

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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
- ◆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
- ◆受託者 : 楽天モバイル株式会社、株式会社NTTドコモ
- ◆研究開発期間 : 令和4年度～令和7年度(4年間)
- ◆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)

2. 研究開発の目標

本研究開発では、Open RAN(Radio Access Network)基盤のRIC(RAN Intelligent Controller)に関して、Open RANインターフェースのセキュリティ強化技術、異なるベンダーの仮想化基地局装置を複数ベンダーが提供するRICアプリケーションにより制御を可能にする技術、RICを利用した基地局の省電力化を実現する技術を研究開発する。本研究開発により、サービス事業者としては迅速な基地局の展開が可能となり、電波の有効利用と、ユーザーに対するより高速・安全・高信頼のサービスが提供可能となると期待される。

3. 研究開発の成果

研究開発目標

研究開発成果

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

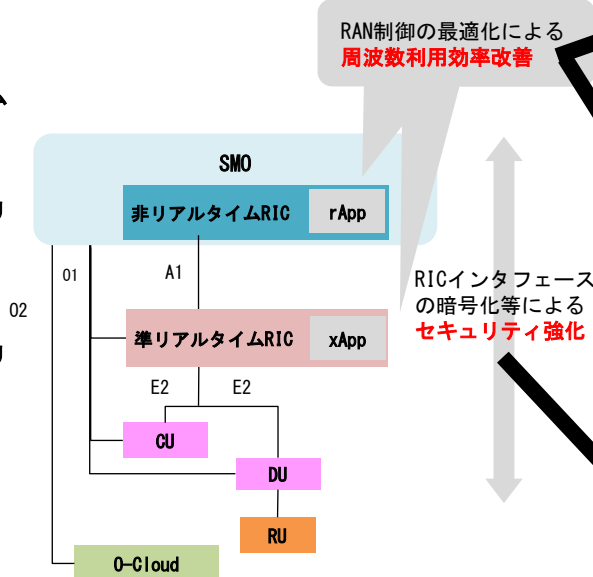
a) RIC制御プラットフォームの研究開発

b) 準リアルタイムRICアプリケーション(xApp)の研究開発

c) 非リアルタイムRICアプリケーション(rApp)の研究開発

d) Open RANコンポーネントとRICを含むインターフェースの暗号化及び安全性強化に関する研究開発

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



研究開発成果 a)

- RIC制御プラットフォームに関連するO-RAN仕様の調査を実施し、同プラットフォームの主要構成要素である「準リアルタイムRIC」及び「非リアルタイムRIC」の要件定義を完了。また、システム機能仕様書及びHLD(High Level Design)の初版作成を完了し、同HLDを基に両RICの開発を開始。
- 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O-RAN仕様への適合試験を実施。初期目標として設定したE2インターフェースとA1インターフェースに対する最重要項目で準拠完了。また、同試験結果を含む成果を「O-RAN Global PlugFest 2023 Fall」で発表。

研究開発成果 b)

- xAppのユースケース検討を実施し、ユースケース候補を選定。
- ユースケース候補である「RF Channel Reconfiguration」及び「SSB Periodicity Change」に対するxAppの設計を開始し、同xAppのHLDの初版作成を完了。

研究開発成果 c)

- rAppのユースケース検討を実施し、「4G Sleeping Cell Detection」、「Cell/Carrier Switch On/Off」、「4G RF Channel Reconfiguration」及び「5G RF Channel Reconfiguration」をユースケース候補として選定。
- 上記ユースケースに対する4件のrAppのHLDの初版作成を完了。また、当初計画を早めて、rAppの開発を開始。

研究開発成果 d)

- O-RANネットワークの安全性に関連する仕様の調査と検証環境の設計及び構築を完了。
- 同環境でTIFG E2E Test SpecificationのChapter 7.1 規定のNSA/SA環境でのgNBのセキュリティ試験とChapter 7.2規定のNSA環境でのフロントホール対象のセキュリティ試験を実施し、最重要項目で準拠完了。

研究開発成果 e)

- 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検証環境の初期設計及び初期構築(YRP内Japan OTIC横に併設)を完了。



