

令和3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) 受託者

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)

平成30年度から令和4年度までの総額250百万円(令和3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	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	24	4
	標準化提案・採択	6	2
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	0
	受賞・表彰	2	0

(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2年度までに実施完了。

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

次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術動向・市場調査を実施し、次世代アクセスネットワーク基盤に適用可能なアクセス機器やOSSの選定と構築方針について検討を実施した。光アクセス領域の機器としては、40G対応のNG-PON2のオープン機器の調達は市場に製品がまだなく困難であり、現時点で有力な次世代光アクセス装置としてはプラグブル型のOLT/ONUが挙げられる。OSSについてはVOLTHAが継続的に機能追加、改善のバージョンアップをされており、2021年にはLTS(Long Term Support)版である28版がリリース

されている。無線アクセス領域の機器としては、5G以降のミリ波帯に対応するオープン機器は市場にまだないが、現行のUSRP(ソフト基地局装置)により5G Sub6帯が対応可能である。OSSについては、OAI 5Gにより、NSA(Non Stand-Alone)方式、SA(Stand Alone)方式の5Gサポートが開始されている。2022年度も四半期ごとのバージョンアップが予定されており、継続して注視していく。選定したOSSのVOLTHA、OAIともに第一期において採用し基盤への組み込みを実施しているため、次世代装置についても第一期のアーキテクチャ、構築手法と同じ方針で組み込み可能と見込んでいる。

また、MEC基盤内のFabricネットワークにおいては、より高精度な時刻同期に対応したプログラマブルスイッチ装置をターゲットとして検討、市場調査を実施した。その結果としてP4言語に対応し、PTPプロトコルによる同期機能をサポートしたOCP準拠のAPS Networks社製スイッチを選定、調達し、MECのFabricネットワークへ組み込む上で適切な構成の調査、および課題の抽出を実施した。

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2年度までに実施完了。

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

ネットワーク仮想化システムの安定性や性能効率を向上させる技術を確立させるために、CNF(Cloud-Native Network Function)のアクセラレーション、オートスケーリング技術の調査・実現性検討を実施した。

本取り組みにおけるユースケースとして5G Core機能を選定し、同機能をサポートするOSS Free5GCを検証対象として、GPUやDPDK活用による処理性能向上やコンテナ運用管理基盤であるKubernetesによる負荷分散やオートスケーリングの活用方法や適用可否について調査、検討を実施した。5G CoreのU-Planeパケット処理性能向上においてはGPU適用による大きな改善が見込めず、DPDKを有力技術として選定した。その適用構成について机上検討を行い、負荷分散やオートスケーリングとの組み合わせにより、専用ハードではなくソフトベースのネットワーク仮想化システムにおいても、目標とする1Mpps以上のパケットを安定的に処理可能なシステムを実現可能であるとの検討結果が得られた。

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

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

研究開発項目4-3にて福井大学の開発した動的タスク割り当てアルゴリズムを活用することで、コンピュータリソースとネットワーク遅延をモニタリングしCloud/MEC等パケット処理場所をサービスの要求に応じて動的に切り替える自動制御技術を開発し、ユーザの体感品質向上につながるサービスの応答遅延時間低減が可能であることを、福井大学との合同検証において実証した。

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

研究開発項目4-3にて福井大学の開発した動的タスク割り当てアルゴリズムと連携可能なプラットフォームを実現するため、INT活用による応答遅延測定方式の改良、改善、およびモニタリングした遅延情報の通知機能のカスタマイズを実施し、アルゴリズムと連携しシステム資源の配備をリアルタイムに変更可能であることを、福井大学との合同検証において実証した。

また、実パケットを直接監視するネットワーク機能における高精度な監視技術の確立を目指して、P4 言語に対応し、PTP プロトコルによる同期機能をサポートした APS Networks 社製スイッチの活用による遅延測定精度向上の実現性検討、調査を実施した。Linux 対応の PTP ソフトウェアに NIC (Network Interface Card) の HW アシスト機能を活用したスイッチ間同期方式を検討、試作し、単体試験において 100us 以下まで遅延測定精度を向上できることを実証した。

