

令和2年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 20601  
研究開発課題名 : 5G・Beyond 5G の多様なサービスに対応する有線・無線アクセス  
ネットワークのプラットフォーム技術の研究開発  
副 題 : 5G・Beyond 5G の多様なサービスに対応する有線・無線アクセス  
ネットワークの仮想化とエッジクラウド基盤技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

5G・Beyond 5G 時代のサービス多様化に対応する次世代ネットワークに向けた基盤技術として、オープンなネットワーク機器やオープンソースを活用することにより、1) 有線・無線アクセスネットワーク機能のオープン化技術、2) 多種多様なサービスに対応するためのネットワーク機能の仮想化技術、3) サービスの速やかな開通設定を容易に可能とするネットワークの運用管理自動化、4) 高速化に対応した仮想化ネットワーク回線、及び、低遅延性を確保し帯域効率化と柔軟性を実現するエッジコンピューティング技術を確立することを目指す。

具体的には、アクセス媒体に依存せずに様々なサービスを柔軟に提供できるネットワーク、及び、ネットワークとコンピュータ資源を統合して設定管理を自動化/省力化することが可能な仮想化プラットフォームに関する研究開発とアプリケーションを用いた実証実験を実施する。

本研究課題では、サービスに合わせて柔軟に対応可能なネットワークとコンピュータ資源を共有して、高速化、超低遅延、多数接続が必要とされるマルチサービスやマルチアクセスに適用されるアクセス領域のオープンな仮想化プラットフォームを提供する。それゆえ本課題は、5G・Beyond 5G 時代に向けて、多種多様なサービスを誰もがいつでもどこでも容易に利用できる社会を実現することを目指すものである。

(2) 研究開発期間

平成 30 年度から令和 4 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

富士通株式会社<代表研究者>  
国立大学法人福井大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 250 百万円 (令和 2 年度 50 百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目1： ネットワーク装置のオープン化技術

- 1-1. マルチベンダ光、無線アクセス装置のオープン化技術開発 (富士通株式会社)
- 1-2. マルチベンダレイヤ2スイッチ装置のオープン化技術開発 (富士通株式会社)
- 1-3. マルチベンダ次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術開発 (富士通株式会社)

研究開発項目2： ネットワーク仮想化基盤技術

- 2-1. 光、無線アクセス機能のNFV化技術開発 (富士通株式会社)
- 2-2. オープンネットワークコントローラ、NFVコントローラ技術開発 (富士通株式会社)
- 2-3. スケーラビリティ対応による実用化開発 (富士通株式会社)

研究開発項目3： ゼロタッチ制御技術

- 3-1. ネットワーク論理パス設定自動化技術開発 (富士通株式会社)
- 3-2. 論理パスに連動するネットワークスライス制御技術開発 (富士通株式会社)

研究開発項目4： エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術

- 4-1. MEC技術開発 (富士通株式会社)
- 4-2. MECアプリケーション設計及び実用性・有効性評価 (国立大学法人福井大学)
- 4-3. アプリケーションと連動する一体型最適資源利用技術開発 (国立大学法人福井大学)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	1	1
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	20	9
	標準化提案・採択	4	4
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	1
	受賞・表彰	2	1

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1： ネットワーク装置のオープン化技術

1-1. マルチベンダ光、無線アクセス装置のオープン化技術開発

令和元年度に設計、構築したマルチアクセスネットワーク基盤を用いてマルチアクセス仮想化ネットワークの統合検証環境を構築し、各アクセスネットワークの性能評価を行った。研究開発項目2-3で実施した性能検証において、光アクセスネットワーク、無線アクセスネットワーク(WiFi)ではデータ・プレーンでのパケット伝送はフルレートで実施可能なこと、また、無線アクセスネットワーク(LTE)では多数接続を行う場合でのスループット面での課題を確認した。

1-2. マルチベンダレイヤ2スイッチ装置のオープン化技術開発

令和元年度に設計、構築したFabricネットワーク基盤を用いてマルチアクセス仮想化ネットワークの統合検証環境を構築し、Fabricネットワークの性能評価を行った。研究開発項目2-3で実施した性能検証においてFabricネットワークとしてはデータ・プレーンでのパケット伝送が問題なく実施できていることを確認した。

### 1-3. マルチベンダ次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術開発

次世代の光アクセス装置技術である、40G 対応の NG-PON2 の技術調査・市場調査、並びに、次世代無線アクセス装置技術のオープン化技術であるソフトウェア（Aether や OAI-5G）の技術調査と装置に関する市場調査を実施し、次世代装置のオープン化状況に関する知見を得た。

