

(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	4	4
	外国出願	2	2
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	6	6
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 a) ドメイン連携 NW リソースオーケストレーション基盤技術

大規模 NW オーケストレーションを実現するための要素技術の検討と試作として以下を実施した。

- ドメインオーケストレータから各仮想化基盤および各 NF に対する収容管理技術の方式検討を行い、リコンシリエーション機能のソフトウェアを試作し、マルチ基盤、マルチベンダ収容に関する知見を得た。
- ドメインオーケストレータから各仮想化基盤および Network Function に対するライフサイクル管理およびアクティベーションの方式検討を行い、実装洗練化に向けての知見を得た。
- 3GPP SA5 の標準インタフェースによる Assurance の基本シーケンスを整理し、試作ソフトウェア開発を行い、マルチベンダ装置の収容技術の実装洗練化に向けての知見を得た。
- マルチベンダの通信装置を管理するためのデータベース種別を比較検討し、インベントリデータモデルを検討、実装洗練化に向けての知見を得た。
- E2E オーケストレータと各ドメインオーケストレータ間のインタフェースのうちネットワークスライスインスタンスのライフサイクルに関する調査と整理、一部試作を行い、更なる方式検討／試作／実装に向けて知見を得た。
- E2E オーケストレータとドメインオーケストレータ等の階層化されたオーケストレータ構成におけるユースケース・アーキテクチャ・層間インタフェースの検討および 3GPP SA5 標準で実現できる範囲でクローズドループ試作を行い、更なるインターワーク方式検討／試作／実装に向けて知見を得た。
- サービス intent に基づく自律運用技術を実現するための基礎方式を確立し、サービス intent と運用計画の記述仕様の策定、および試作品の設計と実装を完了して、簡易的なサンプルにより期待通りの動作を確認した。通信アプリケーション領域のネットワークに関するサンプルモデルの開発を完了し、同モデルを用いた動作実証および評価を実施し、実装洗練化に向けての知見を得た。
- 統合的な O-RAN 自動運用機能を実現するため、運用管理部における監視部と制御部の試作ソフトウェアならびに vRAN 装置シミュレータを開発し、利用者数の増加に応じて vRAN 内のコンピューティングリソースを自動的に拡張するための基本動作を確認、統合的な O-RAN 自動運用機能の仕様化・方式検討及び、試作ソフトウェアの実装洗練化への知見を得た。

研究開発項目 b) 超高性能・超高効率・超高信頼を指向した通信サービス制御技術

- 2022 年度は研究計画に基づき、下記 b-1～4 の 4 項目について研究を実施した。
- 研究対象としては、商用で実績ある電話アプリケーション機能をベースとして、試作ソフトウェアを用いたアーキテクチャの実現性見極めを実施した。
- モバイル/固定通信で主流な機能部、またモバイル通信で主流な機能部の部品化の方式検討、設計、試作ソフトウェアの実装を行い、基本的な動作確認および評価を実施した。
- また研究開発項目 a) 連携(オーケストレーション連携)は、全体アーキテクチャ、動作(連携)イメージ概要および、I/F 概要を整合し、連携マイルストーンに沿った検討を実施した。

b-1. マルチアクセス収容を実現するネットワーク機構技術

モバイル/固定通信等の複数サービスを収容するために、オペレーション機能部の共通化やネットワーク上の機能配備に関して初期検討/設計や、基礎動作の確認を行った。結果として、複数サービスにおけるシステムの主要なデータに対し、データを一元的に収集/集約可能な事を確認した。

b-2. マルチアクセス収容を実現するサービス共通化技術

モバイル/固定通信等の複数サービス収容、及びモバイル/固定通信間でのシームレスな音声通話等を実現するため、各ソフトウェアの部品化と分散型アーキテクチャの初期検討/試作を行い、サービスの実現性確認や課題抽出、及び音声品質の評価を実施した。結果として、分散配置した試作ソフトウェア上で各サービスの基本的機能が正常に動作する事を確認した。