O-RANベースのエンドツーエンド検証環境

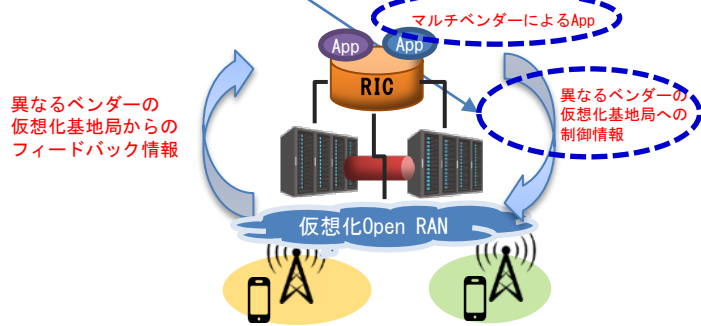
3. 研究開発の成果

研究開発目標

研究開発成果

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

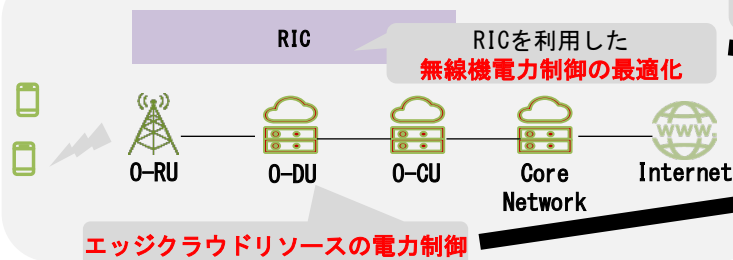
- a) マルチベンダー接続を前提としたRICアプリケーションの研究開発
- マルチベンダー接続を前提としたRICアプリケーションの研究開発
 - 異なるベンダーの仮想化基地局を制御可能なRICアプリケーションの開発・検証



基地局アンテナビーム制御技術による干渉回避や、AI/MLを用いたRAN制御の技術の適用による周波数の効率的な利用

- 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

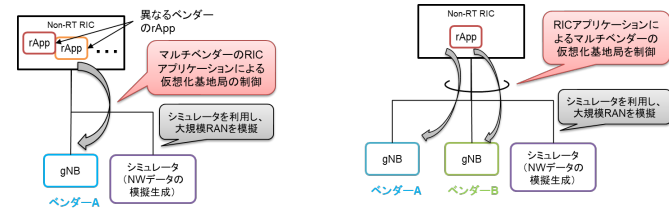
研究開発項目3 アンテナ送信制御とOpen RANの電力制御最適化による周波数利用効率向上の研究開発



- 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
- 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
- c) エッジクラウドにおける電力制御技術の研究開発

研究開発成果 a)

- 同一のRIC制御プラットフォーム上で動作する複数のベンダーのRICアプリケーションを実装。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、そのプロセスについては、関係ベンダー間で調整を行った上で実装。
- 検証環境において、上記実装を行った複数のベンダーの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。また、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ためのEMS (Element Management System)に関するコンセプトを、O-RAN ALLIANCEに標準化提案。



研究開発成果 b)

- RICアプリケーションとして新たに実装するユースケースについて下記の2件に絞り込み。
- Massive MIMOビームフォーミング最適化のユースケースとして、隣接セル間でビーム干渉を回避することで周波数利用効率の向上を実現する制御アルゴリズムを検討。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検討。
- 次年度はアプリの実装を開始するとともに実証実験環境を構築しアルゴリズム評価を実施予定。

研究開発成果 a)

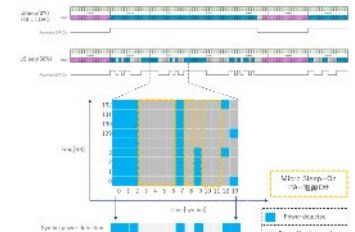
- 「Cell/Carrier Switch On/Off」、「RF Channel Reconfiguration」、「Advanced Sleep Mode」及び「Cloud Resource Energy Savings」等の省電力技術の分析を完了。
- ネットワーク全体の電力制御に必要な「エネルギー関連指標の監視機能」と「電力制御パラメータの設定機能」の要件分析を完了し、RIC制御プラットフォームへの初期実装を完了。

研究開発成果 b)

