NFVで実現するIoTネットワーク

松田 尚久　高木 健樹　堀内 翔　青木 宏樹　芥川 愛子

要 旨

IoT市場の急拡大とともにIoTトラフィックも急増します。通信事業者は、システムごとに異なるトラフィック要件に対応することができ、かつ経済的で安定したネットワークの提供を求められます。このため、従来のスマートフォン・トラフィックを前提としたネットワークを用いてIoTユーザーの要件を満たそうとすると、技術的・経済的な困難を伴います。NECは、IoT専用のネットワークが必要であると考えます。本稿ではIoT専用ネットワークがもたらす利便性、サービス拡張性、経済性について紹介し、これを実現するNFV、MEC、MANOなどの技術について、ユースケースとともに解説します。

KeyWords
IoT／ネットワーク／NFV／SDN／MEC／MANO／エッジコンピューティング

1. はじめに

実世界のさまざまなデバイスをネットワークに接続するIoT（Internet of Things）が大きな注目を集めています。IoTは単純なデータ収集・見える化から始まり、遠隔でのデバイス制御、更には収集データを分析し、活用したシステムの最適化へと進化を続けています。これに伴い、接続デバイス数の増大・多様化、データ利活用パターンの広がりが予測されます。

本稿では、IoTの拡大によって生じるモバイルネットワークの課題を明らかにし、NECがその課題解決のソリューションとして提案する「IoT専用ネットワーク」について紹介します。

2. IoTによるネットワーク用途の拡大と課題

2.1 トラフィック量の増大

IoT以前の世界では、ネットワークの利用は人が中心であり、接続デバイス数は人口に依存して頭打ちとなります。一方でIoTの世界では、あらゆるものがネットワークに接続するため、そのポテンシャルは大きく拡大します。

図1に、IoTデバイス数の増加予測を示します。

2015年に約50億台だったIoTデバイスは、2020年には約250億台と、5年間で5倍の伸びが予測されています。IoT接続デバイス数の伸びに伴い、ネットワークのトラフィックも急増すると考えられます。

第2章2節にて詳述しますが、スマートフォンとIoTデバイスではそのトラフィック特性の違いから、必要となるリソースが異なります。そのため、従来どおりのスマートフォンのトラフィックが多いことを前提とする設備増設をすると、IoTトラフィックでは必要としないリソースも拡張されることになります。反対に、IoTのトラフィック特性に合わせて設備増設することで、スマートフォン向けとしては過剰なリソースを抱えることになる可能性もあります。

例えば、スマートメーターのようなセンサー・ネットワークのトラフィック特性は、一般的にユーザーデータ信号（以下、U-Plane）に対して制御信号（以下、C-Plane）が多くなることが知られています。このセンサー・ネットワークのトラフィック特性に合わせてスマートフォン向けネットワーク設備を増設すると、C-Planeとしては最適ですが、U-Planeはリソースが大量に余っている状態になることが予想されます。

このように、IoTトラフィックの増大に合わせて既存のスマートフォン向けネットワーク設備を増設していくことは、

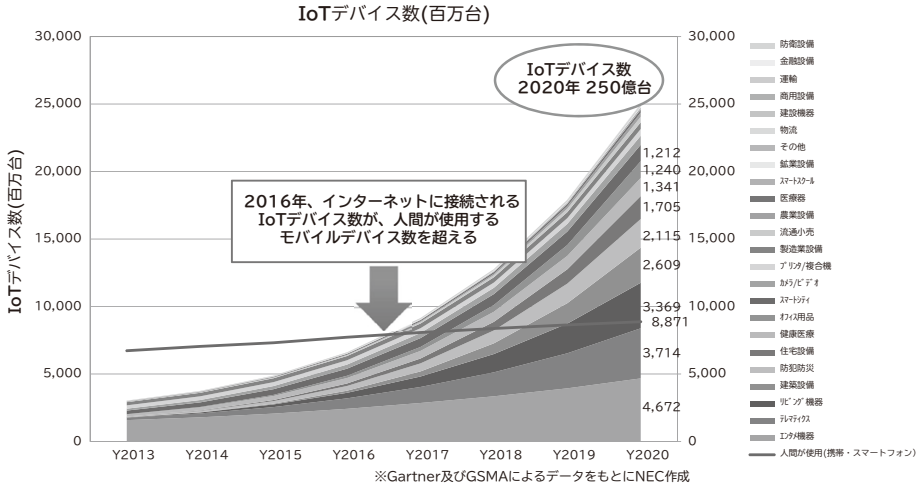


図1　IoTデバイス数予測

CAPEX（Capital Expenditure：投資費用）/OPEX（Operating Expense：運用保守費用）の肥大につながる可能性があります。

2.2 トラフィック要件の多様化

(1) トラフィック要件の多様化と技術進化

IoT以前の人と人とが通信する世界においては、ネットワークを利用するユースケースは限定的であり、デバイス当たりのデータ量や求められる通信速度といったトラフィック要件は比較的固定的なものでした。一方で、IoTの世界においては、多種多様なデバイスがネットワークにつながるため、トラフィック要件は格段に多様化します。

