



## IoT時代を拓くエッジコンピューティングの研究開発

NTT未来ねっと研究所

たなか ひろゆき   たかはし のりゆき   かわむら りゅうたろう  
田中 裕之 / 高橋 紀之 / 川村 龍太郎

クラウドの成功と、IoT (Internet of Things) やM2M (Machine to Machine) の領域での新たなサービス創出への期待を背景に、ネットワーク周縁部 (エッジ) にもサーバを配置することでアプリケーション処理の低遅延化や通信トラフィック最適化を可能とするエッジコンピューティング技術が注目されています。ここでは、エッジコンピューティングのメリットとユースケース、システム構成を述べ、NTT未来ねっと研究所で取り組んでいるエッジ分散型Webアプリ実行エンジンについて紹介します。

### エッジコンピューティングの生まれた背景

FTTH (Fiber To The Home)、携帯電話サービスが整備されいつでもどこでもつながるユビキタスネットワークが実現した今日、多くのアプリケーションがネットワークを介したクラウドサービスとして提供されています。OTT (Over The Top) と呼ばれるクラウドサービスプロバイダは、データセンタ (DC) に多数のサーバ装置を集中配置し、進展著しいサーバ仮想化技術を活用して、必要なサービス容量に合わせてサーバプログラムのコピー (レプリカ) を水平分散的に並列動作させ、経済的にスケールアウトさせています。加えて、オンデマンドビデオ配信など帯域消費が大きくユーザ数の多いサービスでは、CDN (Contents Distribution Network) やキャッシュ配置による効率化が図られています。これらは、ダウンストリーム方向の通信が主となるWebブラウジングやビデオ配信などのアプリケーションでは有効に機能してきました。

クラウドの成功を背景に、より多くのアプリケーションがネットワークを介した提供形態に移行しようとしています。その中には、インタラクティブ性が高く小さな

応答遅延を求めるもの、例えばオフィス・ツール、画像エディタ、オンラインゲーム、M2M (Machine to Machine) の領域での機器制御があります。

また、従来に比べアップストリームの比率が増加するアプリケーションも現れると考えられます。具体的には、クラウドソーシング\*型の動画・静止画シェアサービスや、IoT (Internet of Things) 領域での広域センシングサービスです。さらに、IoTでは、処理能力や電力 (電池) などが制約されているモノが端末となる場合があります。クラウドによる処理は一層重要性が増しています。

これらの新たなアプリケーションでは、従来のクラウド型サービスとは異なる形態でICTリソース (通信、演算処理、ストレージ) を使用し、DC側に演算リソースを集中配備する従来のクラウド形態では効率的なサービス提供が難しい場合があります。そこで、ネットワーク周縁部 (エッジ) に演算処理リソースを配備し、DCのサーバや端末と連係させることで、アプリケーション処理の低遅延化や通信トラフィック最適化といった要求にこたえようとするのがエッジコンピューティングです<sup>(1),(2)</sup>。従来型クラウドのDCにおける水平分散に加えて、端末-エッジ-DCという垂直分散によるクラウドアプリケーショ

ンの性能向上・効率化をねらっています。

### エッジコンピューティングの特長

エッジコンピューティングの概念を図1に示します。これまでのクラウドサービスでは、端末 (クライアントプログラム) はDCのサーバと通信を行います。その際の平均的な往復遅延 (RTT: Round Trip Time) は、国内では100 ms以下、日米間で約100 ms、日欧間で約200 msとなります。一方、エッジコンピューティングでは、キャリア網の周縁部にエッジサーバを複数分散配置します。エッジサーバは演算処理機能、ストレージを備え、アプリケーションプログラムの実行、コンテンツデータの蓄積に利用することができるもので、小規模なクラウドDCがユーザ近傍に分散配置されたものともいえます。端末が直接通信する相手はこれらエッジサーバとなり、端末とエッジサーバとの間の往復遅延は最良で数ms程度まで短縮されることとなります。

