

2020 年度 委託研究

## 課題 219

Beyond 5G における衛星-地上統合技術の研究開発

## 研究計画書



## 1. 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』

## 2. 目的

5G における衛星の役割が注目されており、特に欧州では Horizon2020 や欧州宇宙機関 (ESA: European Space Agency) が研究開発プログラムを進めている。また、3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) で衛星を含む非地上系ネットワークと 5G の接続に関する標準化が初めて取り上げられた。Beyond 5G (本研究開発では 5G の次に来る、衛星を含む非地上系ネットワークと地上系ネットワークが密接に統合される時代を Beyond 5G と定義する) には宇宙空間の利用が大幅に拡大し衛星は Beyond 5G のネットワークの重要なコンポーネントを構成すると予測される。一方、国内で衛星-5G 連携の検討を立ち上げるため国立研究開発法人情報通信研究機構 (以下、「機構」という。) は、2019 年 3 月に欧州と日本の関係機関によるワークショップを開催し、さらに継続的な検討を行うため「衛星通信と 5G/Beyond 5G の連携に関する検討会」を開始した。一方、これらの国内の取組と平行して ESA から機構に対し日欧共同の実証実験の提案があった。これらの状況を踏まえ、我が国の Beyond 5G における衛星の方向性を見出す機会として、本研究開発では受託者は日欧共同実証実験を実施すること、並びに鍵となる技術として SDN/NFV (Software Defined Networking/Network Function Virtualization)、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開発することにより、Beyond 5G において衛星と地上の統合に必要な技術を確立するものとする。

## 3. 内容

5G のネットワーク技術である 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衛星通信に適用し、衛星回線を衛星コンポーネントとして 5G に組み込むことにより、ネットワークの選択の迅速性や柔軟性の向上が期待される。これにより、ルーラル地域など地上ネットワークのないエリアへのスポット的なサービス提供や、モビリティにおけるブロードバンドサービスや運行管理情報の伝送等の多様なサービスの同時伝送及び地上-衛星エリア間ハンドオーバーによるサービス持続性の向上、非常災害時における地上-衛星ネットワークの切り替えによるネットワークの迅速な復旧等、様々な分野において衛星通信を活用した従来にないユースケースの創造や従来のユースケースの改善が期待できる。そこで本研究開発では、ESA のテストベッドを活用した日欧共同トライアルにより、本ネットワーク技術の有効性やネットワーク運用性を評価する。また、国内においては 5G の有効な利用方法としてのローカル 5G の検討が活発に行われているが、ローカル 5G のバックホールとして衛星通信を活用する際に 5G のネットワーク技術を適用することにより、上述したネットワークの選択の迅速性や柔軟性の向上が期待できる。そこで本研究開発では、ローカル 5G バックホールの研究開発を行い、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開発することにより、ネットワーク技術の確立を図る。なお、ユースケースの検討に当たっては、7章「提案に当たっての留意点」を参照すること。

## (1) 日欧共同トライアルによる研究開発

ESA は 2020 年から国際間接続実験に向けて以下の研究開発を開始する。

フェーズ 1：2020 年～2021 年

- ・ これまでに SATis5 プロジェクトで開発してきたテストベッドをアップグレードする。
- ・ ユースケースを想定した端末開発を行う
- ・ 日欧接続の模擬試験を実施（既存衛星を利用する場合を含む）

フェーズ 2：2022 年～2024 年

- ・ テストベッド開発を完了させる
- ・ 日欧間において実衛星を使った通信実験及びデモンストレーション

本研究開発課題の受託者は、上記の ESA の工程と整合を取り、ESA が開発したテストベッドを活用した共同実験を実施し、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試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。具体的には、以下 2 項目の研究開発を実施する。フェーズ 2 の通信実験およびデモンストレーションにおける伝送速度は 100Mbps を目標とする。なお、テストベッドは ESA が提供する。受託者は衛星コンポーネント（既存衛星回線と地球局：別添研究概要図参照）を準備すること。また、その他必要となる設備に関しては機構と調整すること。

## (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や課題を確認する。

## (1-2) 日欧接続によるネットワーク運用性の評価

グローバル接続、シームレス接続のトライアルによりインターオペラビリティ、マルチプロバイダー、複数エリアサービスに関する有効性を定量的に把握し、有効性を確認する。

## (2) ローカル 5G バックホールの研究開発

国内においては 5G の有効な利用方法としてのローカル 5G の検討が活発に行われている。本研究開発課題の受託者は、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う。具体的には、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の確立と有効性の確認を行う。各技術には以下の技術課題がある。