IoTサービスのユースケースごとに求められる、一般的なトラフィック要件を**表1**に示します。

例えば、センサー・ネットワークではデバイス当たりの通信量は小さく、求められる通信速度は低いですが、ネットワークに接続するデバイス数は膨大になります。また、スマートフォン/携帯電話とは異なり、移動しません。一方で自動運転のようなテレマティクスでは、デバイスの移動があり、通信速度は超低遅延であることが求められます。

このように、IoTの世界ではネットワークの利用形態が多様化します。加えて、それぞれのトラフィック要件のうち、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があります。

表1　IoTサービスごとのトラフィック要件

ユースケース	接続数	データ量	速度	移動
センサー・ネットワーク	超多	極小	低	無
遠隔監視	少	大	高	無
テレマティクス	多	小	超高	有
デジタル・サイネージ	少	大	低	無
スマートフォン	多	中	中	有

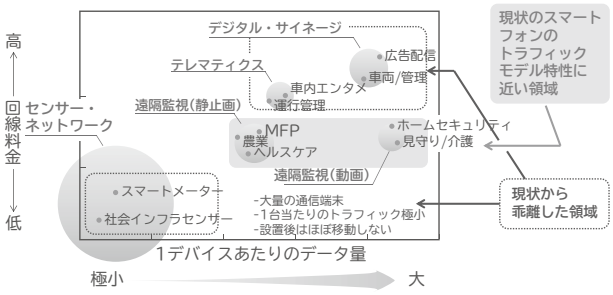


図2　IoTサービスに求められる回線料金のイメージ

(2) 求められるサービス仕様の柔軟性

トラフィック要件の違いによって生じるもう1つの課題が、回線料金を含むサービス仕様の柔軟性です。**図2**に、IoTのユースケースごとに要求される回線料金のイメージを示します。

例えば、センサー・ネットワークでは一般的にデバイス当たりのデータ量が小さいため、スマートフォンに

求められるようなユーザー体感品質（QoE）は不要です。一方でセンサー・ネットワークでは大量のデバイスが通信機能を必要とするため、デバイスごとにスマートフォンと同等の回線料金が必要となると、トータルでは膨大な回線料金となり、サービスを成立させることが困難となります。

このように、IoTデバイス/アプリケーションを既存のスマートフォンのネットワークに収容すると、必要とされる回線サービス仕様と料金の間にアンマッチが生じるため、IoT活性化に対する阻害要因となると同時に、通信事業者の収益悪化にもつながります。

3. IoT時代に求められるネットワーク要件

ここまで述べてきた課題に対応するため、NECでは以下のネットワーク要件が求められると考えます。

（1）IoTトラフィックの特性に合わせた設備増設ができること

IoTサービスの特性に応じてネットワークを最適化することができ、なおかつ設備増設などに掛かるCAPEX/OPEXを最小化できる、IoTに適したアーキテクチャのネットワークが必要です。

（2）多様なトラフィック要件に対応可能であること

多様なトラフィック要件に対応するためには、ネットワーク機能やリソースを、ユースケースやユーザーの状態に応じて最適に配備できる、柔軟なアーキテクチャが求められます。

以下に、IoTで求められる主なネットワーク要件を示します。

- **低遅延処理**
  端末からの情報/要求に対して、1～100msのオーダーで応答する
- **高トラフィック密集（高速・大容量）**
  特定エリア内で、複数の端末に対して、高いデータレートの送受信を行う（エリア内のトラフィック密度が局所的に高まる）
- **高コネクション密集（大量接続）**
  特定エリア内で大量の端末が収容され、データ通信を行うサービスエリア内のコネクション密度が局所的に高まることに対応する
- **ピークトラフィック集中**
  トラフィックが集中するピークにおいても、ネットワークの機能やリソースを動的に変更するなどして、輻輳（ふくそう）や遅延を防ぐ
- **分散処理**
  広範囲で大量の端末が収容されることでサービスごとのクラウド処理が肥大化することに対し、無線コアや無線アクセスのレイヤも活用して分散処理を行う

