

令和 6 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号	06501
研究開発課題名	Beyond 5G における高度 RAN 基盤を実現する Open RAN 無線通信技術の研究開発
研究開発項目 1	Open RAN の高信頼・セキュアなインテリジェント化のためのセクタ管理効率化に関する研究開発
研究開発項目 2	仮想化された Open RAN のアンテナビーム制御等によるインテリジェント化に関する研究開発
研究開発項目 3	アンテナ送信制御と Open RAN の電力制御最適化による周波数利用効率向上の研究開発
副 題	高度 RAN 基盤の実現に寄与する Open RAN 向けの高信頼化・インテリジェント化・省エネ化に関する拡張技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

研究開発項目 1 および 3 については、従来の SON (Self-Organizing Network) の課題を解決するため、O-RAN ALLIANCE (オーラン アライアンス) 規格に準拠したオープンなインタフェース・機能を有する RIC (RAN インテリジェントコントローラー) を活用する。

RIC を用いることで、ネットワークのエンジニアリングとオペレーションを大幅に自動化し、AI/ML を活用することで最終的に自律的なネットワークを構築することができるため、サービス事業者は迅速な基地局展開が可能となり、電波の有効利用、およびユーザに対するより高速・安全・高信頼のサービスを提供することができるようになる。さらに、RIC ネットワークアーキテクチャを導入することで、自動運転や IoT など 5G を活用したサービス/産業におけるイノベーションを加速し、国内産業活性化並びに国際競争力強化に貢献することを目的とする。

研究開発項目 2 は、仮想化された無線基地局装置に加えて、RIC 制御プラットフォーム、および、RIC アプリケーションを含めた Open RAN の実現を目的として、必要な技術項目の明確化や評価手法の確立を行う。また、これらの技術により、異なるベンダーの仮想化された無線基地局装置が連携した制御を実現する RIC アプリケーションの開発を行い、さらなる通信品質の向上や周波数の有効利用の実現につなげる。また、RIC を含めた Open RAN の実現により、RAN のインテリジェント化の観点においても、ベンダロックインの解消によるサプライチェーンリスクの低下や、新規ベンダーの参入機会を広げることによる基地局市場の活性化や競争による価格の適正化へとつなげていく。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度 (4 年間)

(3) 受託者

楽天モバイル株式会社<代表研究者>
株式会社 NTT ドコモ

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度から令和 6 年度までの総額 9,583 百万円 (令和 6 年度 3,196 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 Open RAN の高信頼・セキュアなインテリジェント化のためのセクタ管理効率化に関する研究開発
研究開発項目 1-a) RIC 制御プラットフォームの研究開発 (楽天モバイル株式会社)

- 研究開発項目 1-b) 準リアルタイム RIC アプリケーション (xApp) の研究開発 (楽天モバイル株式会社)
- 研究開発項目 1-c) 非リアルタイム RIC アプリケーション (rApp) の研究開発 (楽天モバイル株式会社)
- 研究開発項目 1-d) Open RAN コンポーネントと RIC を含むインタフェースの暗号化及び安全性強化に関する研究開発 (楽天モバイル株式会社)
- 研究開発項目 1-e) 包括的にセキュアに周波数利用効率の向上を評価する評価手法の確立・実証 (楽天モバイル株式会社)

研究開発項目 2 仮想化された Open RAN のアンテナビーム制御等によるインテリジェント化に関する研究開発

- 研究開発項目 2-a) マルチベンダー接続を前提とした RIC アプリケーションの研究開発 (株式会社 NTT ドコモ)
- 研究開発項目 2-b) 周波数の有効利用に資するアンテナビーム制御技術による干渉回避機能を実装可能な RIC アプリケーションの研究開発 (株式会社 NTT ドコモ)

研究開発項目 3 アンテナ送信制御と Open RAN の電力制御最適化による周波数利用効率向上の研究開発

- 研究開発項目 3-a) O-RAN ALLIANCE 仕様に基づくネットワーク全体の電力制御技術の研究開発 (楽天モバイル株式会社)
- 研究開発項目 3-b) アンプの電力制御、シャットダウン及びスリープモード、並びにダウンリンクアンプの電力制御を利用した無線機におけるリソース管理技術の研究開発 (楽天モバイル株式会社)
- 研究開発項目 3-c) エッジクラウドにおける電力制御技術の研究開発 (楽天モバイル株式会社)

