

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における衛星-地上統合技術の研究開発
- ◆副題 : 衛星-地上統合技術の情報収集、技術確立及び有効性確認
- ◆受託者 : 日本無線株式会社、スカパーJSAT株式会社、国立大学法人東京大学
- ◆研究開発期間 : 令和2年度～令和6年度（5年間）
- ◆研究開発予算（契約額） : 令和2年度から令和6年度までの総額300百万円（令和6年度60百万円）

2. 研究開発の目標

本研究開発課題は、日欧共同実証実験を実施すること、並びにSDN/NFV、ネットワークスライシングおよび統合的ネットワーク管理技術を発展させ、Beyond 5Gにおいて衛星と地上の統合に必要な技術を確認することを最終目標とする。

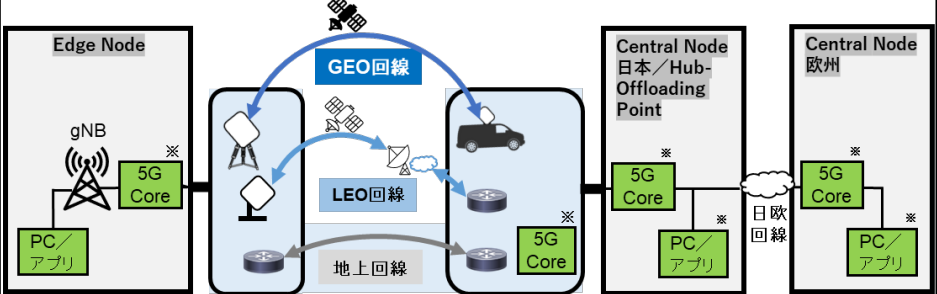
3. 研究開発の成果

研究開発目標

研究開発成果

研究開発項目1 日欧共同トライアルによる研究開発

- ・研究開発項目1-1 ESAテストベッドによる衛星—地上接続実証実験
ESAにより開発されたテストベッドを活用して実証実験を行い、国内にて衛星-5Gの連携に関する有効性を評価し、課題を確認する。
- ・研究開発項目1-2 日欧接続によるネットワーク運用性の評価
欧州テストベッドと国内衛星回線（Superbird-C2号機等）とを接続し、グローバルな構成での衛星と5Gの連携運用の実証実験を行い、様々な5Gアプリケーションに対しての衛星回線の有効性の評価を行う。



※実験内容により配置箇所は異なる。

研究開発項目1 日欧共同トライアルによる研究開発

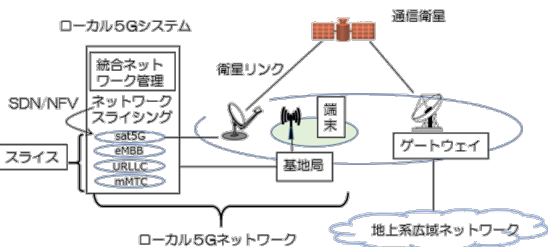
- ・研究開発項目1-1 ESAテストベッドによる衛星—地上接続実証実験
 - 日欧共同実験において、衛星回線を含む国際間5G通信回線で日本と欧州間のデータ伝送を実施し、長距離5G-衛星回線の統合が可能であることを実証した。
 - ESA開発5Gコアを用いて、GEO回線、LEO回線、地上光回線をバックホールとしたマルチバックホールスイッチングを実証し、地上-衛星のシームレスな連携を確認した。
 - 災害時をユースケースとした、静止衛星、低軌道衛星のそれぞれの特性を活かしたバックホールを構築し、ローカル5G-衛星のデモンストレーションを実施することにより、災害時におけるローカル5G-衛星の有効性を示した。
- ・研究開発項目1-2 日欧接続によるネットワーク運用性の評価
 - 日欧共同実験により、U-Plane通信性能、C-Plane制御所要時間、4K映像伝送の受信品質の評価を実施し、衛星回線を含む日欧間の長距離回線で5G通信を提供する有効性を示した。
 - 衛星と5Gで高度化された制御技術（QoS制御、経路制御、スライシング）の連携運用の評価を実施し、有効性を示した。当初の計画から追加して、ローカル5Gのバックホール回線に複数軌道（GEO/LEO）の衛星通信を使用し、上記5G制御技術と連携するユースケースを実証した。GEO/LEOといった複数軌道衛星と5G通信を連携させた通信システムが、高速かつ安定した通信を提供できることを示した。

