

革新的情報通信技術研究開発委託研究
Beyond 5G 機能実現型プログラム
基幹課題 研究計画書

課題 048

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



1. 研究開発課題

『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』

2. 目的

2030年代の導入が見込まれている Beyond 5G (B5G) は、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）が高度に融合し、社会課題解決と経済成長を両立する社会（Society 5.0）の実現を支えるインフラとして中核的な役割を担うことが期待されている。

「Beyond 5G 推進戦略」（令和2年6月 総務省）では、B5Gの機能について、5Gの特徴的な機能の更なる高度化（超高速・大容量、超低遅延、超同時多数接続）に加えて、自律性、超低消費電力等の新たな価値の付加が求められるとし、目指すべきB5Gの実現には、その優れた機能の中核となる先端的な要素技術の研究開発を強力に推進する必要があるとしている〔1〕。

B5Gが目標とするモバイルアクセスの超高速・大容量化や超多数同時接続を実現しつつ、自律性を確保し、超低消費電力化を推進するためには、バックボーンとなる光ネットワークとモバイルアクセスネットワークを自律的に制御するとともに、マルチアクセス（メタル・光・無線 他）環境において、益々増加し続ける様々な大量のユーザトラフィックを高速かつ高効率に処理することが求められる〔2〕。また、アンテナや基地局、その他設備の増大に伴い、現状以上に電力消費量が深刻（モバイル系通信キャリアの電力消費のうち7割が基地局関連で、5Gの基地局あたりの電力消費は4Gの3～4倍に増加すると試算）となることが想定されていることから、ネットワーク全体で省電力化の取組を行う必要がある。

本課題では、無線リソース・数千のデータセンタのコンピューティングリソース・ハードウェアの自律制御による設備／電源最適化による省電力化・高性能化の実現、及び設備の構築から保全にわたる業務全体の自動化による安心・安全なネットワークサービスの提供の実現を目指す。また、O-RAN等の主にソフトウェアにより仮想化された基地局（以下「ソフトウェア基地局」という。）については、トラフィックの需要に応じて、ソフトウェア基地局の仮想リソース配備及びアンテナの省電力モード設定の最適化技術の開発により、サーバの稼働台数及びアンテナの消費電力を低減し、最適化なしの従来運用と比較して最大30%の消費電力削減の実現を目指す。

なお、本課題は、「Beyond 5G 研究開発促進事業 研究開発方針」（令和4年2月24日総務省）における「3. 研究開発項目」の「① Beyond 5G 機能実現型プログラム」（p.3）のうち、ア）開発目標（数値目標等）を具体的かつ明確に定めてハイレベルな研究開発成果の創出を目標とし、研究計画書を作成し、実施者を公募する課題（基幹課題）として実施する。

3. 内容

本委託研究では、以下の研究開発項目について、研究開発実施するものとする。

- 研究開発項目1 ネットワークサービス基盤技術
 - 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

モバイル及び固定網の各装置（b）～e）で開発された機能を含む）に対し、リソースコントローラによってマルチドメイン、マルチレイヤ、マルチベンダでサービス及びリソースを統合管理し、自律的制御により運用自動化を実現する技術を確認する。具体的には、エッジデータセンタ等の小規模データセンタが数千（日本国内に 1,000～10,000 程度）の規模（大規模キャリア網にも適用可能なスケール性を有する）のネットワークにおいて、モバイルや固定網のコンテナ・NFV 仮想化リソース、フロア、ラック、電力等の多様なネットワークリソースと設備ライフサイクルを管理する技術を確認する。

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

マルチアクセス（メタル・光・無線 他）を収容するモバイル固定融合型サービスを指向し、様々なユーザトラフィックの処理を可能とする技術確認する。また、レガシーなアクセス手段から新たなアクセス手段へのマイグレーションを実現し、ユーザへ永続的に通信サービスを提供するためにモバイル・固定通信機能を実現するソフトウェア、ハードウェア（FPGA/ASIC/GPU/DSP 等のハードウェアアクセラレータ等）で構成されるサービス基盤を確認する。