b-3. HW アクセラレーションによるオフロード技術

モバイル/固定通信通信におけるスループット向上や処理低遅延化を目指し、ハードウェアアクセラレータ(SmartNIC)を用いたオフロード技術、及びデバイス間メモリ共有技術についての初期検討/試作、およびデータ転送処理性能の評価を実施した。結果として、仮データに対し、一般的なホスト CPU による処理と比較して最大約 3 倍程度の高速なデータ転送性能を確認した。また、今後の複数サーバに跨るメモリ共有や分散処理の研究に向けた技術ノウハウの蓄積が出来た。

b-4. モバイル/固定系音声信号処理機能のソフト化技術

音声信号処理に関わるソフトウェア/ハードウェア部品化技術の初期検討/設計、および試作と基礎動作確認を行った。具体的には音声コーデック等を GPGPU やソフトウェア上で試作し、機能正常性や音声品質の安定性、音声処理時間の短縮、および GPGPU リソースが複数 Pod 間で共有が可能であることを確認し、結果として汎用性や処理性能向上、処理リソースの効率的活用における一定の有効性を確認出来た。また集中/分散配備型のシステム構成の実現性、保守作業時間の短縮に対する一定の効果を確認出来た。

研究開発項目 c) 複数の機能群を柔軟に利用可能な通信機能向けミドルウェア技術

以下の調査・分析 I, II, III を実施した。

I. アーキテクチャ策定に向けたオープンなネットワーク OS とクローズドなネットワーク OS の分析

主要なオープンソースネットワーク OS 比較やクローズドなネットワーク OS との機能の実装方針差異分析を実施した。加えてオープンソースネットワーク OS である SONiC 基本機能確認(コマンド分析/CLOS ネットワークトポロジでの動作検証の実施等を踏まえ、ミドルウェアのベースプラットフォームとして SONiC が妥当であることを確認した。

II. インタフェース (SAI および TAI) に関する調査・分析

オープンソースのデバイスインタフェースとして SAI(Switch Abstraction Interface) およ

び TAI(Transponder Abstraction Interface)に関して調査を完了した。調査により、SAI についてはいくつかの制約事項が判明している。TAI についてはソフトウェア構造について分析・把握した。

III. オープンコミュニティの動向分析

社会実装としてのオープンコミュニティ提案に向けた SONiC コミュニティの動向調査として、Linux Foundation 管理移行後の運営方法とリリーススケジュールについて調査を行った。

当年度の試作内容と同様の提案が他社から行われていないか等の調査を行い、重複する提案がメーリングリストやコミュニティのソースコードレポジトリ(GitHub)で提案や議論が行われていないことを確認した。

また、以下の試作・評価 1, 2 を実施した。

1. データセンタ用通信サービスアプリケーション設計・実装動作評価: 強化ルーティング機能設計・試作・評価

SONiC 標準以外のプロトコル(OSPF(Open Shortest Path First)等)実現を目的に、サードパーティー製のルーティング機能を統合可能にするインタフェースの試作設計・開発のうち、計画通り、内部データ構造拡張・インタフェース変換機構の設計・実装を完了し、評価検証により設計動作を確認した。OSPF での動作確認並びに、データセンタで使われる CLOS トポロジでの ECMP(Equal-Cost-Multi-Path)向けの経路更新改良メッセージ(NEXTHOP メッセージ形式)に新規に対応した。

2. アプリケーションインタフェースの設計・実装動作: 外部制御インタフェース設計・試作・評価

他の研究開発項目との連携を見据えた NETCONF による設定制御インタフェースの試作設計・開発のうち、計画通り、試作する機能の設計・実装を完了し、評価検証により設計動作を確認した。本ミドルウェアのベースとなるネットワーク OS(SONiC)で従来具備していなかった NETCONF プロトコルおよび OpenConfig データモデル制御インタフェースを具備した。