ユーザ端末近傍に置かれたエッジサーバを活用することで、いくつかのメリットが生じます (表)。

\* クラウドソーシング (Crowdsourcing) : 不特定多数の人の寄与を募って、コンテンツやサービスをつくりあげる形態や行程 (プロセス) のこと。

- ① 遠隔DCのサーバに替えて近傍のエッジサーバ上でアプリケーションを実行することで、通信の往復遅延が削減され、アプリケーションのリアルタイム性、操作などへの応答性が改善されます。
- ② これまで端末が担ってきたプログラム実行処理の一部をエッジサーバに移すこと（オフロード）が可能になります。処理負荷の高い機能をエッジサーバにオフロードすることで、アプリケーションの応答性を維持しつつ、端末側の処理負荷を下げることができます。これにより、端末性能に依存しない高いアプリケーション性能の実現、あるいは端末での電力消費の削減が期待できます。
- ③ 地域性のある処理をエッジサーバで処理することで、計算・通信資源の利用を局所化することが可能です。例えば、M2Mアプリケーションにお

いて、複数のセンサで繰り返し計測される値のすべてをDCのサーバに送るのではなく、近傍のエッジサーバ

で集計とフィルタリングの処理を行い、平均や偏差などの統計値、注目すべき外れ値だけをDCのサーバに送

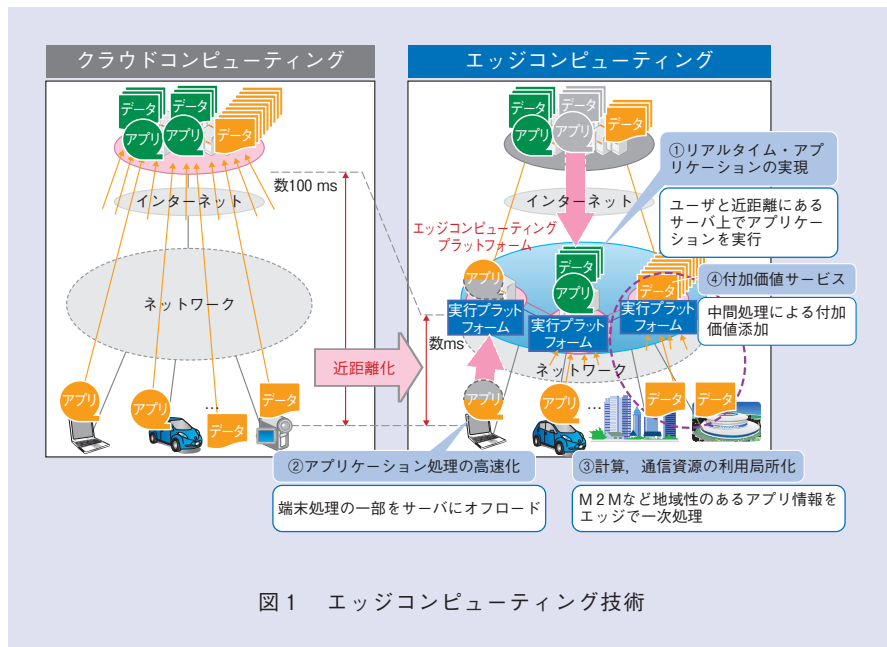


図1 エッジコンピューティング技術

表 エッジコンピューティングの特長

特長	仕組み
①リアルタイム・アプリケーションの実現	<p>クラウドデータセンタ</p> <p>エッジサーバ</p> <p>数100 ms</p> <p>数ms</p> <p>ユーザ・端末の近傍にあるエッジサーバ上でアプリケーションを実行し、リアルタイム性・応答性を改善</p>
②ユーザ体験の向上	<p>プログラム</p> <p>端末</p> <p>エッジサーバ</p> <p>端末が担ってきた負荷の高い処理をエッジサーバに移すことにより（オフロード）、端末性能に依存しない高いユーザ体験を実現</p>
③地域性のある通信・計算処理の局所化	<p>エッジサーバ</p> <p>地域性の高いIoT、M2Mの処理をエッジで一次処理することにより、計算処理の分散と通信トラフィックの低減を実現</p>
④付加価値サービスへの展開	<p>エッジサーバ</p> <p>共有操作</p> <p>解像度変換</p> <p>ユーザインタフェース拡張</p> <p>要約、翻訳</p> <p>履歴分析</p> <p>M2Mデータ処理</p> <p>※中間処理の例</p> <p>アプリケーション処理に割り込み、履歴などの取得・分析やさまざまな高機能化処理を提供</p>

