

4-1-3 エッジコンピューティングへの取組

4-1-3 Activities on Edge Computing

寺西裕一 山中広明 木全 崇 高木雅裕 河合栄治 永野秀尚

TERANISHI Yuuichi, YAMANAKA Hiroaki, KIMATA Takashi, TAKAGI Masahiro, KAWAI Eiji, and NAGANO Hidehisa

総合テストベッド研究開発推進センターでは Beyond 5G / 6G を支える将来のエッジコンピューティング技術の社会展開を目指した研究開発及びテストベッド構築を行ってきた。本稿では当センターにおけるエッジコンピューティングへの取組状況について述べる。

NICT ICT Testbed Research and Development Promotion Center has been researching, developing, and constructing testbeds. One of its aim is social implementation of edge computing to support Beyond 5G / 6G. This paper describes our activities on the edge computing in the center.

1 はじめに

Beyond 5G / 6G と呼ばれる次世代の情報ネットワークでは、センサー、クルマ、ロボット等のモノ、ネットワークの末端(エッジ)やネットワーク内に配置されたサーバ等のコンピューティング資源を活用して超低遅延・高効率な ICT サービスを実行可能とする「エッジコンピューティング技術」が重要な役割を担う。NICT が発表した Beyond 5G / 6G White Paper [1] においても、エッジコンピューティング技術によって超多数のモノ・デバイス・コンピュータが自律的・自動的に動作して実現される将来のネットワークサービス像が示されている。総合テストベッド研究開発推進センターでは、こうした将来のエッジコンピューティング技術の確立・社会展開を目指した研究開発及びテストベッド構築を進めている。本稿では当センターにおけるエッジコンピューティングへの取組状況について述べる。

2 エッジコンピューティングにおける遅延保証

エッジコンピューティングにおいて、ネットワーク内のコンピューティング資源を有効に活用し、低応答遅延の ICT サービスを実現するためには、エッジサーバーやデバイス間の通信遅延、データ処理遅延等を計測し、処理の実行位置や構成を調整する必要がある。システムの複雑化やオーバーヘッドが課題となる。

我々は、こうした課題をインフラレベルで解決する方法として、コンピューティング資源の配置とネット

ワーク構成を抽象的に表現する「仮想リージョン」と呼ばれるモデルに基づき通信遅延を保証するインフラ構成方式を提案してきた [2]。仮想リージョンは、ネットワークの通信遅延やコンピューティング資源の利用状況に基づいて決定される無線基地局のグループである。上位 ICT サービスは、ネットワーク内コンピューティング資源間の通信遅延等を個別に計測せずとも、仮想リージョンを指定することで、要求遅延やコンピューティング資源数等の条件が保証されたエッジコンピューティングインフラを利用できる。提案方式では、複数の ICT サービスからの要求を束ね、条件を満たしつつ消費電力が小さくなるよう物理的なサーバ資源等を仮想化して複数サービス間で共有するなどの最適化を図る。

3 エッジコンピューティングにおけるデータアクセス制御

エッジコンピューティングの利点の一つに、センサー等から得られるデータを利活用する際のセキュリティリスクの低減がある。例えば、工場内の機器のセンサーデータをエッジサーバー上で加工し、結果のみを送信することで、工場外のネットワークへセンサーデータを出さずに機器の稼働状況を収集・活用する ICT サービスを実現できる。こうしたセンサーデータの活用を行う場合、データの加工を伴うアクセス制御をネットワーク設定と連動して行う必要があり、複数の ICT サービスが共存する環境や、頻繁に設定変更が必要なアプリケーションにおける管理コストが課題となる。また、エッジコンピューティング環境では、処

4 NICT 総合テストベッドの新たな可能性に向けた研究開発

処理能力が低いデバイス等が混在するため、データレベルのアクセス制御を実行する際のオーバーヘッドが大きくなってしまいう課題も生じる。

我々は、こうした課題を解決するため、エッジコンピューティング環境におけるデータのアクセス制御を、仮想ネットワークとコンテナ仮想化ソフトウェアの接続関係の制御により行うシステム構成方式の検討・実装を進めている。ネットワークレベルで制御を行うことにより、処理能力が低いデバイス等でデータレベルのアクセス制御を行う必要がなくなり、オーバーヘッドの低減・性能の向上が可能となる。

4 エッジコンピューティングテストベッドの構築

総合テストベッド研究開発推進センターでは上記技術を適用したエッジコンピューティングテストベッドの設計・構築を進めている。本テストベッドは、大きく分けるとエミュレーション環境テストベッドと実環境テストベッドの二つから成る。