研究開発項目 d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

ネットワークサービス基盤技術の検討として以下を実施した。

1. 研究開発

- 最適化計算および計算結果をネットワークに反映させるリソースプランニング機能とリソースコントローラ機能について仕様化を行い、ユースケースを策定することで研究内容の実現性に向けた知見を得た。
- ユースケースに基づき、今後の技術革新も想定した O-RAN ネットワークにおいて、運用環境のデータを使用して RU の停波に伴う DU/CU リソース機器の削減のシミュレーションを実施した結果、約 37%の省電力効果が得られた。このことにより研究の実効性を確認できた。
- ユースケースの実現に向けて要件定義書を作成した。要件定義書では、使用状況に応じた仮想リソース配備のプランニングを行うリソースプランニング機能とリソースプランニング結果に基づき、リソース配備や、ネットワーク設定変更の実施を行うリソースコントローラ機能の概要と、機能一覧を定義、機能要件として機能配備、O-Cloud のアーキテクチャ整理、ライフサイクルの定義を行い、非機能要件として性能、拡張性、信頼性・可用性、互換性の定義を行うことで、実装に向けた知見を得た。
- 要件定義ではリソースプランニング機能として、電力最適化のためのリソース最適配備の計算機能、リソースコントローラ機能として統計情報機能、配備実行機能、構成管理機能、制御機能を定義した。
- 作成したユースケース、要件定義書を基にアーキテクチャの検討を実施した。アーキテクチャ

検討では、O-RAN における本研究開発機能の位置づけ、他ノードの I/F について調査検討を実施し、機能の実現性について検討を実施することで開発、評価のベースが完了した。

2. 環境構築

- ・リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能の開発・検証を行うための複数の無線基地局の環境を複数ベンダの仮想化基盤とコンテナ基盤で構築するためのネットワーク構成図、物理構成図、論理構成図、コンフィグ設定書を作成した。
- ・リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能で仮想化基地局装置の配備を検証するため、仮想化基地局装置を疑似するサンプルアプリ、又は富士通社製仮想化基地局装置を配備できる環境を構築した。
- ・リソースコントローラ機能で RU 制御を行うために、仮想化基地局装置を配備するサーバに RU を接続する環境を構築した。

研究開発項目 e) 無線基地局検証評価技術

e-1. 仮想化基地局の評価モデル/プロセスの確立

オペレーション・インテリジェンス・オーケストレーション機能統合を見据えた各コンポーネントの役割検討を実施した。さらに、従来のモバイル通信サービス機能/品質に対する評価(端末やコア NW 接続)モデルに加え、構成された仮想化基地局の各コンポーネント間の評価(O-Cloud/SMO 接続)モデルにおける、評価内容の策定を実施した。

e-2. 評価環境構築

単一構成パターンでの環境構築に必要なインテグレーションポイントを定め、HW 構成及び SW デプロイの実施内容をまとめた。また、実装置での HW 構築/SW デプロイを実施し、汎用サーバ上での仮想化環境構築から基地局 SW 起動までを行い、仮想化基地局としての装置起動に成功した。起動した仮想化基地局と実端末との接続確認として、基地局配下での実端末の在圏確認や、現行基地局と同等のスループット(上り/下り)を達成できることを確認した。

e-3. 単一構成検証評価

e-1 で策定した評価モデル及び 22 年度実施のインテグレーションポイントに基づき、屋外実環境での運用に必要な各機能の確認内容を検討し、機能確認項目の一覧を作成した。また、e-2 で確認した評価環境をカスタマイズし、各機能確認に適した評価環境の構築を行い、策定した機能確認項目に則った試験を実施して、各機能の正常性を確認した。