加えて、多様なトラフィック特性ごとに帯域の割り当てを行ったり、課金を分離したりといった、各IoTサービスに最適化した料金設計、顧客管理が容易に設計可能であることが求められます。

4. NFVによるIoT専用ネットワーク化

4.1 IoT専用ネットワークの概念

ここまで述べてきた課題に対するソリューションとして、NECはIoT専用ネットワークを提案しています。

IoT専用ネットワークは、通常のスマートフォン向けのネットワークとは別に、IoTサービス用に最適化されたネットワークであり、MME（Mobility Management Entity）やP-GW（Packet data network Gateway）、S-GW（Serving Gateway）などのEPC（Evolved Packet Core）ノードをサービスごとに構築します。**図3**にIoT専用ネットワークの概念を、**図4**にIoT専用ネットワークの構成例を示します。

例えば、センサー・ネットワーク向けの専用ネットワークを構築する場合、大量のデバイス接続に対応し、センサー・ネットワーク特有のC-Plane/U-Plane比率に対して最適にチューニングしたモバイルネットワークが実現可能です。

このネットワークを、NFV（Network Functions

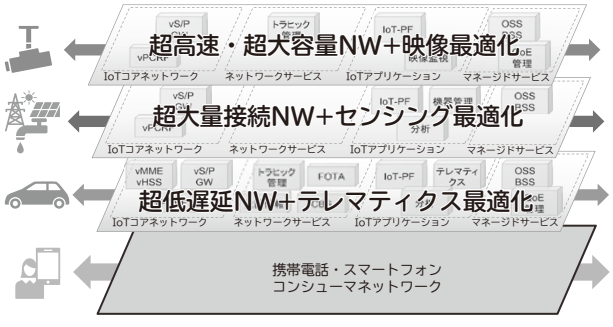


図3　IoT専用ネットワークの概念

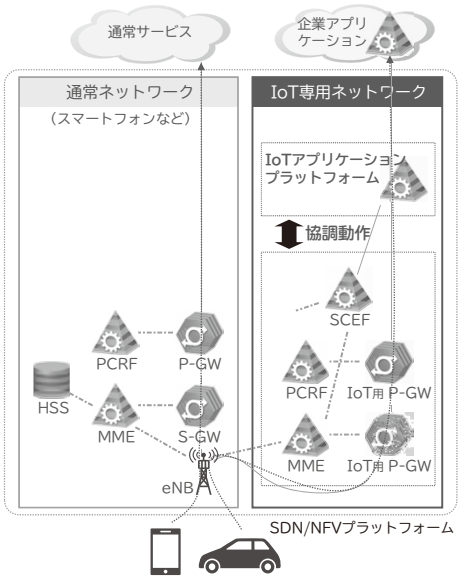


図4　IoT専用ネットワークの構成例

Virtualization：ネットワーク機能の仮想化）を用いて通常ネットワークと同一プラットフォーム上に構築することで、IoTトラフィックの特性に合わせた設備増設を、CAPEX/OPEXを抑えて構築することが可能となります。

また、MANO（Management and Orchestration）によるネットワークサービス及びリソースの最適化や、MEC（Mobile Edge Computing）による低遅延処理の利用により、IoTの多様なトラフィック要件に柔軟に対応することが可能となります。

第4章2節から第4章4節では、このIoT専用ネットワークを構築するために必要な技術について説明します。

4.2 NFVによる柔軟なアーキテクチャ

NFVは、従来専用のハードウェアを用いて実現されているネットワーク機能をソフトウェア化し、汎用サーバ上で動作させる技術です。汎用サーバの高性能化やハイパーバイザなどのサーバ仮想化技術の進展により、キャリア網にも適用できる性能やスケーラビリティ、信頼性を確保できるようになっています。NFV技術を活用し、さまざまなサービス要件に応じて適切にリソースを配備した仮想化されたIoT専用ネットワークを構築することで、柔軟性が高く経済的な、IoTに最適化されたネットワークインフラを実現することが可能です。

4.3 MANOによる動的な構成変更

NFV環境で、サービスやリソースを統合的に運用管理する統合オーケストレーション機能がMANOです。仮想化されたIoT専用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、ネットワーク全体のリソース・機能配備を動的に最適化する必要があります。