るようにします。このとき、通信の多くはセンサ端末とエッジサーバの間で行われ、ネットワーク基幹部分やDCへのトラフィックは抑制されます。

- ④ エッジサーバでの中間処理による付加価値サービス創出の可能性です。端末に合わせたメディアや品質の変換、翻訳、操作履歴蓄積・分析、ユーザインタフェース拡張など多くの可能性を検討しています。

## エッジコンピューティングが拓く世界

エッジコンピューティングを用いる将来アプリケーションのイメージを図2に示します。IoTの分野では、スマートハウスとスマートビルディングでのエネルギー管理をエッジサーバで連係させ、電力需要逼迫の際には分担して低優先度の機器を停止させるなどの応用が見込まれます。ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) の分野では、車の見通し外にある他車、歩行者、障害物

について、路側設置のカメラや他車からの情報をリアルタイムでエッジサーバが処理し、適切な通知を車に送ることで交通安全性を高めることが考えられます。また、スマートフォンやウェアラブル機器のカメラによる動画に、視野内のモノの情報や地域の情報をオーバーレイするAR (Augmented Reality : 拡張現実) では、エッジサーバへのオフロードが有効と考えられます。撮影と表示は端末が行い、物体の識別は遠隔のクラウドサーバで処理、エッジサーバでは視点移動に応じた適切なオーバーレイをリアルタイムで作成、というような端末-エッジ-DCの垂直分散処理により利用感を向上できると考えられます。

## エッジコンピューティングのシステム構成

エッジサーバのシステム構成を図3に示します。小規模なクラウドDCともいえるエッジサーバでは、エッジコンピューティングを活用するアプリケーションの開

発を容易にし、エッジサーバの効率的な運用を実現するため、ICTリソースの仮想化技術や、ソフトウェアのコンポーネント化とマルチサービス・マルチテナント化といったクラウド技術を最大限活用します。

また、処理のリアルタイム性・応答性を活かしたオーバヘッドの少ないアプリケーション実行環境や、端末が担ってきた共通的な処理の一部をエッジサーバにオフロードするソフトウェアコンポーネントなど、エッジコンピューティングのメリットを活かしたアプリケーション実行環境を実現するため、エッジサーバでは、VM (Virtual Machine : 仮想マシン) 単位から、Javaなどのユーザプロセス単位まで、目的に応じたさまざまな粒度の実行環境を用意します。エッジコンピューティングプラットフォームは、これらのさまざまなアプリケーションを、ユーザ近傍に分散配備されたエッジサーバに割り当てて、実行管理・運用する基盤システムです。