エミュレーション環境テストベッドは、StarBED を用いてエミュレーションにより再現された広域ネットワークにコンピューティング資源を接続し、エッジクラウド(ネットワーク内コンピューティング資源)、無線基地局、クライアント(デバイス・センサーなど)が複数配置された環境を再現する [3]。

実環境テストベッドは、インターネット・イントラネットに接続されたセンサーやデータをデータ利用ポリシーに従って活用するコンテナ仮想化ソフトウェア・仮想ネットワークから成るエッジコンピューティング環境を構成する。

上記のうち、エミュレーション環境テストベッドは2021年7月より初期サービスの提供を開始しており、順次機能拡張等を進めていく予定である。

5 コネクテッドカーからのデータ収集

Beyond 5G / 6G では、高速移動するコネクテッドカー、ドローン、自律走行ロボット等の移動体もエッジコンピューティングの構成要素となる。5G / 6G等のモバイル通信網を用いる場合、移動体が基地局の通信可能エリア外を移動する際、ICTサービスの提供やデータ収集をいかに継続するかが課題となる。こうした課題に対処する方策として、基地局を経由せず車両同士が直接通信する車車間通信によるコネクテッドカー実現方式の標準化や研究開発が進んでいる。しかし、従来の車車間通信方式は、大容量の車載カメラ映像や車両センサーデータを多数扱うコネクテッドカーに適用する上では、冗長なデータが通信帯域やバッファを占有してしまう等の要因により、頻繁にデータ収集の失敗が発生してしまうという問題があった。

我々はコネクテッドカーからのデータ収集を対象とし、車車間通信をデータ送受信に、モバイル通信を車車間通信の制御にそれぞれ活用する「Hybrid DTN」アーキテクチャ及びデータ収集方式を提案した [4][5]。提案方式では、車両がモバイル通信可能な状態にあるときは、コントローラから受信した制御情報に基づいて冗長なデータを廃棄しながら車車間通信を行う。また、受信した制御情報は保存しておき、車両がモバイル通信不可能な状態にあるときは、保存された制御情報をもとに自律的に同様の車車間通信を継続する。この動作により、通信可能エリアが限定された状況で

