

5G時代の多様なデジタルサービスを実現する 富士通マルチアクセスエッジクラウド

Fujitsu Multi-access Edge Cloud to Realize Diverse Digital Services in 5G Era

● 安藤 嘉浩 ● 小川 淳 ● 上野 仁 ● 高橋 信宏

あらまし

5G(第5世代移動通信システム)時代の到来が間近に迫っている。5Gでは、超高速大容量通信、超低遅延・高信頼、多数同時接続といった通信環境が提供され、これらの特長を活かした高度なデジタルサービスが創出されると考えられる。こうしたサービスは、一人ひとりの環境や状況に応じて柔軟に提供されることが重要になる。このような、5G時代のサービス提供に向けた革新的なプラットフォームを実現するのが富士通マルチアクセスエッジクラウドである。これは、ネットワーク全体にコンピューティングリソースを配置して効率的に利用することで、多様なデジタルサービスを容易に提供できるようにするための分散システムを実現するものである。2017年度に商用ネットワークを使った実証実験を行った結果、富士通マルチアクセスエッジクラウドを用いることで、エッジ(サービス要求に応えられる適切な場所)でサービスを容易に提供できることを確認した。

本稿では、5G時代の多種多様なサービスに対応する富士通マルチアクセスエッジクラウドを構成する機能と、それを実現する主な技術について述べる。

Abstract

The fifth generation (5G) mobile telecommunication system will soon become mainstream. This technology enables enhanced network environments with ultra-high-speed and large-capacity communication, reliable and low-latency, and simultaneous connections with massive numbers of devices, which can be leveraged in creating and providing highly sophisticated digital services. It is important that these services are provided with flexibility in accordance with individual users' unique environments and situations. Fujitsu Multi-access Edge Cloud realizes an innovative platform that can provide such services in the 5G era. It realizes a distributed network system that makes it easier to provide various digital services through the efficient usage of computing resource deployed over the whole network. Fujitsu conducted a field trial of this multi-access edge cloud in 2017 using a live commercial network, and verified that it helped to make providing services at the edge of the network (appropriate points where the service requirements can be handled) easier. This paper outlines the features comprising the Fujitsu Multi-access Edge Cloud that makes it easy to provide diverse 5G-era digital services and describes the major technology to realize it.

ま え が き

5G（第5世代移動通信システム）の時代では、超高速大容量通信、超低遅延・高信頼、多数同時接続といった通信性能を向上させるネットワーク技術、およびクラウドやAI（人工知能）などのデジタル技術の進展が相まって、高度なデジタルサービスが創出される新しい世界が広がると考えられる。

これまでは、クラウドから均一な情報を広範囲に伝えるサービスが主流であった。今後は、5GおよびIoTが浸透することで、特定の場所にいる人に対して、きめ細やかな情報を提供するサービスが増加すると予想している。例えば、スタジアムで行われるスポーツの中継においては、これまでは放送用にデータを集めて配信されていた。今後はそれに加えて、放送に使われていないカメラの映像データも用いて、スタジアムの観客が360度様々な角度からのハイライトシーンを自由に視聴したり、AR（拡張現実）技術と組み合わせて選手の視点でゲームを楽しんだりできるようになる。このように、スタジアム来場者に対して付加価値の高いコンテンツを提供することで、観客の増加だけでなく、周囲の街全体の活性化につながると期待されている。

こうした中で、新たな課題も発生する。高度なデジタルサービスを支えるためには、ネットワークは様々な種類のIoT端末から送信される大量のデータを効率的に転送するだけでなく、データの蓄積、判断、加工などの処理を行う必要がある。例えば、コネクテッドカーなどのリアルタイムサービスにおいては、ネットワークは自動車への情報提供をサービスが要求する遅延時間で送信することが求められる。こうしたネットワークに対する要件への対応を踏まえて、デジタルサービスが容易に提供されなければならない。

富士通は、5G時代の多種多様なサービスに対応する革新的なプラットフォームを実現する、富士通マルチアクセスエッジクラウド（Fujitsu Multi-access Edge Cloud）を提供する。富士通マルチアクセスエッジクラウドは、ユーザーが置かれた環