- ① SDN/NFV：帯域制限があり遅延の大きい衛星コンポーネントを含むスライスに対応した、帯域制限に伴う輻輳対策としてのトラフィック分類機能及び優先制御機能、並びに遅延対策機能を SDN/NFV で実現するための開発。
- ② ネットワークスライシング：①で生成された衛星コンポーネントを含むスライスを、緊急時等の必要時に生成し通信機能を提供することで平時におけるリソースの有効利用を図るためのスライス機能配置の開発。
- ③ 統合的ネットワーク管理：②のスライスにおいて、リソースの有効活用を図るため、衛星コンポーネントを含むスライスを生成・削除する際に必要なリソースを動的に管理するスライスリソース管理技術の開発。

以上の技術課題を解決する為、本研究は以下の2ステップで進める。

フェーズ1：2020年～2021年

- 研究開始時点では5Gシステムは入手できないためPrivate LTE(Long Term Evolution)、BWA(Broadband Wireless Access)等の代替システムを使用し、新たに衛星通信にネットワークスライシングを適用し、回線の性質が大きく異なる衛星系を地上系とシームレスに接続する研究を行う。5Gと代替システムとの性能の違いにより、フェーズ1の実施内容はネットワークスライシングの機能面の開発と検証、課題抽出に限定する。
- Private LTE/BWAと模擬衛星を使用し、特定のアプリケーションを優先させたネットワークスライシングによるインフラ設計及びLTE/BWAを用いた擬似試験を行う。

フェーズ2：2022年～2024年

- フェーズ1で開発した技術を盛り込んで、ローカル5Gと衛星を使用し、特定のアプリケーションを優先させたネットワークスライシングの開発及びユースケースデモンストレーションを実施する。これによりネットワークスライシングの機能面及び5Gの広帯域無線環境における性能面の評価を行う。

#### 4. アウトプット目標

本研究開発課題の受託者は以下の(1)日欧共同トライアルによる研究開発、及び(2)ローカル5Gバックホールの研究開発のアウトプットを実現することを目標とする。なお(2)に関しても(1)と同様、日欧間の相互接続試験の実施を検討すること。また、フェーズ1終了時点でESAの工程の進捗等を踏まえて機構がアウトプット目標を見直すことがある。その場合、受託者はその後の実施計画を見直すこと。さらに受託者は本研究開発の成果を踏まえ、本委託研究終了時(2024年)に提出する報告書において、本研究開発成果の事業化の見通しを示すこと。

##### (1) 日欧共同トライアルによる研究開発

- 国際間接続に関するユースケースについて国内をカバーする衛星を用いて、実際のネットワーク運用を考慮した欧州-日本間接続によりエンドトゥエンドでインターオペラビリティの実証(欧州-日本間は日本及び欧州の衛星や有線系ネットワークを活用して接続することを想定)。
- エンドユーザや関連業界への衛星-5G連携の有効性(グローバル接続、インターオペラビリティ、複数の5Gネットワーク接続等のシームレス接続)のデモンストレーションにより市場にアピール。
  - a. ESAにおけるフェーズ1完了により日欧間の相互接続模擬試験(2021年)
  - b. ESAにおけるフェーズ2完了により日欧間にて実衛星を用いた相互接続試験及びデモンストレーション(2024年)

##### (2) ローカル5Gバックホールの研究開発

- 衛星通信が地上通信インフラのない過疎地あるいは被災時に地上ネットワークが分断された場合に有効であることを念頭に、被災時のバックホール接続のアプリケーションを例として、ローカル5Gと衛星リンクを含むスライスに対する要求機能がSDN/NFVにより実装され、それぞれの要求条件を満足していることを機能評価、通信品質評価により確認。
  - a. フェーズ1に記載の特定のアプリケーションを優先させたネットワークスライシングによ

るインフラ設計及び評価（2021年）

被災時のトラフィック輻輳対策として緊急通信のネットワークスライシングによる優先制御技術をNSA（Non-standalone）及びSA（Standalone）方式において確立する。

- b. フェーズ2に記載の5Gバックホール接続のユースケースをサポートするネットワークスライシングによる実証実験（2024年）

ユースケースとして、緊急通信実証を始め被災時のリアルタイム高精細映像伝送あるいは、多地点の監視映像伝送において、トラフィック輻輳時の試験評価及びフィールド実験を行う。

## 5. アウトカム目標

衛星業界が本研究成果を活用して実用化を図ることを促進することが本委託研究の目的である。そのため、受託者は本委託研究終了後2年以内に事業化計画を立案することをアウトカム目標とする。