- O-RUのMicro Sleep機能による省電力効果の検証環境の設計と構築を完了。
- 当初計画を超えた成果として、同環境での検証試験を完了。ETSI ES 202 706-1 Annex Eで規定の負荷モデルの下でMicro Sleep機能により負荷に応じて当初目標の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機能による省電力効果の向上を目指して改良DUスケジューラの開発を完了。

研究開発成果 c)

- エッジクラウドの消費電力削減に必要な「エネルギー関連指標の収集機能」と「CPUの省電力状態の制御機能」の要件分析を完了。
- 当初計画を超えた成果として、両機能のエッジクラウド上での開発を完了。



Micro Sleep機能の動作概要

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	16 (16)	0 (0)	12 (12)	52 (52)	4 (2)	1 (1)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 一般口頭発表10件

- ・ 楽天モバイル 第32回Japan IT Week春で講演発表 楽天モバイルのオープンで安全な5Gネットワークづくりの裏側
- ・ 楽天モバイル COMNEXTでの講演発表 楽天モバイルの「Open RAN」～オープンで安全な5Gネットワークづくりについて～
- ・ 楽天モバイル OTIC Globe Summitでの講演発表 OTIC Update 2023 08 Rakuten Mobile as Japan OTIC host
- ・ 楽天モバイル 第3回Beyond 5G標準化戦略の非公式懇談会 Beyond 5G標準化戦略
- ・ 楽天モバイル O-RAN ALLIANCE Global PlugFest Fall 2023での発表 Initiated with 100 Participating Companies and Institutions
- ・ 楽天モバイル CIAJ事務局での発表 「Open RAN」による持続可能なBeyond5G NWの構築について
- ・ 楽天モバイル Japan OTIC & Beyond 5G推進コンソーシアムOpen RAN推進分科会での発表 Japan OTICがO-RAN End-to-End Badge認証を発行
- ・ NTTドコモ Open RAN Policy Coalitionでの講演発表 Intelligence in Open RAN
- ・ NTTドコモ ICETC 2023での発表 Keynote Global trend of Open RAN and OREX activities
- ・ NTTドコモ MWE2023での発表 FR1A特別セッション Open RANの海外動向とOREXの取り組み

(2) プレスリリース2件

- ・ 楽天モバイル 楽天モバイルと横須賀テレコムリサーチパーク、Open RAN高度化に必要なRICの研究施設を新たに開設
- ・ 楽天モバイル 楽天モバイルと楽天シンフォニー、RICを活用してOpen RANネットワークで最大25%の消費電力削減が可能なることを実証

(3) Beyond 5G推進コンソーシアム ホワイトペーパー1件

- ・ 楽天モバイル Beyond 5G White Paper Supplementary Volume "Sustainability and Energy Efficiency"

(4) O-RAN ALLIANCEのWGで合計52件標準化提案/採択済

(5) 計画外のYRPオープンイノベーションデーで展示会1件済

- ・ 楽天モバイル Open RANに関わる取り組み世界最大規模のOpen RANネットワーク

5. 今後の研究開発計画

実施計画書に記載の最終目標に向けて一部実証まで実施できており、当初の計画より前倒しの進捗となっている。

本研究開発により、サービス事業者は迅速な基地局の展開が可能となり、電波の有効利用と、ユーザーに対するより高速・安全・高信頼のサービスが提供可能になると期待される。本研究成果の途中でも、一部あるいは全部で社会実装が可能な技術は積極的に実用化に向けた取り組みを行う。RICプラットフォーム、アプリケーション、暗号化・安全化、電力制御要素技術は、関連領域の他製品への展開が可能になる場合が考えられるため、その場合は積極的に製品展開を進め、製品からのフィードバックを本研究開発に活用していく。

研究開発項目1及び研究開発項目3における研究開発計画については、2023年度の進捗状況を踏まえて、2025年度に実施予定であった実証実験を当初の計画より前倒しにすることが可能となり、2025年度には改良・改善を実施していく。それにより、研究開発項目2の計画（2025年度に実装（改良）と足並みを揃えていき、2社間連携の効率性を高めていく。

また、標準化活動においては目標値以上の標準化提案実績をあげており、既に標準化活動へ貢献している状況だが、今後は本研究開発との関連性については具体的に説明していく。