

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 21901
 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

(1) 研究開発の目的

Beyond 5G における衛星の方向性を見出すため、ESA と日欧共同実験を実施し、SDN/NFV、ネットワークスライシング及びネットワークの統合管理に関する先行技術の情報を効率的に収集し、国内のユースケースを考慮した実証実験を実施することにより国内ニーズに合致した技術を習得する。また、衛星とローカル 5G とのシームレス接続を可能とする研究を行い、SDN/NFV、ネットワークスライシング及び統合的ネットワーク管理技術を確立する。

(2) 研究開発期間

令和 2 年度から令和 6 年度 (5 年間)

(3) 受託者

日本無線株式会社<代表研究者>
 スカパーJSAT 株式会社
 国立大学法人東京大学

(4) 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 5 年度 60 百万円)
 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 日欧共同トライアルによる研究開発
 1-1. ESA テストベッドによる衛星-地上接続実証実験 (日本無線株式会社)
 1-2. 日欧接続によるネットワーク運用性の評価 (スカパーJSAT 株式会社)
 研究開発項目 2 ローカル 5G バックホールの研究開発 (国立大学法人東京大学)

(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	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	1	1
	その他研究発表	48	15
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	3	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	2	2

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：日欧共同トライアルによる研究開発

1-1. ESA テストベッドによる衛星-地上接続実証実験

フェーズ2の最終目標であるユースケースの実証実験に向けて、システム設計を行い、下記のように接続試験を実施した。

- ・アプリケーションの動作確認試験
- ・ESA テストベッド (Open5GCore) の国内実証実験環境への実装
- ・国内実証実験環境の整備
- ・ローカル5G バックホールとして国内 Ku バンド衛星回線 (Superbird-B3)、Starlink 回線、地上回線の3回線を使用し、Open5GCore によるマルチバックホール切替機能の衛星接続試験実施

マルチバックホール切替機能の衛星接続試験においては、回線切替中の遅延量やスループット、切替にかかる時間を確認した。これにより、来年度の実証実験にマルチバックホール切替機能を使用するための事前準備と課題抽出を行うことができた。

また、Phase1のネットワークを用いて令和3年度に抽出した課題に対し調査を行った。令和4年度は5G コアのUPF 間で問題が発生していないことを確認したため、令和5年度は、5G コア間だけでなくgNB を含めてさらに調査した。その結果、gNB の設定やCPE の配置がスループットに影響を及ぼしていることが判明したため、それぞれを最適化した。

さらに、研究開発項目2で開発中のローカル5G と国内 Ku バンド衛星を用いた衛星接続試験に対し、衛星回線接続環境を提供した。

1-2. 日欧接続によるネットワーク運用性の評価

令和5年度は、日本無線と連携して衛星と5Gの連携運用の実証実験、国内衛星を用いたユースケース実証実験(フェーズ2)の試験構成、5Gアプリケーション、試験項目、評価項目等実験計画の検討を行った。

フェーズ2では、日本無線、東京大学、欧州と連携を図り、ネットワークスライシング技術、QoS 技術及び経路制御技術を用いたローカル5G と衛星を接続した実験計画を策定し、実験環境の構築を行った。実験計画に従い、ローカル5G と Superbird-B3 号機、LEO 回線 (Starlink) を接続してローカル5G バックホールを構築し、実証及び運用性の評価を行った。

また研究開発項目2で開発中のローカル5G と Superbird-B3 号機を接続して、ローカル5G を開発している東京大学が希望する評価項目に沿った実験・評価を行うためのローカル5G バックホールを含む試験環境の構築に向け、日本無線・東京大学と相互に連携を図った。