(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	5	4
	外国出願	67	51
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	20	8
	標準化提案・採択	96	44
	プレスリリース・報道	4	0
	展示会	6	5
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1 : Open RAN の高信頼・セキュアなインテリジェント化のためのセクタ管理効率化に関する研究開発

- 1-a) RIC 制御プラットフォームの研究開発
- 当初計画を大幅に繰り上げ、RIC 制御プラットフォームの API の詳細設計とソフトウェアの開発を完了。特筆に値する成果として、O-RAN 標準インタフェースである E2、A1 及び R1 に対する楽天モバイルの標準化貢献の成果を積極的に実装。
 - 5 月開催の O-RAN Global PlugFest 2024 Spring にて、項目 1-b で後述の RIC 制御プラットフォームを利用したネットワーク省電力化のプレ実証実験を完了。

- 海外展開に向けてサードパーティ製 RIC アプリケーションを RIC 制御プラットフォーム上で動作させるための要件分析とソフトウェア改良に着手。
- 1-b) 準リアルタイム RIC アプリケーション (xApp) の研究開発
- 年度計画の通り、5G Radio Unit (以下、RU) の無線周波数チャネルの再構成を行う 1 件の xApp の初期開発を完了。
 - 同 xApp 及びシミュレータを利用したネットワーク省電力化のプレ実証実験を完了し、低トラヒックシナリオ下で 20%以上の電力抑制効果を確認。
- 1-c) 非リアルタイム RIC アプリケーション (rApp) の研究開発
- 4G マクロセル無線周波数チャネル再構成、4G スモールセルスイッチ制御、及び 4G スリーピングセル監視の 3 件の rApp の初期開発を完了。
 - プレ実証試験を行い、4G マクロセル無線周波数チャネル再構成の rApp による 20%以上の電力抑制効果及び 4G スモールセルスイッチ制御の rApp による 10%以上の電力抑制効果を確認。また、商用ネットワークのデータを利用し、4G スリーピングセル監視の rApp によるスリーピングセル検知試験を完了。
- 1-d) Open RAN コンポーネントと RIC を含むインタフェースの暗号化及び安全性強化に関する研究開発
- 旧 O-RAN SFG (Security Focus Group) の O-RAN WG11 への昇格に伴い、RIC 制御プラットフォームのセキュリティ強化のための O-RAN セキュリティ標準要件及び試験項目の再分析を完了。
 - サードパーティ製 rApp のセキュアな実行のため、rApp に関連する R1 及び A1 インタフェースの最優先セキュリティ標準要件の選定を完了。項目 1-a の一部として R1 及び A1 インタフェースのセキュリティ強化のための追加開発を完了。また、年度目標として設定した R1 及び A1 インタフェースに対する O-RAN WG11 のセキュリティ試験項目を完了。
 - O-RAN WG11 で共同議長を務める楽天シンフォニー社と連携し、年度目標の 2 件を上回る O-RAN WG11 への標準化貢献 5 件を完了。
- 1-e) 包括的にセキュアに周波数利用効率の向上を評価する評価手法の確立・実証
- 無線資源と電力資源を同時に有効利用できることを実証するため、消費電力あたりの周波数利用効率の評価手順の検討と評価環境の構築を完了。
 - 項目 3-b で検証済の RU マイクロスリープモードと同モードの電力抑制効果の向上のための Distributed Unit (以下、DU) スケジューラを適用した場合の消費電力あたりの周波数利用効率の机上検討を完了。また、実際に RU マイクロスリープモードと同スケジューラを適用した場合の消費電力あたりの周波数利用効率の評価試験に着手。
 - O-Cloud のコンフォーマンス試験に関する TIFG への標準化提案 2 件を完了。

研究開発項目 2：仮想化された Open RAN のアンテナビーム制御等によるインテリジェント化に関する研究開発

2-a) マルチベンダー接続を前提とした RIC アプリケーションの研究開発

- 異なるベンダーの仮想化基地局を制御可能な RIC アプリケーションの検証として以下を実施。
 - 検証環境の構築、および、検証を実施し、異なるベンダーの仮想化基地局装置に対して RIC アプリケーションによる制御が適切に動作することを確認した。
 - さらに、RAN シミュレータを用いた大規模 RAN 環境を構築し、RIC アプリケーションの制御による RAN パフォーマンス改善の効果検証を完了した。

