのアクセス特性を認識し、その特性に合った機能やリソースを適切に割り当てる必要があります。例えば、静止状態で一日に数回の少量データを送信する環境センサであれば、ハンドオーバ

の管理や着信の機能は必要ありません。一方、電車内のオンライン防犯カメラなど固定ルートを高速移動しながら大容量の上り通信を行うデバイスの場合は、走行ルートや時刻表に基づいてデバイスの位置を予測し、その近傍に適切なリソースを割り当てることで、ネットワークの最適化を図ります。

交通制御における衝突回避のような、ミッションクリティカルなサービスに利用するデバイスは、超低遅延でデータを送受信する必要があります。遅延時間を短縮するには、例えば、サービスを提供するサーバとデバイスとの間の最短経路上に十分な帯域を提供できるように、ネットワークの経路設定を変更する方法があります。あるいは、デバイスの近傍に処理リソースを配備する方法もあります。さらに、ネットワークの中継処理を簡略化して遅延を短縮することも可能です。

### B) 高度 SDN/NFV による柔軟なアーキテクチャ

高度な SDN と NFV の機能を活用する Network 2020 では、MANO が重要な役割を担います。ユーザのサービス要件を満たすため、リアルタイムのアクセス特性を勘案しながら、抽象化された共通 API を利用し、コアネットワークに対して ICT 機能と処理リソースを柔軟かつ機動的に割り当てます。

コアネットワークは、MANO の要求に応じて、ハードウェアリソースの使用量を増減させることで、エネルギー消費や OPEX/CAPEX を最適化できるアーキテクチャを備えます。さらに、近隣のシステムに影響を及ぼすことなく、従来のネットワーク機能を細分化して、必要に応じて再構成する仕組みも備えます。これにより、End-to-End で数 ms の遅延など、ミッションクリティカルなサービス要件も満たせるようになります。

### C) 膨大な IoT デバイスの効率的な認証と識別

複数の IoT/M2M デバイスが、同じサービスを利用する、特定の地域に存在する、または同じサブネットワークに接続するような場合、それらをグループ化することでより効率的にデバイス認証を行うことができます。例えば、高い水準のセキュリティを必要としないサービスの場合、こうしたグループ内の個々のデバイスに従来の認証処理を一律に適用するのではなく、グループ単位で認証処理を行うことで、ネットワーク全体の認証処理を効率化できます。

新たなビジネスモデルによっては、SIM カードを利用せずにデバイスを識別する必要が生じます。現在は、各デバイスは特定の通信サービス事

業者に帰属し、事業者が提供する SIM カードの IMSI により識別されています。将来的には、異なる事業者の複数のネットワークを利用してシームレスな M2M サービスを提供する企業が現れることが想定されます。この場合、外部 ID など IMSI に代わる方法で、各デバイスを識別する必要があります。

### 3) トランスポートネットワーク機能

将来のネットワークをより柔軟に利用するためには、有線と無線や、バックホールとフロントホールのように、様々なネットワークの融合を進め、これらを統合制御していくことが求められます。Network 2020 では、制御技術の進化に伴い、リアルタイムのネットワーク容量、輻輳、トラフィック量などを考慮して、臨機応変に最適なバックホール経路を選択できるようになります。例えば、マイクロ波による伝送が悪天候の影響を受けている場合には、光ファイバの伝送経路を選択できます[2]。さらに、NEC は多値変調や xWDM などの技術革新により、アクセス層からメトロ、バックボーンネットワークに至るまで、光ファイバやマイクロ波を利用した大容量で低遅延の伝送を提供します。

### 4) 無線アクセスネットワーク（RAN）機能

仮想化された RAN への移行は段階的に進むと考えられます。最初のステップでは基地局をデジタル処理部（DU）と無線処理部（RU）に分割した集中制御型の RAN を導入しました。多くの場合、DU と RU は異なる場所に配置されます。例えば、基地局を配置していた場所に複数の DU を集約し、サービスを提供する場所（サイト）に小型の RU を設置します。こうした構成には、効果的なサイト間協調により干渉を低減して QoE を改善したり、ネットワーク運用の複雑さを抑えたり、サイト取得を容易にするなど、様々なメリットがあります。次のステップでは、仮想化されたクラウド RAN（C-RAN）アーキテクチャの実現へ向けて、DU のデジタルベースバンド処理部の仮想化が行われます。

#### A) RAN 機能の仮想化

汎用サーバに実装された仮想マシン上で DU のデジタルベースバンド処理を実行します。これにより、DU 配下の個々のサイトに汎用サーバの処理リソースを自由に割り当てることができます。その結果、デバイスの数や、トラフィック量、QoS/QoE の要求が、時間や場所に応じて大きく

変動する環境においても、処理リソースを効率良く提供でき、TCO を削減できるようになります。

一方、DU の集中制御により、接続された複数の RU を協調動作させることで、サイト間の干渉を低減します。これにより、多数の RU が過密に設置されている場合でも、システムの容量を効率良く拡大できます。また、この種の協調動作は、無線 LAN など 3GPP RAT 以外のアクセス技術との間にも適用され、異なるアクセス技術間のシームレスな通信を実現し、QoE を改善します。