- ・ 2026年 事業化計画を立案

## 6. 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：2020年度（契約締結日）から2024年度

研究開発予算：各年度、総額60百万円（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。）

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。

## 7. 提案に当たっての留意点

- 具体的目標に関しては、定量的に提案書に記載すること。
- 研究開発成果の情報発信を積極的に行うこと。
- 本委託研究の遂行過程で得られる科学的なデータがあれば、広くオープンにするのが望ましい。公開できると想定する科学的なデータの有無と、有る場合には公開計画（例：公開するデータの種類、公開先、公開方法）を提案書に記載すること。
- 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。
- 本研究の実証実験において、地上ネットワークとして機構の超高速研究開発ネットワークテストベッド（JGN）を活用することが望ましい。
- 本委託研究のデモンストレーションを行うユースケースの検討に当たっては、機構で行う予定の民間企業等の潜在ユーザからのヒアリングの意見を反映すること。
- 本公募は2020年度予算の成立を前提に行うものであり、予算の成立状況によっては、研究開発課題等、公募内容に変更が生じる場合がありますので、あらかじめご了承ください。
- 2021年度以降について、機構の次期中長期目標の状況※及び予算の成立状況によっては、実施スケジュールや実施内容等の変更、調整が必要となる場合があることをあらか

じめご了承ください。

※次期中長期目標において、目標に含まれない研究開発課題については委託研究を終了することもあります。

## 8. 運営管理

- 機構と受託者の連携を図るため、代表提案者は、プロジェクトオフィサーの指示に基づき定期的に連絡調整会議を開催すること。なお、本研究開発課題は ESA のテストベッド開発の進捗に依存する研究計画であるため、ESA が計画どおりに進捗しない場合等不測の状況が発生した場合を考慮し、代表提案者は定期的な連絡調整会議以外に適宜、機構と会議や報告等を行い、適切に運営管理を行うこと。
- 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に開催すること。
- 社会情勢や研究環境の変化等、必要に応じて、プロジェクトオフィサーが研究計画書を変更する場合がありますので、留意すること。

## 9. 評価

- 機構は、2021 年度に中間評価を実施する。本評価結果により、当該年度で本委託研究を終了する場合がある（本委託研究の継続も含めて根本的に見直す可能性があることに留意すること。）。
- 機構は、2024 年度に終了評価を実施する。また、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。

## 10. 成果の社会実装等に向けた取組

- 実用化、事業化、社会実装に向けた出口戦略を明確にすること（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、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展示、標準化、オープンソース化等）を行う等、成果の社会実装等に向けて必要な取組を行うこと。
- 産学官連携体制の構築、研究開発の成果を参加企業等が実用化・事業化につなげる仕組みをビルトインすること。

## 11. プロジェクトオフィサー

ワイヤレスネットワーク総合研究センター 宇宙通信研究室 三浦 周

## 参考

### （1）欧州の活動状況

ESA は 2014 年以降、来たる 5G 時代において衛星通信を 5G に統合するための技術開発に

着手した。また、Horizon2020 では SaT5G プロジェクト\*1 が業界を中心としたメンバーで進められている。衛星-5G 統合に関する ESA のこれまでの活動は以下の通りである。

- ESA は ARTES プログラムの一つとして 2014 年 CloudSat プロジェクト\*2 を立ち上げ 5G のキー技術の一つである SDN/NFV の開発実証を行った。
- 上記開発に基づいて 2015 年より SATis5 プロジェクト\*3 を立ち上げ衛星-5G 統合に必要な技術開発を行い、実証試験とデモンストレーションを行うためのテストベッドを開発した。

\*1: <https://www.sat5g-project.eu/>

\*2: <https://artes.esa.int/projects/cloudsat>

\*3: <https://artes.esa.int/projects/satis5-0>

## (2) ESA の今後の計画

ESA は 2020 年より衛星のグローバルカバレッジの特長を生かして国際間接続の実証実験及びデモンストレーションを行う計画である。そこで ESA は、これまで開発してきた SATis5 のテストベッドの国際間接続を可能とするための開発を行い欧州・日本間の国際間接続を行う日欧共同の実証実験を機構に対し提案している。

## (3) 超高速研究開発ネットワークテストベッド (JGN)

JGN は、ICT 開発の基盤となる超高速研究開発ネットワークテストベッドであり、国内外のアクセスポイントを最大 100Gbps の広帯域な回線で接続し、Layer2/Layer3 接続、仮想化サービス、光テストベッド等の各種サービスを提供している。

<https://testbed.nict.go.jp/jgn/index.html>