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

高性能かつ省電力な通信サービス処理の実現のため、様々なハードウェア（スイッチ ASIC/光デバイス等）で実現されるパケット処理、光信号処理等の機能群を、通信サービスアプリケーションが柔軟に利用可能とするテンプレート機能を提供する通信機能向けミドルウェア技術を確認する。

d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

モバイルネットワーク（アンテナ、仮想サーバ等）のトラフィック需要に応じた電力最適化設計（収容設計及びアンテナ設定）を実現するリソースプランニング機能及び電力最適化の設計結果を安全かつ確実にネットワークに反映させるコントローラ技術を確認する。また、実証評価として、汎用サーバから将来のディスアグリゲータッドコンピューティングへの進化を想定して評価を行い、本技術の効果測定を行う。

e) 無線基地局検証評価技術

O-RAN ALLIANCE 等により仕様策定されたオープン・インタフェースを適用し、ハードウェアとソフトウェアを分離して仮想化した無線基地局について、基地局アプリケーション、仮想化基盤、無線物理層の処理を担うハードウェアアクセラレータ、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とともに、増加の一途をたどるユーザデータトラフィックを効率的に収容し、消費電力を適正レベルに抑制しつつ、可用性が高く保守運用性に優れた通信サービスを実現可能とする技術を確認する。

4. アウトプット目標・アウトカム目標

・研究開発項目 1 ネットワークサービス基盤技術

2026年度末におけるアウトプット目標（最終目標）

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

- 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
 - 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
 - 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
 - 特定ドメイン障害発生時において他ドメインによるカバーリングによるSLA保証の実現
 - サービスintentによる自動措置技術の実現
 - 運用計画/QoE/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による統合的なO-RAN自動運用の実現
- b) 超高性能・超効率・超信頼を指向した通信サービス制御技術
- モバイル・固定融合通信サービス制御ノード向け構成技術に準ずるシステムの開発
 - 仮想リソースオーケストレーション技術との連携可能となるプログラムの開発により、仮想的に構築された通信サービス制御ノードの自律的制御及び運用自動化を実現
 - 本研究で提案の構成技術を活用し、ノード構成技術、制御技術、高信頼設計技術、からなる通信サービスノード仮想化技術を開発
 - モバイル・固定通信ネットワークの共通的なネットワーク機能及び通信サービス制御ノードを機能部品としてのソフトウェア、ハードウェア（ハードウェアアクセラレータ等）を用いて実現
 - 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

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

- 通信サービスノードを対象としたミドルウェアの実現
- 従来の通信機能向けミドルウェアと比較して、2 倍程度の通信サービスアプリケーションに柔軟に対応可能となる機能をテンプレートとして提供

d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

- 環境に応じた最適なパターン選択の実現
- 最大 30%の省電力化の実現
- ネットワークモデリングによる最適化設計の実現
- 最適化設計に基づきソフトウェア基地局の配備及びアンテナ制御の実現

e) 無線基地局検証評価技術

- 仮想化基地局の相互接続・相互運用に関する評価モデル・プロセスの確立
- 無線基地局におけるハードウェアアクセラレータの実装モデル確立
- 複数ベンダにより構成される無線基地局の性能評価に関するプロセスの確立
- 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の統合における評価モデル・プロセスの確立

2022 年度末におけるアウトプット目標

- 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
- ・超分散環境における、OpenStack や K8S など仮想化基盤のデファクトの収容管理技術の試作ソフトウェア開発
 - ・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開発
 - ・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ソフトウェア開発
 - ・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 データモデルの試作ソフトウェア開発
 - ・各標準化機関でのオーケストレータ間のインタフェースの調査の技術的評価及びその API を実装した試作ソフトウェア開発
 - ・ドメインオーケストレータとのインタワークモデルの設計及び試作ソフトウェア開発
 - ・intent ベースによる運用自動化の試作ソフトウェア開発
 - ・運用計画/QoE/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による統合的な O-RAN 自動運用機能の試作ソフトウェア開発
- 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
- ・モバイル・固定通信ネットワークで活用されているアプリケーション、KVM (OpenStack) や K8S 等の仮想化基盤、市場で一般に流通している汎用ハードウェア (Smart-NIC 等) を用いての基本的なノード構成技術の検討と開発 (プロトタイプシステムの実装)
 - ・物理設備管理、仮想リソースオーケストレーションとの連携技術の試作開発 (プロトタイプシステムの実装)
 - ・ソフトウェア、ハードウェア (ハードウェアアクセラレータ等) 部品の結合を仮想的に行うノード構成技術、制御技術に関する機構の試作開発 (プロトタイプシステムの実装)
 - ・モバイル・固定通信ネットワーク各々で主流である共通的なネットワーク機能、通信サービス制御ノード等をベースとした仮想化技術適用に関する試作開発
 - ・通信サービスノードのソフトウェア、市場で一般に流通している汎用ハードウェア (Smart-NIC 等) を用いた基本ネットワーク機能部品の試作開発 (パケット処理、デジタル処理等のプロトタイプ実装)
- 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
- ・任意の通信サービスアプリケーションを対象としたミドルウェアのプログラム開発
- d) 無線基地局機能仮想化基盤技術
- ・環境条件に応じた最適制御の仕様策定
 - ・最適化設計の仕様策定
 - ・仮想リソースコントローラの仕様策定
- e) 無線基地局検証評価技術
- ・仮想化基地局の相互接続・相互運用に関する評価モデルの策定、実施
 - ・無線基地局におけるハードウェアアクセラレータの実装モデルの検討