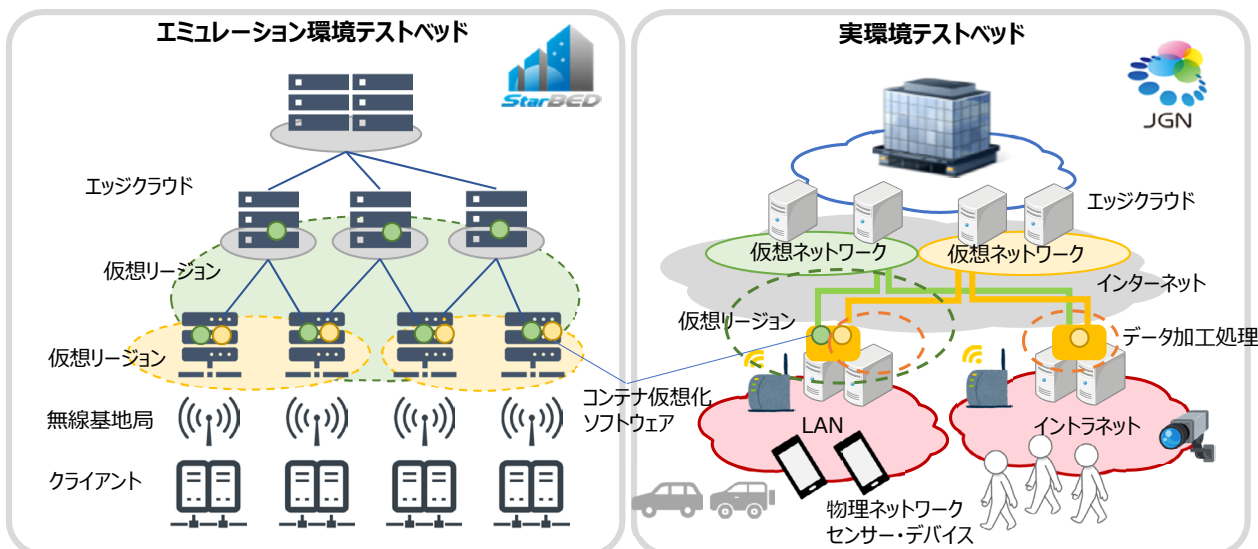


図1 エッジコンピューティングテストベッド

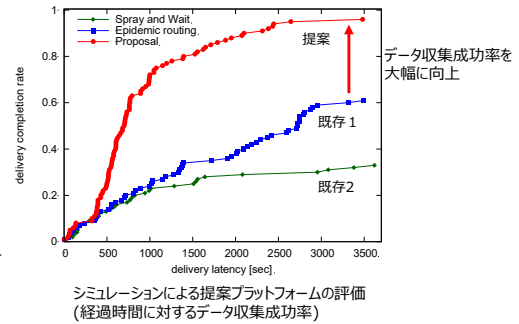
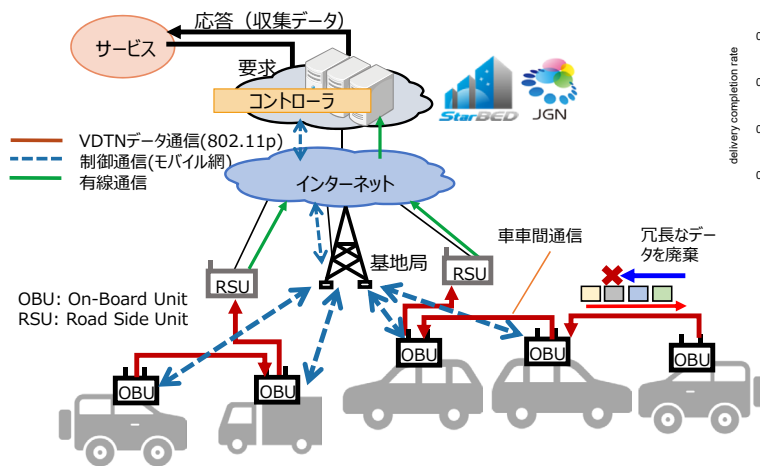


図2 Hybrid DTN アーキテクチャ

あっても高いデータ収集成功率を実現する(図2)。

総合テストベッド研究開発推進センターでは、提案方式をコネクテッドカープラットフォームとして実装し、実車実証及びテストベッド化を進めている。

6 あとがき

本稿では、総合テストベッド研究開発推進センターにおけるエッジコンピューティング関連の取組状況について述べた。今後も、Beyond 5G / 6G による超低遅延・高効率な将来ネットワークサービスの実現を目指し、エッジコンピューティング基盤技術の確立及び社会展開を目指した活動を続けていく。

【参考文献】

- 1 "Beyond 5G / 6G White Paper," NICT, <https://www2.nict.go.jp/idi/#whitepaper>
- 2 Yamanaka, H., Kawai, E., Teranishi, Y., and Harai, H. "Proximity-Aware IaaS in an Edge Computing Environment with User Dynamics," IEEE Transactions on Network and Service Management, vol.16, no.3, pp.1282-1296, 2019.
- 3 山中広明, 寺西裕一, 河合栄治, 永野秀尚, 原井洋明 "実験環境構築が容易なエッジコンピューティングテストベッドの実装と評価," 電子情報通信学会技術研究報告, vol.120, no.314 (CQ2020 60-106), pp.104-109, 2021.
- 4 Teranishi, Y., Kimata, T., Kawai, E., and Harai, H. "Hybrid cellular-DTN for vehicle volume data collection in rural areas," Proc. of 2019 IEEE 43rd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), pp.276-284, 2019.
- 5 Teranishi, Y., Kimata, T., Kawai, and Harai, H., "Spatio-Temporal Volume Data Aggregation for Crowdsensing in VDTN," Proc. of 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), pp.592-600, 2020.



寺西裕一 (てらにし ゆういち)

総合テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発運用室
研究マネージャー
博士(工学)
分散システム、オーバーレイネットワーク、
センサーネットワーク、エッジコンピューティング



山中広明 (やまなか ひろあき)

総合テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発運用室
研究員
博士(情報科学)
エッジコンピューティング、ネットワーク仮想化、Software-Defined Networking



木全 崇 (きまた たかし)

総合テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発運用室
有期研究技術員
分散システム、センサーネットワーク、マルチレイヤー制御、エッジコンピューティング、コネクテッドカー



高木雅裕 (たかぎ まさひろ)

総合テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発運用室
有期研究技術員
エッジコンピューティング、無線ネットワーク

4 NICT 総合テストベッドの新たな可能性に向けた研究開発



河合栄治 (かわい えいじ)

総合テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発運用室
上席研究員
博士(工学)
エッジコンピューティング、IoT、ICT テスト
ベッド



永野秀尚 (ながの ひでひさ)

総合テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発運用室
室長
博士(情報科学)
人工知能、メディア情報処理、エッジコン
ピューティング、ネットワーク