MANOを利用することで、トラフィックのリアルタイムな状況に応じて、コアネットワークへ動的に処理リソースを割り当てることが可能となり、柔軟かつ迅速にIoT専用ネットワークの構成変更を行うことが可能となります。

4.4 モバイルエッジコンピューティング（MEC）の利用

MECは、通常インターネット上にクラウドなどで実現されているIT処理を、よりユーザーに近いモバイルネットワークのエッジ（基地局など）にて行う技術です。MECを利用することで、コアネットワークやデータセンターにあまり負荷を掛けずに、リアルタイム処理や膨大なデータの分析を必要とするサービス要件に対応することが可能となります。例えば、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場合には、MECを用いたネットワークを構築することで、距離に応じた伝送遅延の影響を排除することが可能です。

5. 各ユースケースへの適用

5.1 交通制御

図5にIoTによる交通制御のユースケース概要を示します。道路上の多数のIoTデバイス（車両、信号システムな

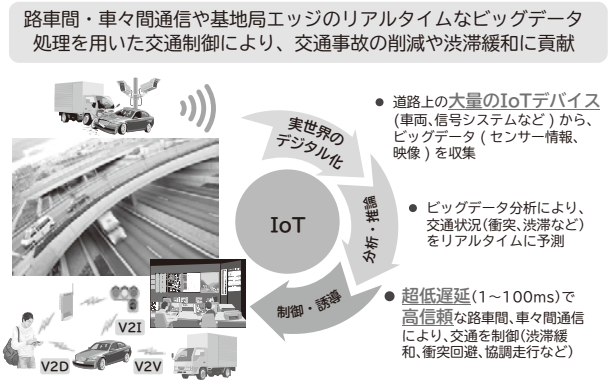


図5　交通制御

ど）からビッグデータ（センサー情報、映像）を収集し、分析することにより、衝突や渋滞などの交通状況をリアルタイムに予測して、路車間及び車々間通信で通知します。これにより、渋滞緩和、衝突回避、協調走行などの交通制御を行うことが可能です。

このユースケースにおいては、路車間・車々間通信の遅延時間を1～100msに抑える必要があり、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、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デバイスと接続できる必要があります。しかし、通常のモバイルネットワークでは、IoTデバイスからサービスを提供するクラウドまでのデータ伝送距離が長いため、距離に応じた伝搬遅延が発生します。そのため、路車間・車々間通信の遅延時間を、常に1～100msに抑えることができない可能性があります。また、超高速で移動する車両に対し、信頼性の高い通信を提供するようには最適化されていません。

NFVを用いたIoT専用ネットワークを交通制御特有の低遅延かつ高信頼性要件に最適にチューニングし、かつ、MECを利用したネットワークを構築することで、低遅延、高信頼性のサービス要件を満たすことが可能となります。

5.2 スタジアム観客向けリアルタイム映像配信

図6にIoTによるエンターテインメントのユースケースとして、視聴者の嗜好に応じたリアルタイム映像配信の例を示します。超高解像度の4K動画ストリーミングが一般的になると、例えばサッカーの試合観戦の際、視聴者は映像の属性情報を用いてお気に入りの選手を自動的に追尾したり、関連する統計情報を参照したりすることができるようになります。スタジアム内では会場のカメラやウェアラブル端末から映像サンプルを収集し、観客（視聴者）の好みに応じた視点の映像を生成して配信することもできます。観客（視聴者）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を受信したりすることもできます。

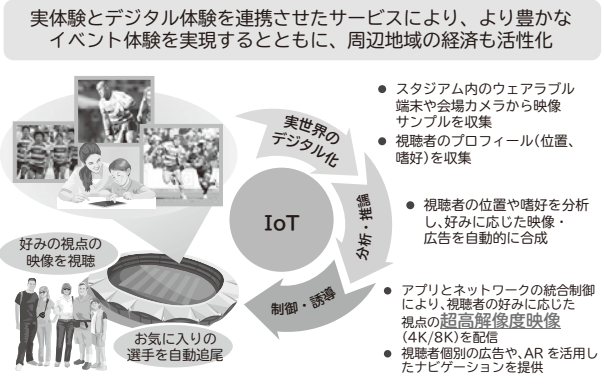


図6　視聴者の嗜好に応じたリアルタイム映像配信

このユースケースにおいては、特に大規模イベント開催時などは、多数の視聴者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。また、視聴者に個別の広告やAR（Augmented Reality：拡張現実）付きナビゲーションを提供するには、視聴者の位置や嗜好性の分析、及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。