## 研究開発項目 2：ネットワーク仮想化基盤技術

### 2-1. 光、無線アクセス機能の NFV 化技術開発

令和元年度に設計、構築したマルチアクセスネットワーク基盤を用いてマルチアクセス仮想化ネットワークの統合検証環境を構築し、各アクセスネットワークの性能評価を行った。研究開発項目 2-3 で実施した性能検証において、研究開発項目 1-1 のオープン機器と連動した VNF(仮想ネットワーク機能)を結合評価し性能やスケーラビリティに関する課題を抽出した。

### 2-2. オープンネットワークコントローラ、NFV コントローラ技術開発

研究開発項目 4-1 で開発・構築した MEC 仮想化基盤上で、MEC ネットワークの通信状況を収集・解析した結果を元に MEC ネットワークや仮想化基盤の制御を自動で行う、Closed Loop 制御における SDN コントローラとオーケストレータを評価し性能やスケーラビリティに関する課題を抽出した。

### 2-3. スケーラビリティ対応による実用化開発

令和元年度に設計、構築したマルチアクセスネットワーク基盤を用いて構築したマルチアクセス仮想化ネットワークの統合検証環境において45 台程度の機器を接続した統合検証を行った。各アクセスドメインやパケット監視経路における性能測定を実施し、第 2 期に向けた現状システムの性能を測定・分析、性能やスケーラビリティの課題を抽出した。

## 研究開発項目 3：ゼロタッチ制御技術

### 3-1. ネットワーク論理パス設定自動化技術開発

研究開発項目 4-1 で開発・構築した MEC 仮想化基盤において、MEC ネットワークの通信状況を収集・解析した結果を元に、MEC ネットワークや仮想化基盤の制御を自動で行う Closed Loop 制御を開発した。

## 研究開発項目 4：エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術

### 4-1. MEC 技術開発

クラウドコンピューティング領域から始まり、ネットワーク領域においても主流となりつつあるコンテナ型の仮想化基盤における仮想ブリッジのパケット処理性能改善のため、オープンなパケット処理高速化技術 DPDK をベースとしたコンテナネットワークプラグインである Contiv-VPP について性能検証を行い、仮想化ブリッジの性能に関する知見を得た。

また、令和元年度に開発した性能統計情報を収集する機能を適用し、MEC 基盤におけるネットワークの通信状況を収集・解析し、MEC 内のリソースの再配備を自動で行う Closed Loop 技術を開発した。ユースケースの 1 つとして、映像配信を採用し、カメラから配信サーバ(仮想基盤上のコンテナ)を経由してユーザが受信する映像パケットの通信状況をリアルタイム監視し、通信状況に応じて最適なネットワークパスへの変更、配信サーバ・コンテナの最適再配備を自動で行うシステムを構築した。本技術は従来のネットワーク監視とは異なり、In-band の実データパケットをリアルタイムに監視する手法により、ユーザの実サービスに関わ

る通信状況をより正確に計測すること、並びに、その結果に基づいて自動で最適な制御を行うことを可能とするシステムを実現した。さらに、GTP 通信を行うネットワークにおいても本システムを適用可能とする技術を確立した。

本取り組みにより、従来のクラウドサービスを MEC 基盤上でも実行可能な MEC 基盤を構築、最適な資源配備をリアルタイム、かつ、自動で行う Closed Loop 制御技術を確立し、現状、従来比約 1/10 の帯域効率化を実現した。

#### 4-2. MEC アプリケーション設計及び実用性・有効性評価

エッジサーバを含む開発プラットフォームの利用状況に応じて MEC サーバとクラウドを動的に使い分ける機能を導入した多人数情報共有型 AR アプリケーションに対して、動的割り当て技術の複数アルゴリズムを実装してアルゴリズムの実行時間を評価した。また、オンライン開催の展示会で、開発しているアプリケーションを紹介した。さらに、一体型最適資源利用技術によってコア・メトロネットワークの通信トラフィック量がどの程度削減できるかを性能解析によって示した。具体的には、タスク割当に関する3つのアルゴリズムに対して、それぞれ異なる解析式を定式化してトラフィック量を導出することができた。

#### 4-3. アプリケーションと連動する一体型最適資源利用技術開発

これまでに開発していた一体最適資源利用技術を拡張し、より大規模な環境で利用可能な動的タスク割り当て技術を開発した。開発した割り当て技術では、MEC プラットフォーム内のボトルネックノードを待ち行列モデルでモデル化することで大規模なプラットフォームに対する最適化問題を定式化する。本技術では、定式化した最適化問題の解をソフトウェア CPLEX によって導出することで、アプリケーションのタスクを適切に処理できる。また、実装可能な発見的アルゴリズムも確立した。確立した発見的アルゴリズムの性能を評価し、最適解と比較することで開発したアルゴリズムの実用性を示した。