研究開発項目2：ローカル5Gバックホールの研究開発

R5年度は、継続してネットワークスライシング技術およびネットワーク管理技術について研究開発を遂行した。

具体的には、ネットワークスライシング技術として、アプリケーションに対する動的なスライス制御を実現するための機械学習を利用したリアルタイムなアプリケーション同定手法を考案している。本提案手法によって、50msecから250msec分の蓄積したデータパケットから約90-95%のアプリ識別精度を持つことを明らかにしている。また、ユーザ端末からクラウドサーバまでの有無線エンドツーエンドスライシング手法も考案している。本提案手法では、VPP-UPFを利用することにより、約1.5倍のスループットと約50%のジッタ抑制の実現可能性を得ている。

ネットワーク管理技術では、昨年度から継続して5Gコアネットワークの堅牢性向上のための制御プレーンスライシング方式を拡張し、有効性評価を進めている。UEアタッチシーケンスの信頼性向上のため、本処理に係るNFsに対して、重要なNFsに対して優先的にCPU割当を行うCPU傾斜配分方式を考案し、平均UE接続台数を約2.4倍向上できる点を明らかにしている。また、海外を含む異なるサイト上に展開されている5Gシステム間を横断するエンドツーエンドスライスを自動的に構築するためのネットワークスライス管理方式を考案している。本方式をテストベッド上に実装を行い、異なるサイト間でエンドツーエンドネットワークスライス構築の実現可能性を得ている。

また、研究開発項目1の衛星と5Gの連携運用の実証実験国内衛星を用いたユースケース実証実験（フェーズ2）の実施に向け、日本無線・スカパーJSATと連携して実証実験を進めた。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1：日欧共同トライアルによる研究開発

1-1. ESAテストベッドによる衛星-地上接続実証実験

令和6年度は、フェーズ2（令和4年度-令和6年度）の最終目標である、国内衛星又はエミュレータを用いたユースケースの実証実験を実施するため、ESAテストベッドを国内実証実験環境に実装し、国内独自のユースケースを検討し実証実験する。

また、研究開発項目2で開発中のローカル5Gのバックホールとして、伝送速度100Mbpsが実現可能なKuまたはKaバンド通信衛星、またはエミュレータ経由で5Gネットワークに接続し、試験及びデモンストレーションを実施する。

1-2. 日欧接続によるネットワーク運用性の評価

令和6年度は日本無線、東京大学と連携して、国内Kuバンド衛星（Superbird-C2号機等）回線や伝送速度100Mbpsが実現可能な国内衛星回線またはエミュレータを接続して、衛星とローカル5Gの連携運用の実験環境を構築する。研究開発項目2にて開発するローカル5G、または欧州で開発されたテストベッド技術を用いて、ネットワークスライシング技術を含む5G制御技術を活かした様々な運用形態を想定した実証を行い、5Gにおける衛星と地上の統合技術の有効性評価を行う。

研究開発項目2：ローカル5Gバックホールの研究開発

令和6年度では、ネットワークスライシング技術開発では、機能の静的あるいは動的機能配置、それに伴うスライス内ネットワーク運用技術を開発する。平常時・緊急時と運用形態や必要とされるアプリケーションの要求が異なることから、動的機能配置として、必要となった際に、そのアプリケーションが必要とされる機能をネットワークスライスとして動的展開可能な方式を検討する。ネットワーク管理技術開発として、動的なネットワークスライシングを可能とするための衛星コンポーネントを含むスライスの生成・削除するためのスライスリソース管理方式を検討する。ネットワークスライスにかかわるリソース（異なる特性を持つ衛星リンク、5G・有線ネットワークリソース、計算リソースなど）を有効利用するため、サービスやアプリケーションに対して優先度に基づく動的なリソース割当方式を検討する。

これらの技術を、エミュレータを含む衛星リンクとローカル5Gを接続する評価環境を構築し、通信の不感地帯（例えば、被災地、山岳地、僻地など）で想定させるユースケースに基づき、その有効性を評価する。また、可搬型のコンパクトなシステムの設計や開発を行い、過疎地や海洋などへの展開を検討し、ネットワークスライシング等のフィールド実験を通し、研究開発技術の有効性検証を行う。