- ・複数ベンダにより構成される無線基地局の性能評価に関するプロセスの策定、実施
- ・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の統合における評価モデル・プロセスの検討

アウトカム目標

2026年

- ・既存のネットワークにおける通信サービス制御ノードの導入（レガシーシステム更改等含む。）において、本課題により確立したノード構成技術及びノード仮想化技術に準ずる製品が先行したベンダにより展開
- ・O-RAN 又は固定網の仮想化において、複数のベンダ／複数ドメインの xNF を横断的に管理し、一部業務に限定して TM Forum が規定する「Autonomous Networks Level3」の自動化を達成
- ・本課題により確立したミドルウェアを採用したアプリケーションソフトウェアやネットワークオペレーションシステム製品が展開
- ・仮想化したソフトウェア基地局において、最適化設計と連携するオープンなコントローラを採用した製品が先行ベンダより展開され、消費電力削減効果により 5G 以降のサービス設備導入が進展
- ・複数ベンダによりオープン・インタフェースの基地局が商用展開

2027年

- ・既存のネットワークにおける通信サービス制御ノードの導入（レガシーシステム更改等含む。）において、本課題により確立したノード構成技術及びノード仮想化技術に準ずる製品が複数のベンダにより展開
- ・O-RAN 又は固定網の仮想化において、複数のベンダ／数ドメインの xNF を横断的に管理し、計画～設計～構築の設備導入フェーズと、監視～分析～措置の保全フェーズにおいて TM Forum が定義する「Autonomous Networks Level3」の自動化を達成
- ・本課題により確立したミドルウェアを採用したアプリケーションソフトウェアやネットワークオペレーションシステム製品が展開
- ・仮想化したソフトウェア基地局において、最適化設計と連携するオープンなコントローラを採用した製品が各ベンダより展開され、消費電力削減効果により 5G 以降のサービス設備導入が進展
- ・O-RAN ALLIANCE 等による仕様との整合性向上やエコシステム拡大により、複数ベンダによるオープン・インタフェースの基地局の商用展開が加速

2028年

- ・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、本課題で確立したノード構成技術及びノード仮想化技術に準ずる製品が展開
- ・O-RAN 又は固定網の仮想化を導入する際に、複数のベンダ／複数ドメインの xNF を横断

的に管理し、計画～設計～構築の設備導入フェーズと、監視～分析～措置の保全フェーズにおいて、一部の業務に限って TM Forum が規定する「Autonomous Networks Level 4」の自動化を達成

- 本課題により確立した該当のミドルウェアを採用したアプリケーションソフトウェアやネットワークオペレーションシステム製品が複数のベンダから展開
- 仮想化したソフト基地局に展開した技術がクラウド環境にも適用され、消費電力削減が進展
- 商用運用実績が蓄積され、複数ベンダによるオープン・インタフェースの基地局が普及

2029年

- 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に準ずる製品が複数のベンダにて展開
- O-RAN 又は固定網の仮想化において、複数のベンダ／複数ドメインの xNF を横断的に管理し、計画～設計～構築の設備導入フェーズと、監視～分析～措置の保全フェーズにおいて TM Forum が規定する「Autonomous Networks Level 4」の自動化を達成
- 社会実装が進み、消費電力削減によるエコノミカルでカーボンニュートラルなネットワーク環境の実現

