

令和 5 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 5 年度までの総額 6,387 百万円 (令和 5 年度 3,192 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	0	0
	外国出願	16	16
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	12	12
	標準化提案・採択	52	52
	プレスリリース・報道	4	2
	展示会	1	1
	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
 - 当初計画の通り、RIC 制御プラットフォームを構成する「非リアルタイム RIC プラットフォーム」及び「準リアルタイム RIC プラットフォーム」の要件定義及び機能仕様書と HLD (High Level Design) の初版作成を完了。

- 当初計画を超えた成果として、RIC 制御プラットフォームの開発を開始。また、RIC 制御プラットフォームの O-RAN 仕様への適合試験を実施し、E2 インタフェースと A1 インタフェースに対する最優先項目で準拠を完了。この結果を O-RAN ALLIANCE のイベントである「O-RAN PlugFest 2023 Fall」で発表。
- 1-b) 準リアルタイム RIC アプリケーション (xApp) の研究開発
 - 当初計画の通り、xApp に関するユースケース仕様検討を完了。具体的には、トラフィックに応じて RF チャンネル数を調整する「RF Channel Reconfiguration」と同期信号ブロック (SSB) の間隔を変更する「SSB Periodicity Change」を含む xApp ユースケース候補の仕様検討を完了。
 - 当初の計画通り、「RF Channel Reconfiguration」と「SSB Periodicity Change」の xApp に関する要件定義と HLD の初期作成を完了。
- 1-c) 非リアルタイム RIC アプリケーション (rApp) の研究開発
 - 当初の計画通り、rApp に関するユースケース仕様検討を完了。具体的には、未警告の異常セルを検出する「4G Sleeping Cell Detection」及びネットワーク全体の消費電力削減に資する「5G Cell/Carrier Switch On/Off」・「4G RF Channel Reconfiguration」・「5G RF Channel Reconfiguration」といった計 4 件の rApp ユースケース候補の仕様検討及び HLD の初期作成を完了。
 - 当初の計画通り、「4G Sleeping Cell Detection」、「5G Cell/Carrier Switch On/Off」、「4G RF Channel Reconfiguration」及び「5G RF Channel Reconfiguration」の rApp に関する要件定義と HLD の初期作成を完了。また、当初の計画を早めて rApp の開発を開始。
- 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
 - 当初の計画通り、Open RAN コンポーネントとインタフェースの安全性に関連する WG11 と TIFG の仕様を調査し、セキュリティ強化と不正攻撃からの保護の要件仕様検討を完了。
 - 当初計画を超えた成果として、フロントホールスイッチを含む O-RU/O-DU、O-DU/O-CU 間のセキュリティ試験環境の設計と構築を完了し、同環境で TIFG E2E Test Specification のセキュリティ試験を実施。具体的には、NSA 環境および SA 環境を対象とした Chapter 7.1 規定の gNB のセキュリティ試験と、NSA 環境における Chapter 7.2 規定のフロントホールを対象とするセキュリティ試験の最優先項目で準拠完了。
 - 当初の目標を超えた成果として、O-RAN ALLIANCE において標準化活動を実施し、WG11 への標準化提案 2 件以上を完了。
- 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
 - 当初の計画通り、周波数利用効率と安全性を評価するための O-RAN ベースのエンドツーエンド (E2E) 検証環境の初期設計を完了し、YRP 内の Japan OTIC (Open Testing & Integration Centres) 併設エリアにて初期構築を完了。
 - 同 E2E 環境の一部を「O-RAN Global PlugFest 2023 Fall」に提供し、その成果を基に、試験方法に関して TIFG への標準化提案 3 件を実施。

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
 - RIC 制御プラットフォームと異なるベンダーの RIC アプリケーションを実装完了。本実装において、RIC アプリケーションと RIC 制御プラットフォームをマルチベンダー

接続するための標準インターフェース（=R1 インターフェース）の仕様について調査を行い、標準仕様準拠での実装を基本としつつ、標準仕様で未定義のサービス、および、そのプロシージャについては独自仕様により実装を行った。検証環境において同一の RIC 制御プラットフォーム内の異なるベンダーによる RIC アプリケーションにより、仮想化基地局装置に対して想定通りの制御が実施できることを確認。

- さらに、多数の仮想化基地局装置を模擬するシミュレータを用いた、大規模 RAN を模擬した評価環境を構築し評価を開始。
- 異なるベンダーの仮想化基地局装置を制御可能な RIC アプリケーションを実装し、検証環境の構築（装置の設置・配線、接続ネットワーク構築）を完了。
- RIC アプリケーションが異なるベンダーの仮想基地局装置と接続し、制御を可能とする EMS（Element Management System）について O-RAN ALLIANCE に標準化提案を実施。

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

- RIC アプリケーションで実装する最適化制御の候補として、前年度に抽出したユースケースの絞り込みを行い、標準の成熟度、今回使用予定の基地局の実装などの観点から、Massive MIMO Beamforming Optimization と Traffic Steering の 2 件に選定。
- 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・スケジューリングを行うことによる、周波数利用効率の向上を実現する具体的な制御アルゴリズムを考案し、ビーム間の干渉のシミュレーションによる評価を開始。
- Traffic Steering のユースケースについて標準規定に則り、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や分散の契機について具体的な制御方法を考案し、2024 年度以降に実証実験環境を構築し、アルゴリズム評価を実施予定。

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

- 当初の計画通り、ネットワークの電力消費事例の調査を完了。具体的には、5G だけでなく 4G へ適用の可能性を念頭に置き、「Cell/Carrier Switch On/Off」、「RF Channel Reconfiguration」、「Advanced Sleep Mode」及び「Cloud Resource Energy Saving」等の省電力技術の調査を完了。
- 当初の計画通り、電力制御システムの要件定義と HLD の初期作成を完了。また、ネットワーク全体の電力制御に必要な「電力関連指標の監視機能」と「電力制御パラメータの設定機能」の要件定義と HLD の初期作成を完了。

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

- 当初の計画通り、O-RU のアンプに関連する電力制御技術の調査を完了。
- 当初の計画通り、多様なユースケースの仕様検討を完了。具体的には、「Cell/Carrier Switch On/Off」、「RF Channel Reconfiguration」及び「Advanced Sleep Mode」等のユースケースの仕様検討を完了。
- 当初計画を超えた成果として、O-RU の Micro Sleep による省電力効果の検証環境の設計と構築を完了し、同環境で ETSI ES 202 706-1 Annex E 規定の負荷モデル下で Micro Sleep により負荷に応じて 10%以上の省電力効果を実証。
- 当初計画を超えた成果として、O-RU の Micro Sleep による省電力効果の向上を目的に、短いスパンの Micro Sleep を可能にする DU スケジューラの初期開発を完了。

3-c) エッジクラウドにおける電力制御技術の研究開発

- 当初の計画通り、エッジクラウドにおける電力制御ユースケースの検討を完了。具体的には、エッジクラウドを構成するサーバーのCPU省電力化に関するユースケースの検討を完了。
- 当初の計画通り、エッジクラウドを構成するサーバーの使用状況と電力関連指標を取得するための検出機能の検討と要件定義を完了。具体的には、「電力関連指標の収集機能」と「CPUの省電力状態の制御機能」及び「リソース最適化のためのノード割り当てアルゴリズム」の要件定義を完了。
- 当初の計画を超えた成果として、エッジクラウドにおける電力制御のため、上記機能の開発を完了。

(8) 今後の研究開発計画

中期段階である2023年度後半から、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てきたが、2024年度にも継続して対応する。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。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ていく。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するが、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う。

最終段階である2024年度後半から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。なお、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。