境に応じてクラウド^(注1)とネットワークを分散・融合させることで、多様なデジタルサービスの最適な提供を目的としている。これによって、ネットワーク全体にコンピューティングリソースを配置して効率的に利用することで、多様なデジタルサービスを容易に提供するための分散システムを実現する。

本稿では、まず富士通が考えるクラウドとネットワークの分散と融合について定義する。次に、富士通マルチアクセスエッジクラウドを構成する機能を紹介し、最後にそれを実現する主な技術について述べる。

クラウドとネットワークの分散・融合

本章では、本稿で述べているクラウドとネットワークの分散・融合を定義する。

● 分散

5Gの特長を活かしたサービスを効率的、かつ高い可用性・セキュリティ性を維持しながら提供するためには、インターネット経由のセンター集中クラウドでは、処理が集中してしまい限界がある。この問題を解決するために、データやコンピューティングリソース、ネットワークリソースを、実際に必要とされる場所に分散配置する必要がある。つまり、クラウドとネットワークの分散とは、以下の二つを意味する。

- (1) サービス要求に応えられるように、適切な場所（エッジ）に配置されたコンピューティングリソースがデータ処理を行うクラウドとして動作し、別の場所にあるクラウドと連携しながら、効率的にデータ処理を行うこと。
- (2) 複数のネットワーク経路などのネットワークリソースが選択可能であること。

● 融合

開発者がデジタルサービスのアプリケーションを容易に提供するためには、コンピューティングリソースやネットワークリソースが分散していることを意識せずに扱えることが重要になる。また、インフラとしては、アプリケーションとネットワーク機能が複数のサーバ上で提供されることは経済

(注1) 本稿で述べるクラウドとは、センター集中クラウドに加えて、エッジコンピューティングを複数統合させた分散クラウドも含んでいる。

的ではない。つまり、クラウドとネットワークの融合とは、以下の三つを意味する。

- (1) コンピューティングリソースがデータセンターおよびエッジのどちらで提供されていても、ネットワークの中に溶け込んだ一つのシステムとして、アプリケーションから扱えること。
- (2) ネットワークリソースに関しては、場所や接続経路、更には端末が属する物理ネットワーク種類の違いを意識させないこと。
- (3) アプリケーションのためのコンピューティングリソースと、ネットワーク機能のためのコンピューティングリソースを同じサーバ上で提供すること。

富士通マルチアクセスエッジクラウドを構成する機能

富士通マルチアクセスエッジクラウドは、欧州の電気通信に関する標準化団体であるETSI (European Telecommunications Standards

Institute) で標準化を進めている「マルチアクセスエッジコンピューティング (MEC: Multi-access Edge Computing)」⁽¹⁾の技術を基にしている。ETSIのMECでは、スマートフォンやセンサーなどの端末から送信されたデータを、無線基地局システムの近傍に配置されたサーバで処理する。これによって、センター集中クラウドの形態と比べて、低遅延な応答やネットワークの負荷分散を実現する技術である。

富士通マルチアクセスエッジクラウドは、MEC技術を内包することに加えて、クラウドとネットワークの分散・融合を実現するために、以下の三つの機能を有している (図-1)。

● **統合基盤**

ネットワークやコンピューティングの機能をそれぞれビルディングブロックとして扱うことによって、デジタルサービスを行う業務アプリ要件や現場の環境に合わせたインテグレーションが可