4-2. MEC アプリケーション設計及び実用性・有効性評価

今年度実施した合同検証用にこれまで開発してきた MEC サーバプログラムと携帯端末用アプリの改良および拡張を行った。MEC サーバプログラムでは、JavaScript を用いて開発項目 4-3 で開発した合同検証用のアルゴリズムを実装し、さらに INT 収集サーバとの WebSocket 通信処理を実装した。また、INT 収集サーバから送信された JSON ファイルを受信してアルゴリズムで使用する機能を追加した。携帯端末用アプリでは、新たに MEC サーバに実装したアルゴリズムと連動して低優先タスクの処理場所を決定する機能を追加し、さらに実験評価用に高優先リアルタイムタスクと低優先リアルタイムタスクの送信割合を変更する処理を追加した。さらに両アプリに対して、遅延測定用にタスクの種類によってポート番号を変更する機能を追加した。これらの改良・拡張によって、合同検証によって有益な結果を獲得することができた。

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

令和 3 年度は、合同検証に向けて INT 技術で収集した情報を利用する新たなアルゴリズムを確立した。これまでに開発した一体型最適資源利用技術とは異なり合同検証で使用可能な情報のみを使用したアルゴリズムとなっている。このアルゴリズムの処理性能は合同検証の前に調査し、タスク数が 100 程度で処理時間が 0.1 ミリ秒程度であることを示した。また、事前の検証結果から処理場所の頻繁な変更を抑制するための機能を追加し、これにより合同検証で適切な処理場所の変更結果を得ることができた。

(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
令和 2 年度までに実施完了。

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、ネットワーク OSS の市場動向、技術調査を継続し、次世代アクセスネットワーク基盤に適用可能な機器、OSS の選定を行う。選定した機器、OSS を用いて、第一期の現世代プラットフォーム構築技術により次世代の無線有線アクセスプラットフォームを構築可能か検討する。

また、MEC 基盤内の Fabric ネットワークにおいて選定した、より高精度な時刻同期に対応したプログラマブルスイッチ装置をプラットフォームへ組み込む。

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 2 年度までに実施完了。

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

スケーラビリティに対応するために、CNF(Cloud-Native Network Function)を中心に仮想化システム全体の性能、効率を向上させる技術の開発を行う。

上記技術を適用したネットワーク仮想化基盤に対して、Beyond5G 要件を想定した 1Mbps 以上のネットワーク負荷、サーバ負荷をかける大規模システム検証を行い、安定的なパケット処理能力などについての性能測定を実施する。

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

令和 3 年度に開発した、福井大学の動的タスク割り当てアルゴリズムと対応アプリにより、MEC 基盤上のコンピュータリソースに基づくサーバ処理遅延とネットワーク遅延のモニタリング結果及びサービスの要求に応じて、Cloud/MEC 等パケット処理場所を動的に切り替える最適自動制御技術を、研究開発項目 2-3 の検証基盤に実装し、上記技術の総合システム評価を実施し、大規模なシステムにおいても MEC のサービスレベルが向上できることを検証する。

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

令和 3 年度に実現性検討、調査、および試作開発した、PTP プロトコルによる高精度同期により測定精度を向上した In-band ネットワーク監視機能のシステム開発、結合評価を行い、目標とした測定精度 100us 以下を達成していることを確認する。

また、令和 3 年度に開発したコンピュータリソースに基づくサーバ処理遅延とネットワーク遅延のモニタリング機能および基盤制御機能と最適判定、動的配備アルゴリズムを連携させ、リアルタイムなシステム資源の配備変更を可能にした一体最適制御技術を研究開発項目 2-3 の検証基盤に実装し、その総合システム評価を実施し、リソースの最適配備・運用が自律化されていることを検証する。

4-2. MEC アプリケーション設計及び実用性・有効性評価

令和3年度は、合同検証で使用するために MEC プラットフォームと連携できるようにアプリケーションを改良した。この改良により、MECプラットフォームで収集した情報を活用できるようになったが、合同検証において、通信方法や携帯端末アプリケーションに実験を効率よく実施するためにいくつか改善すべき箇所を見つけることができた。

そこで令和4年度は、最終実験に向けて実用性評価・有効性評価ができるようにアプリケーションの改良を行う。本改良では、引き続きソフトウェアUnityを利用し、iOSおよびAndroid上で動作するアプリケーションを開発する。

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

令和3年度にアプリケーションと連動する一体型最適資源利用技術を実装したが、実証実験で使用する MEC プラットフォームで収集できる情報とアルゴリズムで使用する情報の差異から十分な効果を得るまでには至っていない。そこで、令和4年度は、最終実験も想定して MEC プラットフォームで収集できる情報に基づいてアルゴリズムを改良する。具体的には、MECプラットフォームで収集できる情報のみを使用し、収集できない情報はアルゴリズムから除外するか予測した情報として活用できるように改良を行う。