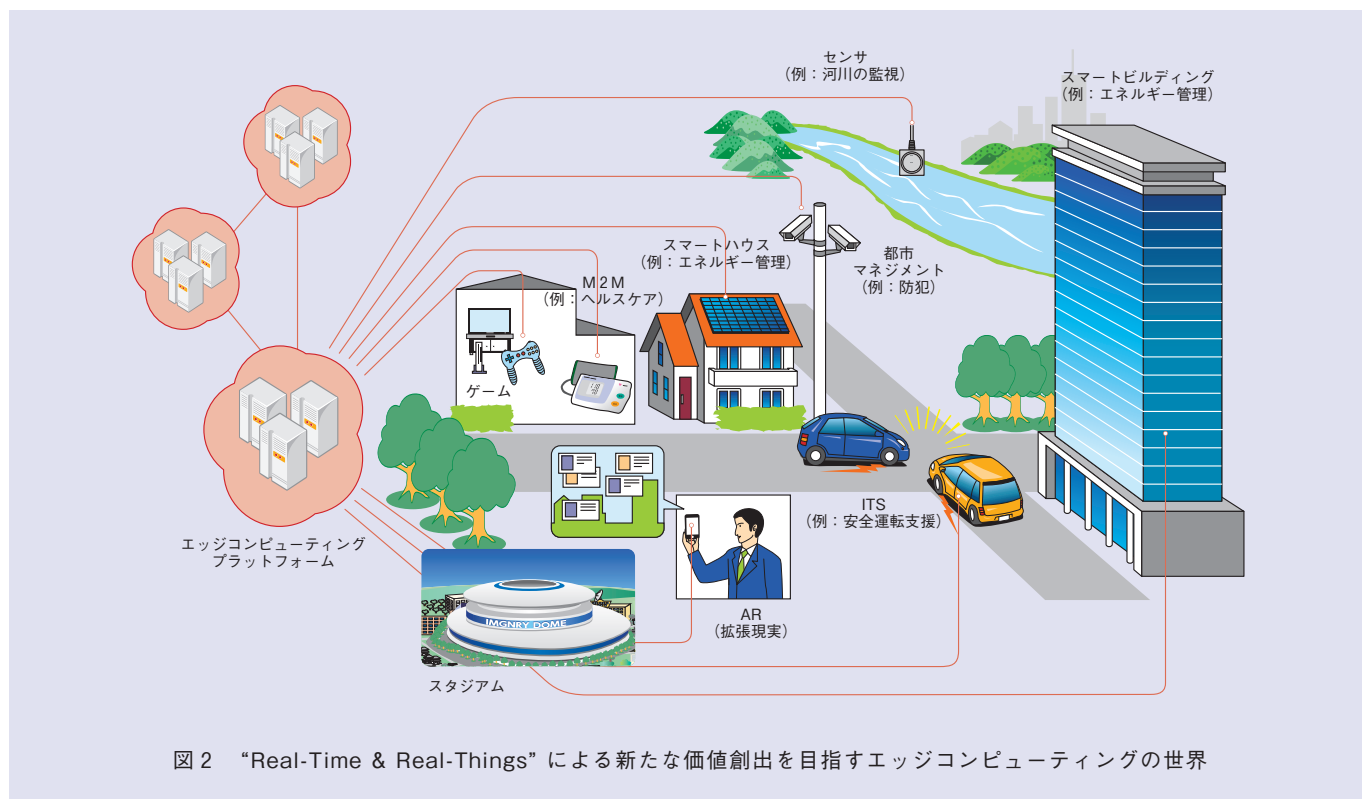


図2 “Real-Time & Real-Things” による新たな価値創出を目指すエッジコンピューティングの世界

## エッジ分散型Webアプリ実行エンジン

NTT未来ねっと研究所では、エッジコンピューティングを活用した生産性の高いアプリケーション実行環境として、エッジ分散型のWebアプリ実行エンジン(EAWエンジン: Edge Accelerated Web Engine)を開発しました<sup>(3)</sup>(図4)。ネットワークを介したコンテンツを参照する手段(Webブラウザ)として普及・発展してきたWebの技術は、Webブラウザ上で動作するJavaScriptなどの端末側プログラムとWebサーバ側のプログラムを協調動作させる技術の発展と標準化によって、現在では、端末に依存しないアプリケーション(Webアプリ)の実行プラットフォームへと進化しています。EAWエンジンでは、Webの技術進化に伴って複雑化し、負荷も増大したWebアプリ実行エンジンの処理の一部を、端末からエッジサーバにオフロードしています。具体的には、処理の要となる取得解析とスクリプト処理をエッジサーバで実行し、端末

ではコンテンツの描画(レンダリング)結果の再構成処理のみを行っています(EAWフロントエンド)。機能拡張・進歩の著しい要の処理をエッジサーバに実装することによって、端末の性能によらない最新のWebアプリ実行環境を、サーバ側のソフトウェア更改によって継続的に提供することができます。