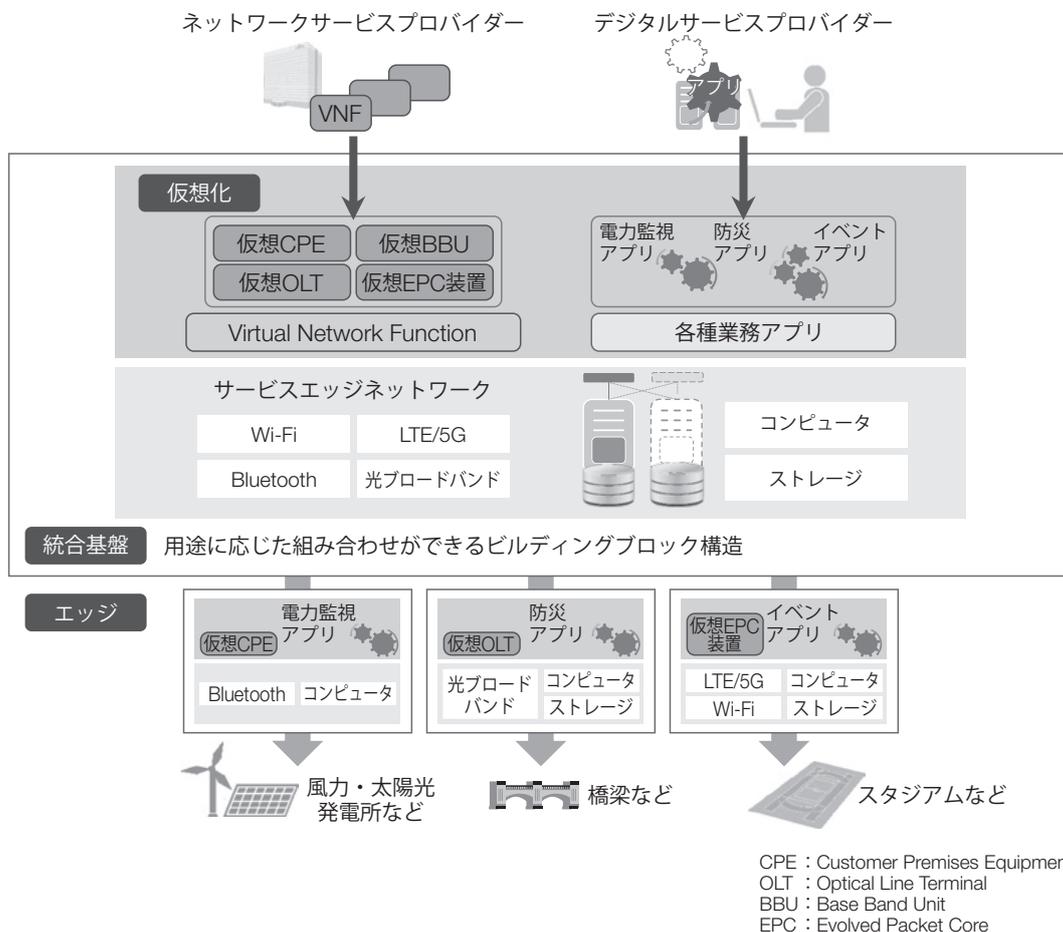


図-1 富士通マルチアクセスエッジクラウドの構成

能な基盤を提供する。ネットワーク機能に関しては、LTEや5Gなどのモバイルネットワークだけでなく、Wi-FiやBluetoothなどの無線ネットワーク、および光ブロードバンドなどの有線ネットワークに対しても物理的な接続を可能としている。

● 仮想化

業務アプリを仮想化基盤上で動作させることで、配備場所を意識せずに、エッジであってもクラウド同様に扱うことを可能としている。

また、業務アプリの要件や現場の環境に応じて最適なネットワークを提供するために、ネットワーク機能を統合基盤上にVNF^(注2)化して実行している。これにより、無線および有線のネットワークを抽象化し、業務アプリに対して物理ネットワークの違いを隠蔽したネットワーク機能の提供が可能になる。

これらの仮想化されたネットワーク機能と業務アプリは、統合基盤を使うことによって、必要な場所に必要に応じた柔軟な配備・利用・削除が可能である。

● エッジ

上述の統合基盤と仮想化機能を用いて、デジタルサービスのデータ処理をコンピューティングとネットワーク環境に合わせて、サービスの応答性や通信コストの観点から最適な状態にすることで、現場のデータを可能な限り現場の近くで処理し、データを活用可能にする、言わば「データの地産地消」を実現する。

