

4-9 衛星 5G 接続システムの総合評価

4-9 Integrated Evaluation of the Satellite-5G Interconnected System

関口 真理子 阿部 侑真 三浦 周 中尾 彰宏

SEKIGUCHI Mariko, ABE Yuma, MIURA Amane, and NAKAO Akihiro

非地上系ネットワーク (Non-Terrestrial Networks: NTN) と 5G を接続したシステム (衛星 5G 接続システム) は、通信が脆弱な地域^{ぜいじやく}に対して、情報通信インフラを提供することを可能とし、緊急時の人命を支えるユースケースなど、新たなサービスの創出につなげられる。このようなサービスでは、様々な Quality of Service (QoS) 要件が求められる。この要件を衛星 5G 接続システムで満足させるためには、異なる通信品質特性を持つ複数の NTN 回線 (例えば、低軌道衛星や静止衛星、あるいは衛星コンステレーションにおける複数の経路) を適材適所に利用する必要がある。本稿では、このような課題に対し、NICT と東京大学が連携して構築したエンドツーエンド衛星 5G ネットワークスライシングシステムについて、その設計・実装内容と、ローカル 5G 及び擬似衛星局を利用したテストベッドによる総合評価の結果を紹介する。

A Non-Terrestrial Network (NTN) and 5G integrated communication system (satellite 5G system) can provide an infrastructure for unconnected areas, thereby enabling the creation of new services, including supporting human life during emergencies. The services have diverse Quality of Service (QoS) requirements. In order to deal with different QoS requirements, satellite communications with different communication quality characteristics (e.g., low earth orbit satellites and geostationary satellites, multiple routes in a satellite constellation) must be used in the right places. This paper introduces the design and implementation of an end-to-end Satellite-5G Integrated System, jointly developed by NICT and University of Tokyo to address these challenges, as well as evaluation results obtained using a testbed that integrates local 5G and an emulated satellite station.

1 まえがき

第 6 世代移動通信システム (6G) は、通信インフラとしての役割を超え Society 5.0 を支える社会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 [1]。特に、これまでの人々の生活圏を主にカバーするだけでなく、通信が脆弱な地域などの陸・海・空・宇宙を含むあらゆる場所で通信を可能とすること (超カバレッジ拡張) が求められている。超カバレッジ拡張が実現されることで、緊急時の人命を支える社会必須インフラになることや、海洋資源探査のようなこれまで困難とされてきた新たなサービスの創出 [2] につながることを期待できる。

平時や非常緊急時を問わず、我が国の通信インフラが脆弱な地域として、山岳地域や離島、あるいは人口希薄地帯などが挙げられる。これらの地域は、観光・産業振興の観点からその利活用が重要視される一方で、落石・噴火・豪雨・雪崩などの災害リスクを抱えてお

り、遭難や事故の発生も少なくない。これらの地域において安全・安心な活動を支援するためには、高精細な映像による危険地帯の監視や音声・映像によるリアルタイムな情報伝達が必要と言え、これらシステムを支える情報通信インフラの強化は喫緊の課題である。

情報通信インフラには、優先度や QoS 要件の異なる緊急通信や映像伝送が同時に混在する場合、優先制御が必要である。緊急通信として、双方向の音声信号伝送が考えられる。双方向の音声信号伝送において、違和感のない会話を実現するためには、エンドツーエンドで 150 msec 以下の遅延を達成することが求められる。一方で、データ量が小さいため必要とされる通信帯域は小さい [3]。高精細な映像による監視には、4K 解像度 30 fps フレームレートの映像伝送として約 10 ~ 20 Mbps の帯域が必要とされるが、音声ほど遅延がクリティカルな要件にはならない [4]。

