

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

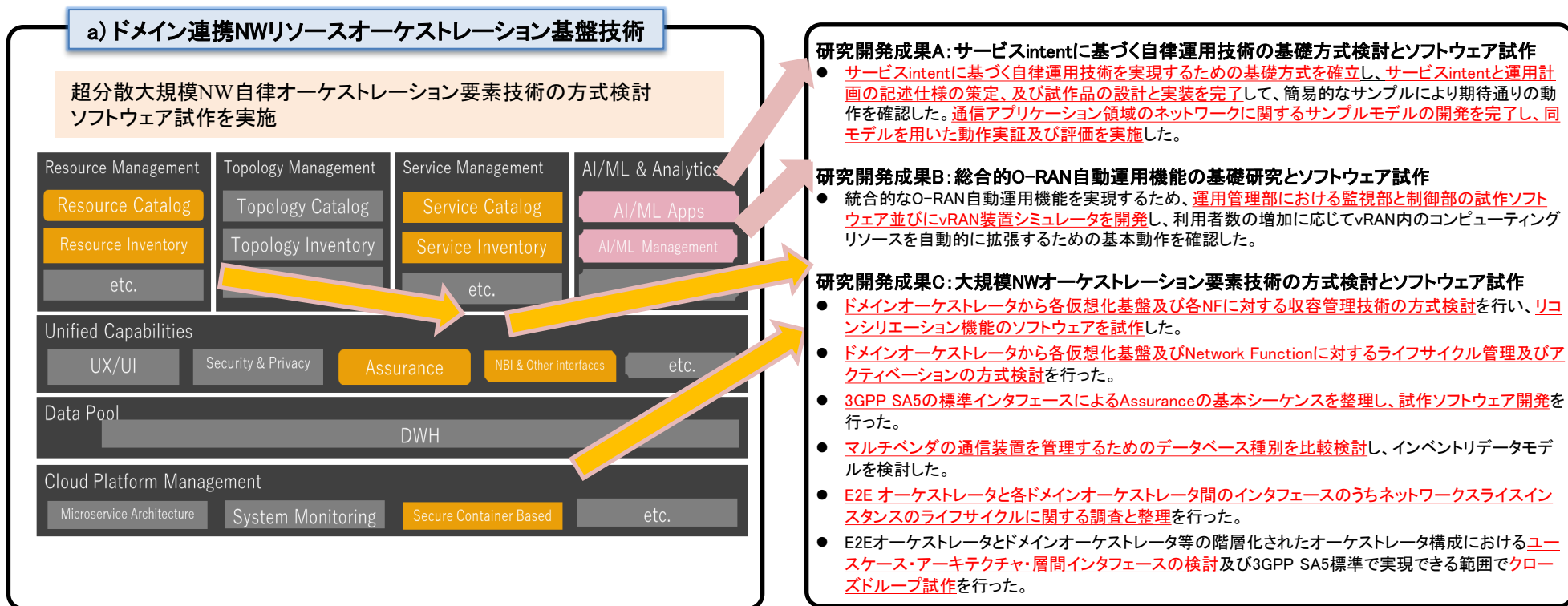
- ◆研究開発課題名 Beyond 5G超高速・大容量ネットワークの自律性・超低消費電力を実現するネットワークサービス基盤技術の研究開発
研究開発項目1 ネットワークサービス基盤技術
- ◆副題 超高速・大容量ネットワークの一元的な制御や電源最適化を実現するネットワークサービス基盤技術の研究開発
- ◆受託者 日本電気株式会社、日本電信電話株式会社、富士通株式会社、株式会社NTTドコモ
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和8年度 (5年間)
- ◆研究開発予算 (契約額) 令和4年度4,700百万円

2. 研究開発の目標

ネットワークを構成する機器を仮想化してネットワークリソースの一元的な制御を可能とし、ネットワークの自律性を確保すると共に、電力消費の最適化を実現するため、無線基地局、ネットワーク交換機等の機能を仮想化し、一元的な制御や電源最適化を実現する技術の研究開発を実施する。

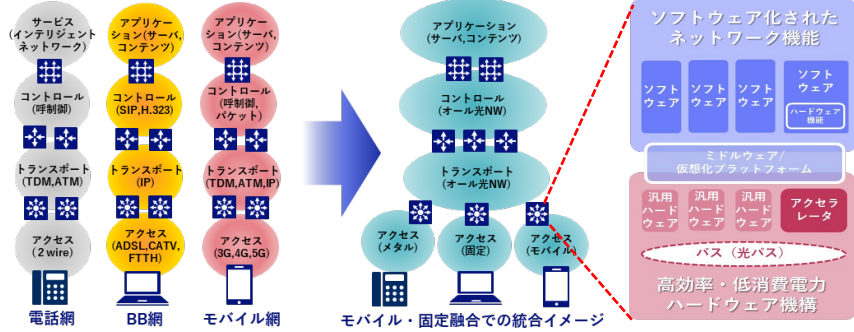
2022年度は、要素技術の方式やアーキテクチャの検討、また試作ソフトウェア開発に着手し、開発環境を構築する。