#### B) モバイル・エッジ・コンピューティング

今日のモバイルネットワークでは、ビッグデータ分析などの End-to-End 処理は、主にデータセンターの外部サーバで行われています。5G の時代には、汎用サーバで集中処理されるタスクがある一方で、一部のタスクは基地局などのネットワークエッジで実行されるようになります。これにより、コアネットワークの上位層にあまり大きな負荷をかけずに、リアルタイム処理や膨大なデータの分析を必要とする新たなサービスを、より経済的かつ省電力で提供することが可能になります。

自動運転車での衝突回避など、超低遅延なデータの送受信を必要とするミッションクリティカルなサービスを実現するためには、ネットワークのさらなる技術革新が必要になると考えます。例えば、デバイスとアプリケーションサーバの間の物理的な経路を最短にする方法が考えられます。また、デバイスの近傍にあるネットワークノードにコンテンツ・キャッシュを配備する方法もあります。さらに、超低遅延の要件を満たすために新たな RAT が導入される可能性もあります。

#### C) セルの仮想化

今日のモバイルネットワークでは、各基地局のアンテナの設置位置（サイト）の周辺にセルが形成され、通信に必要な無線リソースをセル内のユーザへ割り当てます。将来の RAN アーキテクチャでは、デジタルベースバンド処理部だけでなくサイトも仮想化され、複数の仮想化されたサイトを柔軟に組み合わせてセルを形成します。これにより、セル内のユーザに対して無線リソースを効率良く提供できるようになります。また、ビームフォーミング技術により、ユーザの分布に応じてセルの形状を柔軟に変えることも可能になります。このような柔軟なアーキテクチャを用いると、ユーザが利用するサービスに十分な無線リソースを提供でき、通信トラフィックが時間や場所により大きく変動する場合でもユーザの QoE を改善できます。

さらに、高出力の RU と低出力の RU から成るヘテロジニアスなアーキテクチャを導入することで、Network 2020 の多様な要件を効率良く満たせるようになります。具体的には、高出力の RU は主にハンドオーバなどの制御プレーンのタスクを処理し、シームレスな接続性を確保します。低出力の RU は相互に協調動作してユーザプレーンのトラフィックを伝送し、QoS 要件を満たします。こうしたサイト間の協調動作は、超多素子アンテナを用いた Massive MIMO やビームフォーミングなど多様な先端技術によって実現されます [3]。これらの技術により、無線リソースをホットスポットに集中させ、サイト間の干渉を動的に低減することで、システムの容量を増やすことができます。さらに、各 RU のトラフィック負荷に応じて RU を起動・停止することで、多数の RU が過密に配備されている場合でも全体の消費電力を抑制することができます。

## まとめ

本稿では、2020 年頃に実用化される次世代のモバイルネットワーク（Network 2020）について、NEC のビジョン、想定されるユースケース、実現するための主要技術を概説しました。NEC は、Network 2020 と、ICT で高度化された都市・産業インフラとを柔軟に融合することにより、世界が直面する社会課題をより容易に解決できると考えています。これにより、持続可能でより豊かな未来が創造され、様々な産業セクタにおいて消費者や企業に幅広い利益がもたらされるでしょう。NEC は、ネットワークとコンピューティングの革新的な技術を併せ持つ、類のない企業としてリーダーシップを發揮し、お客様やパートナー企業と密接に連携しながら、Network 2020 を活用した社会ソリューション事業をとおして、豊かな社会の創造に取り組んでいきます。

## 参考文献

- [1] NEC, “NEC Vision for Social Value Creation 2014”, 2014.
- [2] NEC, “Reinventing Transport Networks for the Future”, 2015.
- [3] NEC, “Massive-Element Antenna for Small Cell Solutions in 5G”, 2015.

## Abbreviations

3GPP	3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
BSS	Business Support System
C-RAN	Cloud Radio Access Network
DU	Digital Unit
FTTx	Fiber to the x
ICT	Information and Communications Technology
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT-A	International Mobile Telecommunications-Advanced
IoT	Internet of Things
LAN	Local Area Network
M2M	Machine to Machine
MANO	Management and Orchestration
MIMO	Multiple Input and Multiple Output
NFV	Network Functions Virtualization
OPEX	Operating Expense
OSS	Operations Support System
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RAT	Radio Access Technology
RU	Radio Unit
SDN	Software-Defined Networking
SIM	Subscriber Identity Module
SLA	Service Level Agreement
SMS	Short Message Service
TCO	Total Cost of Ownership
TCP	Transmission Control Protocol
TMS	Traffic Management Solution
WLAN	Wireless Local Area Network
xWDM	x Wavelength Division Multiplex

日本電気株式会社

〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

TEL: (03) 3454-1111 (大代表)

[http://jpn.nec.com/nsp/5g\\_vision/](http://jpn.nec.com/nsp/5g_vision/)

Copyright (C) 2015 NEC Corporation. All rights reserved.

本資料の内容の一部または全部を無断転載することを禁じます。本資料に記載されている会社名、製品名は各社の登録商標または商標です。内容、お問い合わせ先などは、発表日現在のものです。その後予告なしに変更されることがあります。あらかじめご了承ください。