5. 採択件数、研究開発期間及び研究開発予算等

採 択 件 数：1 件

研究開発期間：契約締結日から 2026 年度（継続評価等により継続の必要性等が認められた場合のみ、次年度も継続可能。）

研究開発予算：各年度 4,700 百万円（税込）を上限とする。（提案の予算額の調整を行った上で採択する提案を決定する場合がある。継続評価や Beyond 5G 研究開発促進事業の後年度予算の状況等により、各年度の研究開発予算を変更する場合がある。）。

研究開発体制：単独の提案も可能であるが、産学官連携等による複数の実施主体からなる体制とすることを推奨する。その際、社会実装を考慮した体制とすること。

6. 提案に当たっての留意点

- 研究開発項目全てに提案すること。提案にあたっては、項目間の連携関係を明確に示した上で、連携によって自律性や低消費電力化が研究開発課題全体として如何に実現されるかを具体的に記載すること。
- 提案書には、2026 年度まで実施することを仮定し、2026 年度までの計画を記載すること。
- 具体的目標に関しては、毎年度の目標と 2026 年度の最終目標について、項目間の連携関係によって実現される数値目標について定量的に提案書に記載すること。
- 本研究開発の遂行過程で得られるデータについては、広くオープンにするのが望ましいこ

とから、公開できると想定するデータがある場合には、その公開や利活用促進に関する計画（例：公開するデータの種類、公開先、公開方法等）を提案書に記載すること。なお、本項目は採択評価時の評価項目とする。

- 本委託研究で研究開発する技術について、具体的に B5G の実現に当たりどのような分野のどのような知的財産の取得が期待できるのか、何件程度の特許出願を目指すのか、また、知的財産の取得とともに標準化活動の推進も重要であることから、どのような分野のどのような標準の策定が期待できるのか、どのような標準化活動を推進するのか、知財戦略と標準化戦略をどのように一体的に推進しようとしているのかについて提案書に記載すること。なお、本項目は採択評価時の評価項目とする。
- 外国の民間企業や大学等との連携体制が構築できている又は計画している場合には、具体的な連携の方法について提案書に記載すること。なお、本項目は採択評価時の評価項目とする。
- 実施体制については、本研究開発の目的に則した実施体制を構築することとし、それぞれの役割を明記すること。
- 研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を得るとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を受けるため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。
- 本研究開発成果の社会実装に向けて、到達目標の項目に記載したマイルストーンを意識しつつ、具体的な時期（目標）、体制、方策等を記載すること。その際、持続的に自走するための計画等についても記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。

7. 運営管理

- 複数の機関が共同で受託する場合には、代表提案者が受託者間の連携等の運営管理を行い、受託者間調整会議を定期的を開催すること。
- 国立研究開発法人情報通信研究機構（以下「機構」という。）と受託者の連携を図るため、代表提案者は、機構の指示に基づき研究開発の進捗状況などについて報告すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、機構が研究計画書を変更する場合があるので、留意すること。

8. 評価

- 機構は、研究開発終了時に終了評価を実施する。毎年度後半、評価委員会による継続評価を実施し、継続の必要性等が認められた場合には、当該年度の翌年度まで委託研究を継続し、2026 年度末に委託研究を終了する。評価の結果、継続性の必要性が認められなかった場合は当該年度末に終了とする。
- 機構は、本委託研究終了後に成果展開等状況調査を行い、追跡評価を行う場合がある。
- 機構は、上記以外にも本委託研究の進捗状況等を踏まえて、臨時にヒアリングを実施するこ

とがある。

9. 成果の社会実装等に向けた取組

- B5Gの実現を支える技術として、知的財産戦略及び標準化戦略、更には製品化と海外市場への展開戦略を記載するとともに、知財獲得に向けて必要な取組を視野に入れること。
- 実用化、事業化、社会実装に向けた出口戦略を明確とすること（委託研究後の事業化等の内容を明確にする）。
- 上記の出口戦略を実現するため、場合によっては本委託研究で得られた成果のオープン化（例えば、成果発表やそれに留まらずコミュニティ先導のための国際ワークショップや国内特別セッション主催、展示、標準化、オープンソース化等）も行う等、成果の社会実装等に向けて必要な取組を行うこと。

参考

参考文献

- [1] 「Beyond 5G推進戦略」（令和2年6月 総務省）
- [2] 情報通信審議会技術戦略委員会報告書骨子案（令和4年3月 総務省）