3. 研究開発の成果



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

回線種別毎に最適化されたNWに対して、仮想化とオープンネットワーク技術を基に、マルチアクセスを収容する通信サービスシステムを実現。



- A マルチアクセス収容を実現するネットワーク機構技術
- B マルチアクセス収容を実現するサービス共通化技術
- C HWアクセラレーションによるオフロード技術
- D モバイル/固定系音声信号処理機能のソフト化技術

研究開発成果A: マルチアクセス収容を実現するネットワーク機構技術

- 仮想化されたNW機能を高度に連携させるためにはアーキテクチャの共通化が不可欠。
- KVM/K8Sの仮想化基盤を活用した**ベースアーキテクチャの検討を行い、要件定義/方式仕様書を作成。また、プロトタイプを試作し、検証環境を構築。**
 - オークストレータ連携として、Deploy機能の試作、IF仕様策定に向けた議論を実施。

研究開発成果B: 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・固定音声通信サービス機能は、従来、ハード/ソフト間が密結合となっており、機能を分離した上で共通的なIFを持たせた機能部品とすることが課題。
- **モバイル・固定通信機能の機能部品化の検討を行い、要件定義/方式仕様書を作成。また、仮想化基盤上に部品連携検証が可能なプロトタイプを試作し検証環境を構築。**

研究開発成果C: HWアクセラレーションによるオフロード技術

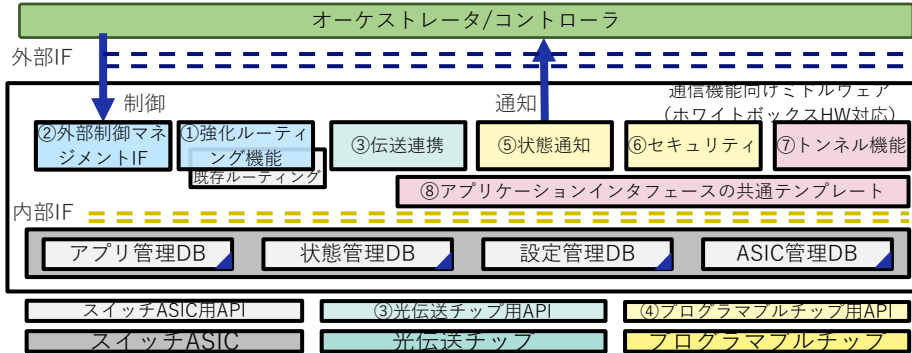
- 機能部品や汎用サーバ特有の性能観点から、アクセラレータへのオフロードが課題。
- **DMA/QoS機能を用いたオフロード手法の検討を行い、要件定義/方式仕様書を作成。また、Smart NICのFPGAによるプロトタイプを試作し、検証環境を構築。**

研究開発成果D: モバイル/固定系音声信号処理機能のソフト化技術

- 固定・モバイル音声通信機能のうち、演算処理資源を多く用いる機能(コーデック等)はハードウェア部品(DSP等)で実現しており、リソースの観点からソフト化することが課題。
- 仮想化基盤上に**ハードウェア機能の機能部品化の検討を行い、要件定義/方式仕様書を作成。また、リソース拡張の検証が可能なプロトタイプを試作し、検証環境を構築。**

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

従来と比較して2倍程度の通信サービスアプリケーション(NW機能)に対応可能となる機能をテンプレートとして提供する通信機能向けミドルウェアを実現



- 凡例
- 2022年度
 - 2023年度
 - 2024年度
 - 2025~26年度
 - ▲ 随時更新

- A アプリケーションインタフェース(NBI)
- B デバイスインタフェース(SBI)
- C NW機能拡充・ミドルウェア共通機能

研究開発成果: A アプリケーションインタフェース(NBI)

- 外部制御マネジメントIF実装開発(図中②)
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。**本ミドルウェアのベースとなるNWOSで従来具備していなかったNETCONFプロトコル及びOpenConfigデータモデル制御インタフェースを具備。

研究開発成果: B デバイスインタフェース(SBI)