また、統合基盤上で動作するアプリケーションと、そこで蓄積された情報をどこでも活用できることが求められる。このため、効率的なデータの移動や高いセキュリティを実現し、システム全体に影響を与えることなく、現場での最適なカスタマイズを可能としている。

これらの機能によって、エッジを含む分散クラウドとセンター集中クラウド、コンピューティングリソースとネットワークリソースがそれぞれ分散・融合することで、多様なデジタルサービスを柔軟に提供する仕組みを実現している。

それぞれの機能を実現する特徴的な技術

本章では、前章で述べた三つの機能を実現し、センター集中クラウドと分散クラウドを利用して、端末に対して最適なサービスを提供するための三つの技術について述べる。

● 統合基盤構築技術

統合基盤は、利用する多種多様なサービスに最適化されたエッジネットワークを提供する。その実現に当たっては、モバイルネットワークをはじめとした様々なサービスごとのエッジネットワークを、前述したように統合基盤上でVNF化する。そして、それら一つひとつをビルディングブロックとして構成し、物理ネットワークを抽象化することで自由に選択可能としている。

中でも、大量のデータを高速に処理する必要があるモバイルネットワークに対しては、高速データ処理をVNFとして実現することで、bump in the wire方式^(注3)でも高い性能を確保した。データ処理に当たっては、DPDK (Data Plane Development Kit)を用い、IPSec (Security Architecture for Internet Protocol)、モバイルネットワークのプロトコル、およびパケットルーティングを高速にソフトウェア処理している。このため、LTEの基地局やコアネットワーク (EPC: Evolved Packet Core) 装置などの既存装置に影響を与えずに、エッジにおいてサービスの提供を可能にする。

こうした取り組みに関連して、富士通は既存のLTE商用ネットワークを利用した実証実験を行った⁽²⁾。実験は、NTTドコモ様のLTE無線基地局に富士通マルチアクセスエッジクラウドを接続し、エッジでのサービス提供の実証を目的としたものである。サービス提供用のアクセスネットワークには、LTEネットワークに加えて、Wi-Fiネットワークを使用した。

この実験結果から、既存のネットワーク装置に影響を与えることなく、富士通マルチアクセスエッジクラウドでエッジを利用したサービス提供が容易に行えることが確認できた。

(注2) Virtual Network Functionの略。従来の専用機器ではなく、汎用サーバ上のソフトウェアとして提供される仮想化されたネットワーク機能。

(注3) ETSIの提唱するエッジコンピューティング実現のアプローチの一つ。LTE基地局とLTEコアネットワークの間の回線上にコンピューティングリソースを配置し、プロトコル終端を行う方式。

● 仮想化機能を提供するLTE/Wi-Fiの接続先制御技術と、業務アプリの動的配備技術

ネットワークの仮想化技術としては、単にVNF化されたネットワーク機能を利用可能にするだけでなく、業務アプリやそれを利用するユーザーに対して物理ネットワーク種別の違いを意識させずに、最適なネットワークを提供する必要がある。そのため、富士通マルチアクセスエッジクラウドではその特長を活かして、アクセスネットワークの仮想化を行うLTEとWi-Fiの接続先制御を可能とした(図-2)^{(3), (4)}

従来、Wi-Fiネットワークのサービスエリアにおいて動画視聴などの高負荷通信を行う端末が集中した場合に、各端末の通信速度が低下する問題があった。これに対して、端末が混雑の少ない通信経路を自ら選択して通信速度の低下を抑える技術が実用化されている。しかし、この技術では各端末がほかの端末の影響を考慮せずに独立して通信経路を決定するため、かえって通信速度が低下するという問題が発生していた。

富士通が開発した技術では、各端末の無線品質測定結果を用いて、複数端末の接続を同時に変更した場合の通信速度を予測する。そして、その結果に基づいて、Wi-Fiネットワークのサービスエリアに存在する複数端末の通信経路を一括で自動設定する。この機能を富士通マルチアクセスエッジクラウドに接続制御機能として実装した。また、現行の端末やOSに手を加えずにシームレスな切り替えを実現するために、端末から無線品質測定情