### (8) 今後の研究開発計画

#### 研究開発項目1：ネットワーク装置のオープン化技術

##### 1-1. マルチベンダ光、無線アクセス装置のオープン化技術開発

##### 1-2. マルチベンダレイヤ2スイッチ装置のオープン化技術開発

令和2年度までに実施完了。

##### 1-3. マルチベンダ次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術開発

次世代アクセス装置/ネットワーク装置の最新の市場動向を調査し、オープン化技術適用可能な機器・オープンソースを選定する。各装置が対応するハードウェア抽象化のソフトウェア・ドライバや、それらを制御可能なコントローラの技術開発、並びに、ソフトウェア化・VNF 化した機能を汎用サーバのコンピュータノード上に搭載する技術開発の実現性検討および開発・検証を行い、次世代機器に対するオープン化技術を確立させる。

有線アクセスではプラガブル型の OLT や 40G 対応の NG-PON2 で利用できる OLT / ONU 装置を、無線アクセスでは 5G の無線方式に対応した基地局のオープン機器、ソフトウェア、また、MEC 基盤内の Fabric ネットワークではより高精度時刻同期に対応したプログラムブルスイッチ装置をターゲットとする。

#### 研究開発項目2：ネットワーク仮想化基盤技術

##### 2-1. 光、無線アクセス機能の NFV 化技術開発

##### 2-2. オープンネットワークコントローラ、NFV コントローラ技術開発

令和2年度までに実施完了。

## 2-3. スケーラビリティ対応による実用化開発

第1期で実施した評価/実証実験の結果から性能やスケーラビリティの課題を洗い出し、実用化に向けたパフォーマンス/信頼性向上のための構築環境のチューニングや機能拡充を行う。仮想化基盤上で実行される処理をオフロードさせるハードウェア・アクセラレーション技術、並びに、MECシステム全体において最適なVNF配備場所への変更、VNFリソースの最適割当を可能とする技術を開発する。

また、ネットワーク仮想化システム全体の性能や効率を向上させる技術(アクセラレーション、ロードバランシング、等)をネットワーク仮想化分野に適用することで、最終年度までに1Mbps以上のパケットを安定的に処理可能なシステムを実現するための技術手法の調査・実現性検討を行う。

### 研究開発項目3：ゼロタッチ制御技術

#### 3-1. ネットワーク論理パス設定自動化技術開発

令和2年度までに実施完了。

#### 3-2. 論理パスに連動するネットワークスライス制御技術開発

コンピュータノード内やFabric網内でのレイヤ2スイッチ内のQoS制御をそれぞれ行うアプリケーションと、これらの制御機能を一括して設定を可能とするオーケストレータのアプリケーションの開発・検証を行う。

### 研究開発項目4：エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術

#### 4-1. MEC技術開発

最適なMECサービスを実現するため、当該サービスを構成するクラウド側機能とエッジクラウド側の処理分担やサービスコンテナの配備場所(エッジクラウド上とクラウド上のアプリケーションの最適配置)、接続するサービスコンテナを決定するための性能情報と収集手段を検討し、開発する。第1期で構築したクローズドループ機能をベースのシステムとして、項目4-3をはじめとする様々な最適判定アルゴリズムを搭載させてMECネットワークの最適判定を行うことを可能とするシステムを実装する。

また、実パケットを直接監視するネットワーク機能において、遅延測定粒度を100マイクロ秒オーダー以下まで高めるための方式検討を行い、検討結果に基づき、プログラマブルスイッチやスマートNICカードの開発・検証を行う。

#### 4-2. MECアプリケーション設計及び実用性・有効性評価

第1期に開発したMECアプリケーションでは、研究開発項目4-3で開発済みの動的タスク割当アルゴリズムを適用できる状況にまで開発を行っているが、具体的な実装は行っておらず簡易アルゴリズムによってタスク割り当てを決定していた。そこで、実際に研究開発項目4-3で開発したアルゴリズムを実装する。また、研究開発項目4-1によって収集する情報をアルゴリズムで使用するための改良も行う。それから、実装したアルゴリズムの実装実験を行う。

#### 4-3. アプリケーションと連動する一体型最適資源利用技術

令和3年度は、一体型最適資源利用技術を開発項目4-1および4-2と連携させ、小規模実験で効果を調査して実装上の問題点を洗い出す。それから、問題点を解決できるようにアルゴリズムを改善する。

さらに、第1期に確立した一般的な環境での一体型最適資源利用技術はその効果をシミュレーションで評価済みであるため、開発項目4-1と4-2との連携を想定して改善を行う。とく

に、アルゴリズムで使用する情報と収集可能な情報の調整を行い、アルゴリズムで使用する情報の変更も含めて改良する。さらに、タスク割り当ての公平性の観点から資源の最適利用を実現する技術の確立にも取り組む。