(8) 今後の研究開発計画

【全体】

- ・2023 年度は、要素技術の実装・実証を行い、結合仕様を策定する。また、各研究開発項目の連携に向けたインタフェースの設計と基本実装を策定し、連携検証に向けた準備を行う。
- ・2024 年度は、要素技術のソフトウェア開発・実証、UI (User Interface) / UX (User eXperience) の検討を行う。また、各研究開発項目が連動するプロトタイプの開発を行う。オープンコミュニティ等への提案活動も着手する。
- ・2025 年度は、プレ実証実験を行い共同研究成果と連携確認、性能評価、機能改良を行い、最終年の総合検証に向けた開発、検証を行う。
- ・2026 年度は、本研究での課題で確立した各技術の社会実装に向けた最終評価を行う。

【各研究開発項目別】

研究開発項目 a) ドメイン連携 NW リソースオーケストレーション基盤技術

研究開発項目 a) においては、①～⑤の5つのサブ項目の実現を目指す。

各目標を実現するため、要素技術の方式検討、要素技術の試作ソフトウェア開発、および試作ソ

ソフトウェアの実装洗練化を行う。

- ① 数千（日本国内に 1,000～10,000 程度）のデータセンタにおける物理、仮想、論理、サービスのマルチレイヤ管理による全体最適のリソース制御／管理の実現
- ② 数千（日本国内に 1,000～10,000 程度）のデータセンタにおける物理、仮想、論理リソースの各ライフサイクルのゼロタッチオペレーションの実現及び RAN やコアのドメインをまたがったネットワークのリアルタイム管理の実現
- ③ 特定ドメイン障害発生時において他ドメインからのカバーリングによる SLA 保証の実現

具体的には、以下各要素の方式検討及び試作ソフトウェアの評価・実装洗練化を行い、実証に向けた結合仕様を策定する。

- ・超分散環境における、OpenStack や K8S 等仮想化基盤のデファクトの収容管理技術の試作評価および実装洗練化
- ・超分散環境における仮想化装置のライフサイクル管理技術の試作評価および実装洗練化
- ・Assurance 機能における 3GPP SA5 に代表される標準 IF を活用したマルチベンダ装置の収容技術の試作評価及び洗練化
- ・オブジェクトデータベースを活用したマルチベンダ装置を管理できる Inventory 技術の試作評価および他機能連携の方式検討
- ・ドメインオーケストレータとのインタワークモデルの連携試作の評価およびユースケースの継続検討

④ サービス intent に基づく自律運用技術を実現するため、以下を行う。

- ・サービス intent に基づく自律運用技術の試作ソフトウェアに関する評価と実装洗練化を実施する。ネットワークの効率的かつ迅速な提供のためには、監視から実行までを一貫して自動化する自律運用技術が必要であるため。
- ・サービス intent と運用計画の記述仕様の洗練化を実施する。上記の自律運用技術を、利用者がそれぞれの用途に合わせて活用すると共に、運用者が内容を確認して安心して実行するには、人が記述したり内容を把握したりしやすい記述仕様が必要であるため。

⑤ 統合的 O-RAN 自動運用技術の実現

- ・運用計画/QoE 制御／無線リソース制御／コンピューティングリソース制御の連携を実現するため、前述④の自律運用技術を活用した統合的な O-RAN 自動運用機能の仕様化・方式検討及び、試作ソフトウェアの実装洗練化を行い、実証に向けた O-RAN 標準準拠の実装仕様の策定を実施する。

研究開発項目 b) 超高性能・超高効率・超高信頼を指向した通信サービス制御技術

本研究開発項目では、将来の次世代モバイル通信や固定通信回線サービスにおけるマルチアクセスを実現する通信サービス制御ノードの開発を最終目標として、今後以下の研究開発を行っていく。

- ・2023 年度は 2022 年度の研究結果を踏まえ、通信サービス制御技術、ノード構成技術、基本ネットワーク機能部品、ハードウェアアクセラレータの各種技術要素を連動させたコンセプト検証(Proof of Concept : PoC)を実施する。
研究開発項目 a) や c) と整合した IF 部の実装準備により、連携検証に向けた準備を行う。
- ・2024 年度は連携検証、及び結果をフィードバック。研究開発項目 a) ～e) が連動し、自律