しかし、通常のモバイルネットワークでは、特定エリア内で大量接続かつ大容量の通信トラフィックが発生するような場合、輻輳などにより品質の良いサービスが提供できない可能性があります。NFVを用いたIoT専用ネットワークで、大量接続かつ大容量なトラフィック要件に合わせて、動的にネットワークの機能やリソースをチューニングすることで、大量接続、大容量のサービス要件を満たすことが可能となります。

6. むすび

本稿では、IoT普及時代においてそれらの通信を支えるネットワーク技術の1つである、NFVによるIoT専用ネットワークを紹介しました。

本技術によりIoTの多様なトラフィック要件に対応するとともに、安全・安心で経済的な通信ネットワークを構築することが可能となります。

NECは、本技術がIoTを支えるネットワークの社会価値を高めることにつながると考えており、今後本ソリューションを軸として更なる社会価値を追求します。

参考文献

1) 一般社団法人情報通信技術委員会：「将来のモバイルネットワーキングに関する検討会」ホワイトペーパー 第1版，2015.3
2) 一般社団法人情報通信技術委員会：「将来のモバイルネットワーキングに関する検討会」フェーズ2：標準化課題分析ホワイトペーパー 第1版，2015.10

執筆者プロフィール

松田 尚久
キャリアサービス事業部
マネージャー

高木 健樹
キャリアサービス事業部
マネージャー

堀内 翔
キャリアサービス事業部
主任

青木 宏樹
キャリアサービス事業部
主任

芥川 愛子
キャリアサービス事業部
主任

関連URL

通信事業者向けソリューション・サービス
http://jpn.nec.com/nsp/index.html

NEC 技報のご案内

NEC技報の論文をご覧いただきありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)　　NEC Technical Journal(英語)

Vol.68 No.3　新たな価値創造を支えるテレコムキャリアソリューション特集

新たな価値創造を支えるテレコムキャリアソリューション特集によせて
変革期を迎えたテレコム産業に向けたNECのソリューション

◇ 特集論文

ネットワークに新たな価値を提供するSDN/NFVソリューション
SDN/NFVソリューション技術体系
ネットワークのインテリジェントな運用管理を実現するMANO技術
vEPCにおけるユーザープレーン制御の実現
付加価値の高いMVNOビジネスを支援するvMVNO-GW
通信事業者向け仮想化IMSソリューションへの取り組み
NFVで実現するIoTネットワーク
通信事業者向けトランスポートSDNソリューション
通信事業者の収益向上を実現するトラフィック制御ソリューション（TMS）
トラフィック制御ソリューション（TMS）の要素技術

トラフィックの増大に対応するトランスポートシステム
大規模データセンター向けOpenFlowイーサネットファブリック
増大するトラフィック対応に向けた10G-EPONの開発
大容量基幹ネットワークを支える要素技術とマルチレイヤ統合トランスポート装置
光デジタルコヒーレント通信技術の開発
光海底ケーブルシステムを支える大容量光伝送技術

無線アクセスの高度化に対応するワイヤレスソリューション
ロシアでの通信事業者向けネットワーク最適化プロジェクト
サウジアラビアモバイル通信事業者向け大容量無線伝送システムを実現するiPASOLINKソリューション提案
世界最高の周波数利用効率を実現する超多値変調方式用位相雑音補償方式の開発
モバイル通信の高度化を支える高密度BDE

通信事業者向けICTソリューション
NEC Cloud Systemの競争力強化とOSSモデル構築SI技術への取り組み
会話解析ソリューションの通信事業者への適用
止まらないキャリアシステム開発への取り組み
通信事業者の業務を下支えするビッグデータ分析基盤

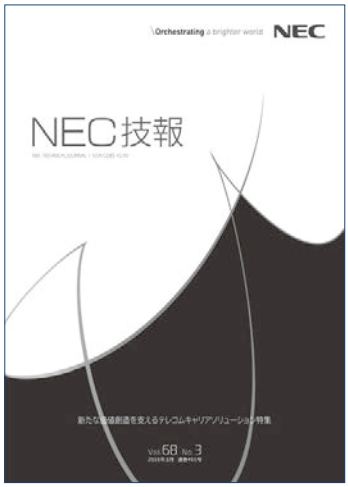
◇普通論文

セキュアな重複排除型マルチクラウドストレージ「Fortress」

◇ NEC Information

C&Cユーザーフォーラム&iEXPO2015　Orchestrating a brighter world
基調講演
展示会報告

NEWS
2015年度C&C賞表彰式開催



Vol.68 No.3
（2016年3月）

特集TOP