研究開発項目2 ローカル5Gバックホールの研究開発

衛星回線をローカル5Gのバックホールとして活用するための技術開発

- 1. SDN/NFV技術
- 2. ネットワークスライシング技術
- 3. リソース管理技術

- 目標①:トラフィック分類機能、優先制御機能等の研究開発
- 目標②: NWスライシングのための静的・動的機能運用の研究開発
- 目標③: NWスライシングのための動的なリソース管理の研究開発



研究開発項目2 ローカル5Gバックホールの研究開発

- 目標①: ネットワークスライシングの応用技術として、C-Planeスライシングを確立し、ローカル5Gシステムの堅牢化に向けた実現可能性を確認。約2.4倍のUE同時接続数を達成。また、リアルタイムなアプリケーション同定手法を確立し、ネットワークスライシングの運用自動化に向けた実現可能性を確認。約100-400msecの処理時間で、95%以上のアプリケーション同定精度を達成。
- 目標②: 東京大学が開発を進めたローカル5Gおよび国内衛星を利用し、日欧をまたがる衛星地上統合システムのテストベッドを構築。本テストベッド上でネットワークスライシングを実証。
- 目標③: 衛星地上統合システムのためのネットワークスライシング・ネットワーク管理手法を確立し、災害監視システムを利用した実証。品質を確保したいカメラを切り替えたいなどのオンデマンドなニーズに対して、動的なネットワークスライシングにより、品質を確保したいカメラの画質劣化やフリーズ時間を抑制できることを確認。

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
0 (0)	0 (0)	0 (0)	64 (15)	0 (0)	3 (0)	0 (0)	2 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

1. 日本無線は、スカパーJSAT、東京大学と共同発表を含む一般口頭発表4件、プレスリリース3件を実施。以下はその代表例。
 - 2023年9月14日「Japan-Europe joint demonstration experiment on satellite-terrestrial integration for Beyond 5G」
11th FOKUS FUSECO Forum
 - 2024年9月26日「Japan-Europe joint demonstration experiment on satellite-terrestrial integration for Beyond 5G」
Ka Conference 2024, BroadSky Workshop
2. スカパーJSATは2020年度より学術解説1件、収録論文2件、一般口頭発表6件を実施。研究開発の成果を紹介すると共に、事業化に向けた展望もアピール。以下はその代表例。
 - 2022年10月20日「Evaluation of Network Performance for 4K Video Streaming with Satellite and 5G interconnection in Japan-Europe Joint Experiment」(収録論文:International Communications Satellite Systems Conferences(ICSSC))
 - 2024年3月13日「将来の非地上系ネットワーク展開に向けたBeyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発の取り組み」
信学会 移動通信ワークショップ(一般口頭発表:SR/RCS/SRW研究会併催)
3. 東京大学は研究開発期間中に、査読付収録論文7件、収録論文13件、一般口頭発表44件を実施。以下はその代表例。
 - 2024年11月5日「Compute Isolation Effects on Softwarized 5G MQTT Mission Critical Services Application」IEEE NFVSDN
 - 2024年5月6日「Real-Time Application Identification Method for Mobile Networks Using Machine Learning」AnNet 2024
 - 2024年3月1日「Dynamic Control Method for Establishing Secure Long-haul End-to-End Network Slicing」NS研究会
 - 2024年2月29日「機械学習を用いたリアルタイムのアプリケーション識別スキームおよび評価手法」NS研究会
 - 2023年12月15日「3GPPネットワークスライシングと制御プレーンスライシングとの併用性およびCPUリソースの配分による輻輳制御最適化の研究」NS研究会(若手研究奨励賞受賞)
 - 2021年9月7日「Service-aware 5G/B5G Cellular Networks for Future Connected Vehicles」IEEE ISC2 2021

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

1. 日本無線は、今後、他の研究機関の成果や取り組みを注視するとともに、必要に応じて協業や共同で研究開発を進めることにより、本研究開発成果を発展させる。国や自治体の防災機関で利活用されるユースケースを実現させるべく、取り組みを継続する。
2. スカパーJSATは、本研究開発の成果を学会研究報告・社外へのプレスリリース等により情報発信を実施予定。5G NTNへの展開を目指し技術実証・開発可能な環境を構築し、将来のユースケースに対応した実証を促進する。事業化は2020年代後半の稼働を目指す。
3. 東京大学は通信リソースを最大限有効に使い、確実に通信可能な衛星地上統合システムを支えるローカル5Gシステムとして、産学連携先の企業より、広く商用展開することを目指す。また、本課題で取り組んだ要素技術は、更なる研究を推進し、フィールド実証を重ね、学会発表、プレスリリースによる広報を含め、広く対外発表を行う予定である。