的制御、自動運用によるリソース割当や電力消費の最適化、超高性能・超高効率・超高信頼な通信サービス制御を実現するプロトタイプシステムを開発する。

- 2025年度は標準化動向、最新技術状況を踏まえ、リソース制御とドメイン間連携を実施する各種要素のマルチベンダ化と共通制御インタフェースの実装を更に進め、5Gのモバイル・固定融合を指向した通信サービス制御を司るオーケストレータとノードの社会実装に向けた開発、及び導入/運用方式を含めた検討を実施する。
- 2026年度は従来の通信サービス制御技術と比較して、2倍程度の安定性を持つ自律的制御及び運用自動化を実現し、モバイル・固定融合を指向した通信サービス制御ノードの導入において、本研究での課題で確立したノード構成技術及びノード仮想化技術の社会実装に向けた最終評価を実施する。

研究開発項目 c) 複数の機能群を柔軟に利用可能な通信機能向けミドルウェア技術

本研究開発項目では、従来のネットワーク OS をベースにした通信サービスノードを対象としたミドルウェアの開発を最終目標として、今後以下の研究開発を行っていく。

- 2023年度は、SBI(South Bound Interface/デバイスインタフェース)に関する拡張の設計および、光デバイスに対応するためのインタフェース(API)への対応と基本的な実装を実施する。
- また 2023年度は、外部システム(上位システム)から制御できる標準的なマネジメントインタフェースに関する拡張を継続実施する。
- 2023年度およびそれ以降は、順次拡張した機能に関して、オープンコミュニティに対しての提案活動を実施する。
- 2024年度およびそれ以降に、キャリアのユースケースに基づいた、セキュリティ機能・トンネル機能等のネットワーク機能を複数ネットワーク機能の強化として実装を実施する。
- 2026年度に向けて、上記機能拡張を通じた、本研究開発以前と比べて、設定可能な機能数、システム連携手段、機能選択肢の観点などから2倍程度の複数ネットワーク機能のアプリケーションに対応可能な設計および実装を実施する。

研究開発項目 d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

ネットワークサービス基盤技術の確立に向けて以下の計画で研究開発を進める。

- 2023年度は、2022年度の成果を基に最適化計算および計算結果をネットワークに反映させるリソースプランニング機能とリソースコントローラ機能について開発、検証を行い設計書、評価項目及び結果報告書を作成する。併せて、無線基地局機能仮想化基盤技術に関わる特許出願、及び、O-RANコミュニティでの提案を行う。
- 2024年度は、最適化計算とプランニング機能を連動させ、課題内環境連携等により実験室内検証を行い、実証実験可能な完成度を旨す。
- 2025年度は、プレ実証実験を行い共同研究成果と連携確認、性能評価、機能改良を行い、最終年度に向けた開発、検証を行い、本技術の効果測定を行う
- 2026年度は、OREC等への研究成果展開により、最終目標である最大30%の省電力化を確認する実証実験の実施を行う。

研究開発項目 e) 無線基地局検証評価技術

本研究開発項目では、複数ベンダにより構成されるvRAN、オペレーション・インテリジェン

ス・オーケストレーション機能統合に向けた評価モデル・プロセス確立を最終目標として、今後以下の研究開発を行っていく。

- 2023年度は、2022年度準備したフィールド検証環境を用いて、実装置(コアネットワーク装置、移動端末)との接続を含む屋外実環境での運用に向けた検証評価の実施し、フィールド検証評価及び得られた知見を基にした22年度の評価モデル/プロセスの拡張を実施するとともに、共同研究者の成果を評価するための設計を行う。
- 2024年度では、複数ベンダにより構成される無線基地局、オペレーション・インテリジェンス・オーケストレーション機能を統合した評価環境構築及び検証、評価モデル/プロセスの拡張を進める。