EAWエンジンとAndroid標準のWebエンジン、およびGoogle ChromeブラウザでのWebブラウジング性能比較の結果を図5に示します。本評価では、測定対象のWebサイトに対してアクセスを要求してからコンテンツの表示が完了するまでの時間を比較しました。評価結果から、EAWエンジンは、Android標準Webエンジンよりも20~70%早く表示が完了しており、約3倍の端末性能諸元となるChrome+Nexus7(2012)と同程度の結果となっていることがわかります。

## 標準化動向

エッジコンピューティングは、従来型クラウドではカバーできないアプリ

ケーション領域を開拓・実現する有望な手段として注目され、標準化の議論が開始されています。具体的には、ETSI (European Telecommunications Standards Institute: 欧州電気通信標準化機構)においてMEC (Mobile Edge Computing) のISG (Industry Specification Group) が2014年に設立されました<sup>(4)</sup>。ETSI MECには、通信キャリアや装置開発ベンダ、OTTなどさまざまな事業・分野からの参加者が集って、ゲームやARなどの低遅延クラウドアプリケーション、処理の地域性を活かした位置情報トラッキング、端末処理オフローディングや、低遅延CDN・トラフィック制御などのユースケースを基に、エッジサーバについての技術要件とアーキテクチャの議論を進めています。ETSI MECでは、これらを実現するプラットフォーム仕様・API仕様の標準化と、典型的なアプリケーションのPoC (Proof of Concept) の開発を2015年内に完了させ、エッジコンピューティングの早期の商用利用を推進することを目的としています。