報を通知し、ネットワークの設定に合わせて通信経路をリアルタイムに変更する専用アプリも開発した。

この技術を用いることで、Wi-FiとLTEネットワークそれぞれの最適化が可能となり、従来の接続制御技術と比較して、通信速度が平均約2倍に高速化できることを確認した。

前述したNTTドコモ様との実証実験では、本機能のテストも行った。その結果、LTEとWi-Fiネットワークの接続先を最短10ミリ秒の遅延で適切に切り替えながら動画配信が可能となり、無線接続の最適化が実現できることを確認した。

また、本実証実験はLTEとWi-Fiネットワークという現行の通信ネットワークで行ったが、5G時代には5Gの高速・大容量・低遅延技術を組み込むことになる。そうなれば、通信遅延0.5ミリ秒をはじめとする5Gならではの高性能通信インフラを手軽に利用できるようになる。

● エッジ機能を提供する広域分散データアクセス技術

エッジコンピューティングは、現場(エッジ)で生成される膨大なデータを現場近傍のエッジサーバで分散蓄積・処理する考え方である。今後、自動車や交差点などに取り付けられた路側カメラ、工場稼働するロボットなどから、非常に多くのデータが生成され、それに基づいて現場状況を把握するといったニーズが増えると考えられている。

エッジサーバにおける処理は、サービスの応答性向上や通信コストの削減に効果がある。そのた

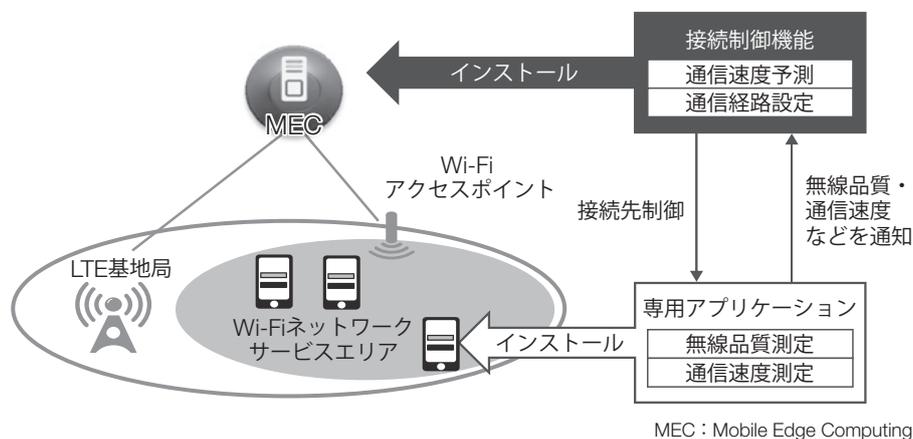


図-2 開発した接続先制御技術

め、広域に分散したエッジサーバ上の処理・データを現場の変化に応じて適切に配置・管理し、データを地産地消することが必要になる。

そこで、現場のデータを発生源あるいはその近傍の分散クラウドに蓄積しておき、デジタルサービスのアプリケーションからの要求に応じて必要なデータだけをセンター集中クラウドに転送させる。これによって、通信時間やコストを低減する広域分散データアクセス技術を開発している⁽⁵⁾、⁽⁶⁾。その際、データの蓄積場所は分散しているため、デジタルサービスのアプリケーションはどこに必要なデータが蓄積されているか探索が難しい。これに対して、現場データの生成時刻や生成場所などの属性値と、蓄積サーバのアドレスの組み合わせをメタデータとして保持しておく。これによって、デジタルサービスのアプリケーションは属性値をキーとして検索するだけで、所望のデータを取得できる。

広域分散データアクセスのシステム概要を図-3に示す。メタデータDB（データベース）をデータ発生源（現場）近傍の分散クラウドのサーバに配備し、メタデータDBの検索キーをサマライズしたものをセンター集中クラウド側のディレクトリDBに配備する。デジタルサービスのアプリケーション