- 2-b) 周波数の有効利用に資するアンテナビーム制御技術による干渉回避機能を実装可能な RIC アプリケーションの研究開発
- 前年度に選定した周波数の有効利用に資する 2 件のユースケースについて、アルゴリズムの実装を完了し、計画を前倒しして評価を開始。
 - Massive MIMO Beamforming Optimization のユースケースについて、セル間のビーム干渉を回避するようなビーム制御を行うアルゴリズムを xApp として実装を完了し、実装したアプリケーションを実行し評価する環境構築を完了。
 - Traffic Steering のユースケースについて、周波数利用効率向上のためのトラフィック分散アルゴリズムを xApp として実装を完了し、実装したアプリケーションを実行し評価する環境構築を完了。計画を前倒ししてトラフィック分散アルゴリズムの評価を開始した。

研究開発項目 3：アンテナ送信制御と Open RAN の電力制御最適化による周波数利用効率向上の研究開発

- 3-a) O-RAN ALLIANCE 仕様に基づくネットワーク全体の電力制御技術の研究開発
- RAN 及びエッジクラウドの使用状況と電力関連メトリクスを集約するビッグデータプラットフォームを検証環境に構築。また、同プラットフォームと項目 1 及び 3 の成果である電力制御技術を検証環境に構築済の Service Management and Orchestration (SMO) に統合。
 - 商用ネットワークのデータを利用し、項目 1-c で開発した 4G マクロセル無線周波数チャネル再構成及び 4G スモールセルスイッチ制御を適切にスケジューリングする機械学習モデルを構築。また、4G スリーピングセル監視の機械学習モデルを構築。
 - 主たる標準化貢献として、O-RAN SuFG (Sustainability Focus Group) の共同議長として O-RAN ネットワークの省電力化に関する検討を主導。
- 3-b) アンプの電力制御、シャットダウン及びスリープモード、並びにダウンリンクアンプの電力制御を利用した無線機におけるリソース管理技術の研究開発
- RU マイクロスリープモードによる電力抑制効果の向上を念頭に置いたリソースブロック割り当てを行う DU スケジューラの開発および検証環境での電力抑制効果のプレ実証を完了。結果として、ETSI ES 202 706-1 Annex E (normative)：Reference parameters for NR system の Medium 及び Busy の負荷モデルの場合に RU 単体と比較して 10%以上の電力抑制と約 10 ポイントの効果向上を実証。
 - 商用ネットワークへの展開を念頭に、より高い送信電力での RU マイクロスリープモードの電力抑制効果の実証実験に着手。
- 3-c) エッジクラウドにおける電力制御技術の研究開発
- トラフィックの傾向に応じた CPU コア・動作周波数の動的制御のため、エッジクラウドの CPU C ステートおよび CPU P ステート制御による電力抑制効果と基地局処理への影響の評価環境を構築。
 - 基地局処理への深刻な影響なしに、CU 用エッジクラウドの CPU C ステート制御によるスリープ状態の動的制御により 10%以上の電力抑制効果を確認。
 - 低トラフィック条件下で DU 用エッジクラウドの CPU P ステート制御による動作周波数の動的制御により 10%以上の電力抑制効果を確認。

(8) 今後の研究開発計画

中期段階である 2023 年度後半から 2024 年度前半は、初期段階で完成した要件定義とユースケースを基に、RIC プラットフォーム、RIC 周りのインタフェースと RIC プラットフォーム上で動作するアプリケーションの開発を実施した。開発の成果物に関しては、初期段階で構築された検証環境で個別の項目毎に検証を実施しながら、初期段階で作成した要件定義において機能・性能を満たしているかを確認した。また、RIC 周りのインタフェースのセキュリティや信頼性を、研究者の検証環境または Japan OTIC の環境で検証を実施した。基本的には O-RAN ALLIANCE で規定している仕様に基づいて試験等を実施したが、まだ明確に定められていない内容に関しては、標準化に向けて積極的にフィードバックを行った。

上記のそれまでの成果を踏まえ、最終段階である 2025 年度では、各研究項目で開発した成果物に対して、アウトプット目標を達成しているかを含めた、総合的な実証実験を実施する。さらに、本研究開発を実施する中で得られた成果や知見は、外部発表・展示会等を通して積極的にアピールする。