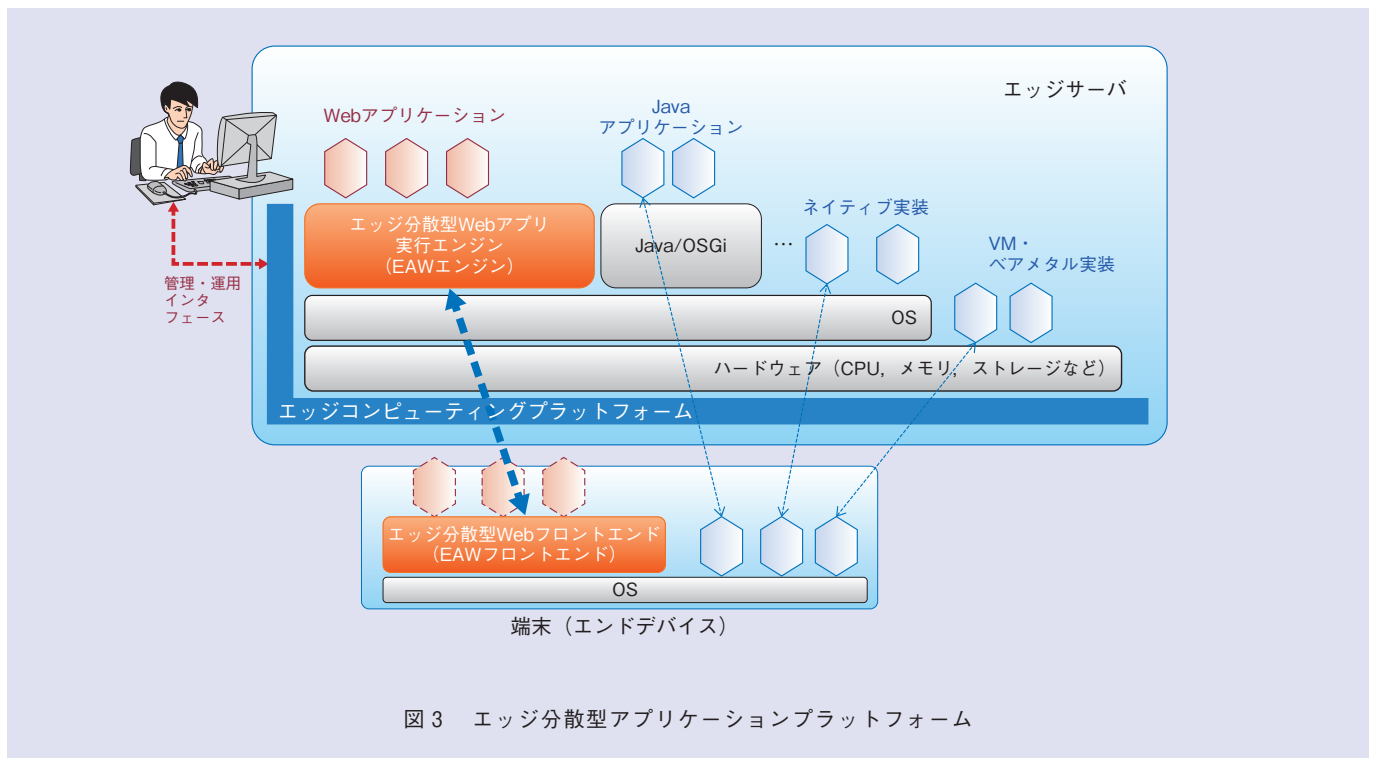
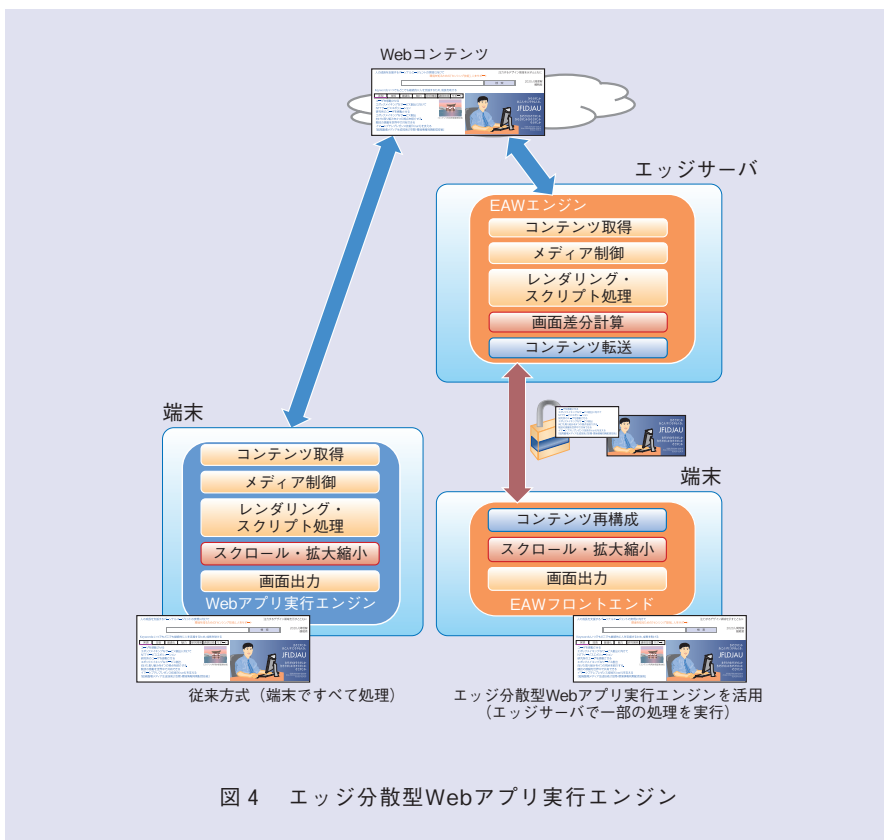