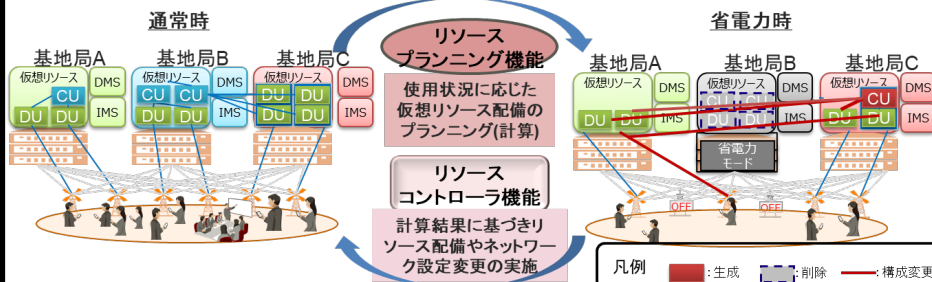
- オープンソースの**デバイスインタフェースとしてSAI(Switch Abstraction Interface) / TAI(Transponder Abstraction Interface)に関する調査・分析を完了。**

研究開発成果: C NW機能拡充・ミドルウェア共通機能

- 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OSの分析を実施。**SONiC基本機能確認(コマンド分析/CLOSネットワークポロジでの動作検証)を実施。**
- **オープンコミュニティの動向分析を実施。**コミュニティ運営方法とリリーススケジュールを調査。試作内容と重複する提案や議論がされていないことを確認。
- **データセンタ用通信サービスアプリケーション実装開発: 強化ルーティング機能(図中①) 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。**OSPFでの動作確認ならびに、データセンタで使われるCLOS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。

d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

O-RANソフトウェア基地局の消費電力最大30%削減を実現する
最適化配備プランニング



研究開発目標:A 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ユースケース、要件定義、アーキテクチャを策定

研究開発目標:B 開発・検証を行うため、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

研究開発成果:A 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ユースケース、要件定義、アーキテクチャを策定

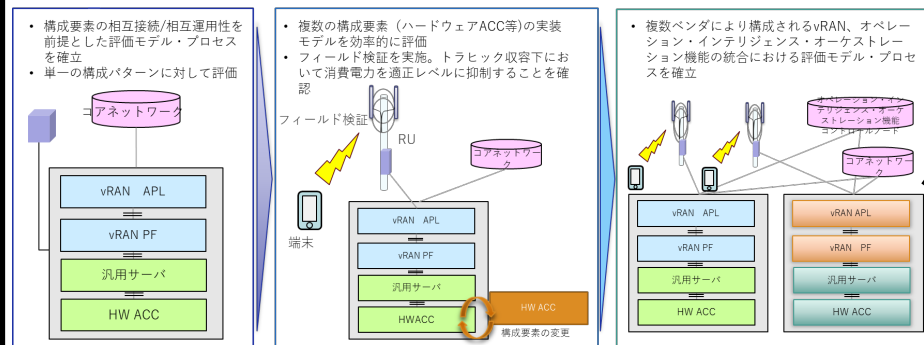
- 電力最適化のための無線基地局機能仮想化基盤技術のユースケース及び、リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能に関する要件定義、アーキテクチャを検討し、**仕様書として完成。開発、評価のベースとなる仕様策定を完了した。**
- ユースケースに基づき、**今後の技術革新も想定したO-RANネットワークにおいて、運用環境のデータを使用し本研究開発機能のシミュレーションを実施した結果、約37%の省電力効果が得られた。**

研究開発成果:B 開発・検証を行うため、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

- 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・検証を行うための**複数の異なる仮想化基盤の仮想化基地局装置にSMO、5Gコア、RU、疑似UEが接続されるネットワーク**の検討を行い**評価環境設計書であるネットワーク構成図と物理設計図、論理構成図、コンフィグ設計書を作成し、検証に向けた環境構築を完了した。**

e) 無線基地局検証評価技術

仮想化技術を適用した無線基地局(vRAN: Virtual Radio Access Network)について、基地局アプリケーション(APL: APpLication)、仮想化基盤(PF: PlatForm)、無線物理層の処理を担うハードウェアアクセラレータ(ACC)、汎用サーバ等の構成要素を相互接続・相互運用可能にするための技術検討及び検証を行う



研究開発成果:A 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の完了。**
- モバイル通信サービス機能/品質に対する評価及び仮想化基地局特有の各コンポーネント間の評価整理をそれぞれ行い、必要となる**新規評価内容の策定を実施。**

研究開発成果:B 評価環境構築

- 単一構成パターンにおけるHW構成及びSWデプロイの実施内容をまとめ、**実装置を用いた仮想化基地局の構築を完了。**
- 構築した仮想化基地局を用いた実端末との接続確認を実施し、**基地局配下での実端末の在圏を行って、現行基地局と同等のスループット(上り/下り)を達成。**