は、ディレクトリDBに問い合わせることによってデータの所在を知ることができる。このように、メタデータをメタデータDBとディレクトリDBで階層管理することで、メタデータ管理の効率化と検索の高速化の両立を図っている。

本技術の活用例を図-4に示す。雪道を走行した車に搭載されたドライブレコーダーなどで撮影した映像を、その場所を走行予定の後続車が取得して道路状況を確認できるサービスのイメージである。ドライブレコーダーの映像をセンター集中クラウドに送信すると大きな通信コストがかかるため、従来はこのようなサービスが難しかった。広域分散データアクセスでは、撮影された映像の属性（撮影時刻や撮影場所など）と、映像が蓄積されている車へのアクセス情報（撮影した車の識別子など）をセンター集中クラウドで管理する。これによって、後続車は蓄積場所である先行車を把握し、先行車が撮影した映像を直接受け取ることを可能とする。

このようにセンター集中クラウドに全ての映像を集めず、必要な情報のみを必要なときにやり取りすることで、ネットワークトラフィックの増大を抑制する。

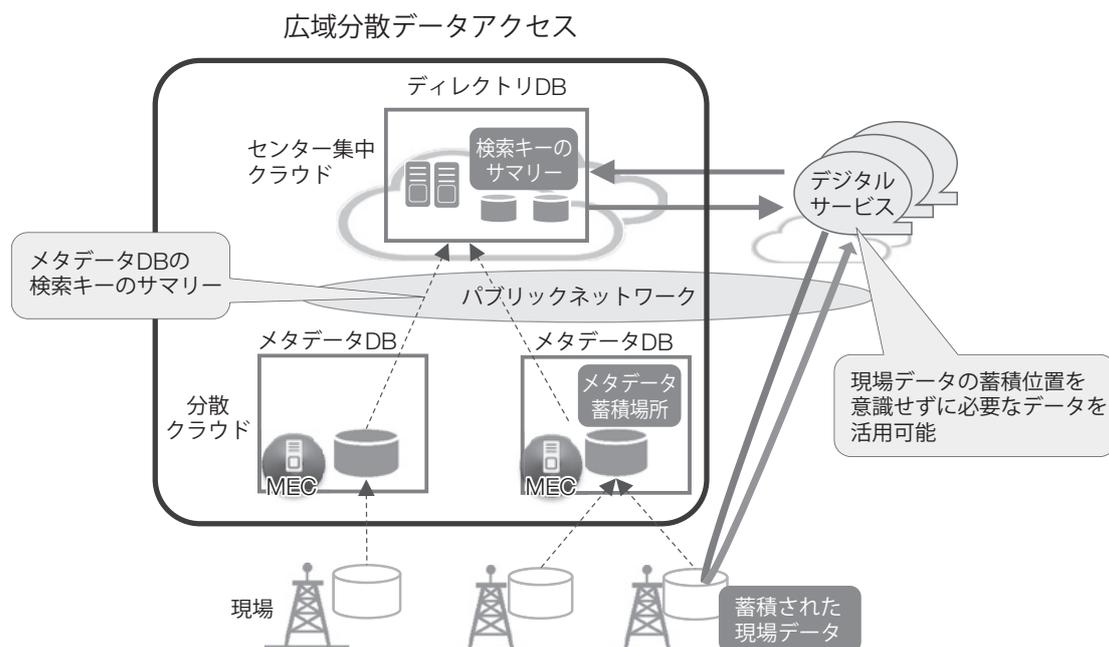


図-3 広域分散データアクセス技術

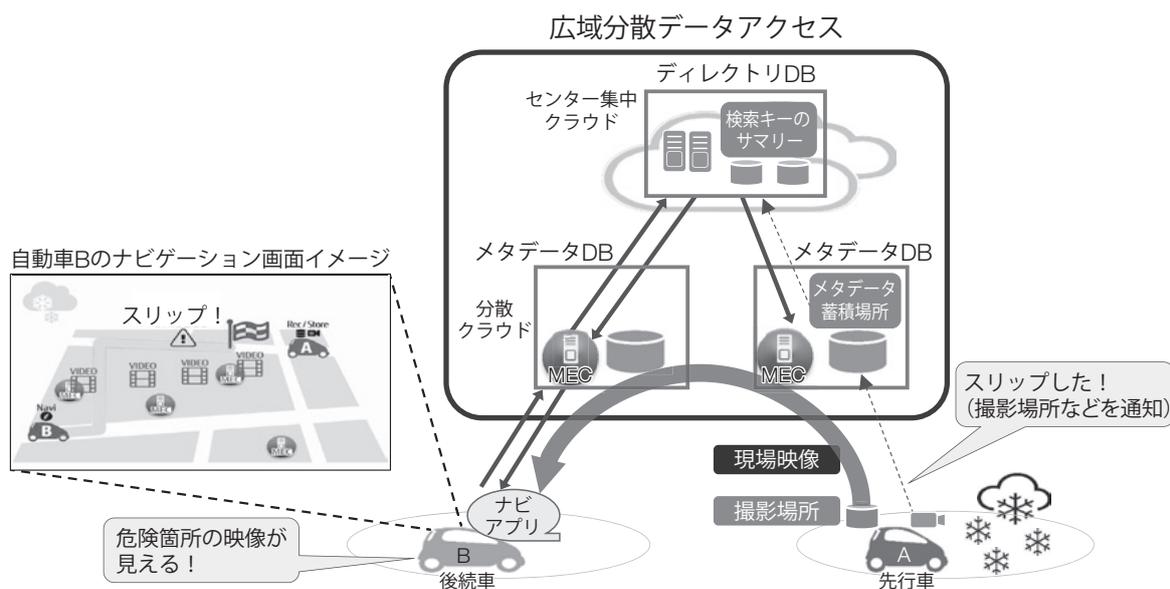


図-4 技術適用例：雪道情報サービス

む す び

本稿では、5G時代の多様なデジタルサービスを一人ひとりの環境に合わせて提供する、富士通マルチアクセスエッジクラウドについて述べた。その中で、低遅延化の実現を支える主な技術として、富士通研究所独自のLTE/Wi-Fi接続先制御技術と広域分散データアクセス技術を紹介した。

今後は、これらの技術を活用し、様々なお客様との実証実験を通じて、富士通の「つながるサービス」を支えるプラットフォームの一つとして発展させて、2018年度中の提供を目指す。

参考文献

- (1) ETSI : Multi-access Edge Computing.
<https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/multi-access-edge-computing>