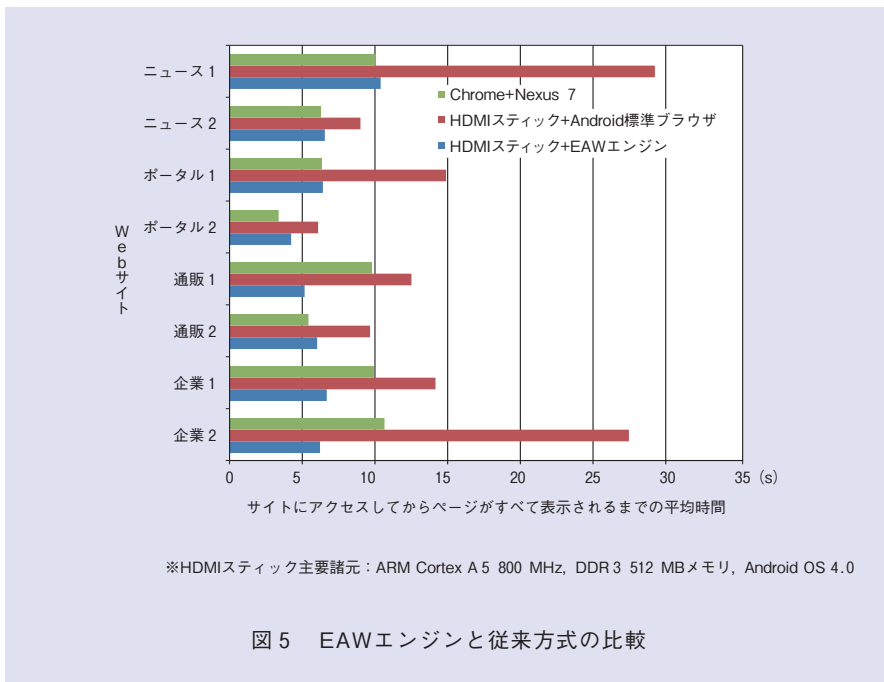
図3 エッジ分散型アプリケーションプラットフォーム



エンジンについて紹介しました。エッジ分散型Webアプリ実行エンジンはNTTぷららが運営するスマートTVサービス「ひかりTV」のインターネット機能に搭載される予定です。今後は、エッジ分散型Webアプリ実行エンジンを活用したサービス展開をさらに進めるとともに、IoT時代のグローバル展開を見据えて、新たなアプリケーションの開拓とそれを支える分散処理基盤技術の研究開発を進める予定です。

■参考文献

- (1) M. Satyanarayanan, P. Bahl, R. Caceres, and N. Davies : “The Case for VM-based Cloudlets in Mobile Computing,” IEEE Pervasive Computing, Vol.8, No.4, pp.14-23, Oct.-Dec. 2009.
- (2) <http://www.ntt.co.jp/news2014/1401/140123a.html>
- (3) N. Takahashi, H. Tanaka, and R. Kawamura: “Analysis of process assignment in multi-tier mobile cloud computing and application to Edge Accelerated Web Browsing,” IEEE Mobile Cloud 2015, San Francisco, U.S.A., March-April 2015.
- (4) [https://portal.letsj.org/Portals/0/TBpages/MEC/Docs/Mobile-edge\\_Computing\\_-\\_Introductory\\_Technical\\_White\\_Paper\\_V1%2018-09-14.pdf](https://portal.letsj.org/Portals/0/TBpages/MEC/Docs/Mobile-edge_Computing_-_Introductory_Technical_White_Paper_V1%2018-09-14.pdf)



今後の展開

ここでは、エッジコンピューティングが

誕生した背景と将来の展望、標準化の動向、およびNTT未来ねっと研究所で取り組んでいるエッジ分散型Webアプリ実行



(左から) 川村 龍太郎/ 田中 裕之/  
高橋 紀之

私たちは、アプリケーション処理の低遅延化や通信トラフィック最適化を可能とするエッジコンピューティングの研究開発を通じて、IoTやM2Mをはじめとした新たなサービス領域の開拓に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTT未来ねっと研究所  
 ユビキタスサービスシステム研究部  
 TEL 046-859-3008  
 FAX 046-859-3727  
 E-mail edge-computing@lab.ntt.co.jp