研究開発成果:C 単一構成検証評価

- 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、機能確認項目一覧として策定。**
- 策定した機能確認項目に則った試験を実施し、**各機能の正常性を確認。**

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
4 (4)	2 (2)	0 (0)	6 (6)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

<概要>

- ・特許出願 : **4件の国内特許出願と、2件の外国特許出願により、知的財産の確保**を行った。
当初計画に対し、**前倒しでの対応**を進めており、**引き続き積極的な知的財産確保を進める。**
- ・研究発表 : **一般口頭発表5件、収録論文1件の合計6件の発表**を行った。
予定を上回る発表を実施しており、引き続き**対外的な研究成果をアピールし、**
外部有識者コメント踏まえた**研究成果最大化**を図る。
 - 電子情報通信学会 ネットワーク仮想化特別研究専門委員会 第41回研究会 (2022/9/2)
 - 電子情報通信学会 ICM研究会 (2022/11/24)
 - 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2023/1/27)
 - 電子情報通信学会 総合大会 (2023/3/7)
 - 電子情報通信学会 総合大会 (2023/3/8)
 - 電子情報通信学会 ICM研究会 (2023/3/17)
- ・運営委員会 : **研究開発運営委員会を1回開催**し、有識者からのコメントを研究計画等に反映。
研究開発計画(連携ポイント、目標値具現化、研究成果等)に関して議論を実施。
 - 第1回研究開発運営委員会 (2022/11/8)

5. 今後の研究開発計画

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

- 2022年度は、超分散・大規模ネットワークに対するオーケストレーションを実現するためのベースとなる要素技術の検討と試作、サービスintentからの運用計画自動生成と運用計画に基づいてのサービス維持動作、統合的O-RAN自動運用におけるvRAN装置のオートスケール基本動作の確認を完了。
- 2023年度は、要素技術の大規模化含む本実装を進めると共に、サービスintentのE2E領域への拡大検討、結合仕様の策定、他項目との連携インタフェースの実装、スライスSLA対応や障害ユースケース等の追加仕様化・基本動作整理を実施する。
- 2024年度は、更なるオーケストレーションの高度化、結合及び連携の拡大、追加仕様の実装を進め、2025年度及び2026年度では、実証(社会実装)及び標準化、実装洗練化を実施していく。

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年度は要素技術であるネットワーク機構技術/サービス共通化技術/オフロード技術/音声処理のソフト化技術の仕様検討及びプロトタイプを試作。2023年3月末までにプロトタイプ試作を用いた各種基本検証が完了。
- 2023年度では、各種要素技術を連動させた仮想ノードとしての結合検証と、オーケストレータ(研究開発項目a)との連携検証を予定。
- 2024年度では複数の仮想ノードとオーケストレータを組み合わせた自動化検証を実施し、2025年度及び2026年度では社会実装に向けた総合検証及び最新の技術動向を取り入れた各種要素技術の更なる高度化を実施していく。また、BBF/3GPPに対する標準化活動及び外部発表を研究と並行して積極的に取り組んでいく。

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

- 2022年度はSONiC標準以外のプロトコル(OSPF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及びアプリケーションインタフェースとしてNETCONFを用いた外部制御インタフェースの基本機能のプロトタイプを試作した。
- 2023年度はデバイスインタフェースの拡張として光伝送チップ用APIへの対応を行い、2024年度は情報収集分析・状態通知を行う機能具備を行う。
- 2025年度及び2026年度は、さらなるネットワーク機能(セキュリティ機能・トンネル機能等)の機能具備と洗練化を行っていく。

d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

- 2022年度は、O-RAN市場動向の調査からO-RANネットワークの省電力化に向けて今後必要となる技術についての仕様策定が完了。
- 2023年度は、コアとなるリソースプランニング技術とリソースコントロール技術を実装し、2023年度後半、及び2024年度の共同研究者との連携による実証環境でのPoC、2025年度及び2026年度の社会実装に向けたプレ実証、総合実証を行う。
- 並行して、今後のO-RANのグリーン化技術革新とインフラネットワークの変化に合わせて研究を継続し必要となる追加機能の実装をしていく。

e) 無線基地局検証評価技術

- 2022年度は、仮想化した無線基地局の構成要素の相互接続・相互運用性を前提とした評価モデル・プロセスを確立し、評価環境構築及び実移動機を用いた接続確認を実施。さらに2023年度予定のフィールド試験に向けた準備を実施。
- 2023年度では、フィールド検証実施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共に、共同研究者の成果を評価プロセスの中で評価するための検討を進める。
- 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。