- (2) NTTドコモ, 富士通, 富士通研究所 : LTE商用網にて、ネットワークの遅延低減や負荷分散を実現するMobile Edge Computingを活用したサービス提供の実証実験に成功。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2017/10/12-1.html>
- (3) T. Nakayama et al. : A LTE/WLAN selection method based on a novel throughput estimation method. 2017 IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio

Communications (PIMRC), October 2017.

- (4) D. Kimura et al. : A Novel RAT Virtualization System with Network-Initiated RAT Selection between LTE and WLAN. 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), March 2017.
- (5) 松田一仁ほか : データの地理的分散管理のための分散KVS冗長化手法. ICM研究会, 2016年7月.
- (6) 山崎公敬ほか : 広域分散データアクセスにおいてトラフィック集中を回避するメタデータ管理手法. ICM研究会, 2017年3月.

著者紹介



安藤 嘉浩 (あんどう よしひろ)

富士通 (株)
 ネットワークプロダクト事業本部
 富士通マルチアクセスエッジクラウド
 開発に従事。



小川 淳 (おがわ じゅん)

(株) 富士通研究所
 コンピュータシステム研究所
 分散コンピューティングに関する研究
 業務に従事。



上野 仁 (うえの ひとし)

(株) 富士通研究所
コンピュータシステム研究所
分散コンピューティング環境のオーケ
ストレーションおよびサービス品質分
析に関する研究業務に従事。



高橋 信宏 (たかはし のぶひろ)

富士通 (株)
ネットワークビジネス戦略室
ネットワーク関連の事業企画に従事。