上記の要件を満足する情報通信インフラを、通信インフラが未整備または脆弱な地域に展開するためには、

衛星通信に代表される非地上系ネットワーク (NTN) と 5G 通信に代表される地上系ネットワークを効果的に統合した新たな通信インフラを構築する必要がある。ここで、NTN は高度によって大きく異なる特徴を持つ。静止衛星 (GEO : Geostationary Earth Orbit) は、往復遅延 500 msec という高遅延だが、低軌道衛星 (LEO : Low Earth Orbit) と比較して総スループットが安定しているという特性を持つ。対して、LEO は、GEO と比較してスループットの変動が激しい傾向がある一方で、往復遅延が約数十 msec という低遅延の特性を持つ [5]。今後は、LEO と GEO を組み合わせた複雑な NTN 回線 (衛星回線) の活用も想定される。

このように、衛星通信と 5G を接続させ、遅延や帯域といった異なるアプリケーション要件を満足するためには、アプリケーション要件に応じて、衛星通信を適材適所に利用することが求められる。

しかしながら、現行の衛星 5G 接続システムには、アプリケーション要件に応じて、適用する衛星通信 (例えば、GEO と LEO) を選択できていないという課題がある。この原因として、5G 側はスライスを利用することによりアプリケーション要件を定義可能だが、各衛星通信の通信品質は把握することが困難であることが挙げられる。仮に衛星通信を選択できたとしても、適切な衛星通信にパケットを転送するためのルーティング機能が新たに必要となる。一方で、衛星通信は、ある特定の事業者が管理する衛星の範囲内であれば、衛星通信の品質を把握すること、適切な衛星経路を選択すること、選択された衛星へパケットを転送するルーティング機能を持つことは技術的に可能だが、衛星通信側の単独では、個別のアプリケーション要件の特定が困難である。

上記に示す課題の解決に向けて、筆者らは、先行研究 [6][7] にて、衛星 5G 接続システムのためのエンドツーエンドネットワークスライシング方式を提案している。本方式は、衛星通信が提供する通信品質 (Quality of Service (QoS)) クラスと、5G が提供する QoS クラスをマッピングし、エンドツーエンドで QoS 制御を可能とする方式である。なお、文献 [8] では、複数事業者の衛星を統一的に管理するオーケストレーション方式も検討しており、衛星通信側は複数事業者により構成されていても良い。本方式を利用することで、5G アプリケーション要件を可能な限り満足させることが実現される。ただし、これまでの先行研究では、この方式のコンセプト提案に留まっており、実システムへの適用や具体的な実装手段については十分に検討されていなかった。

そこで、NICT と東京大学は、本方式の実現に向けて、衛星通信と 5G の連携を可能とするインターフェー

スを検討・設計した。具体的には、衛星通信と 5G 間で QoS 制御要求を送受信するためのインターフェースや、制御メッセージに含める情報項目の定義などを行った。さらに、本方式の総合評価として、筆者らが所属する東京大学と NICT 本部 (東京都小金井市)・鹿島の 3 拠点を横断するテストベッドを構築し有効性検証を実施した。本テストベッドは、東京大学にローカル 5G システム (gNB と 5GC) を、NICT に擬似衛星通信システム (実機モデムを利用したエミュレータ) を展開し、衛星 5G 接続システムの連携動作及び有効性についての検証を行った。本稿では、これらの取組の概要とテストベッドによる実証結果について紹介する。なお、本稿は [7][8] での発表内容を一部抜粋・再構成したものであり、著作者の許諾の下掲載しており、引用元論文の著作権は電子情報通信学会に帰属する (Copyright (C) 2025 IEICE)。

2 提案システム

2.1 システムアーキテクチャ

1 に記載した先行研究 [6][7] の課題を解決するために、本稿にて、エンドツーエンドで QoS 制御を可能とする衛星 5G 接続システムを提案する。提案するシステムアーキテクチャを図 1 に示す。提案システムでは、NTN と 5G の連携を可能とするために、両システム側に NTN コントローラ及び 5G コントローラを新たに設置する。本コントローラの役割は、NTN、5G の相互における情報共有や QoS 制御のための制御メッセージの送受信を担うインターフェースである。5G の制御と比較して NTN の制御頻度が低い場合も想定し、メッセージの方向に寄らずに必ず 5G コントローラ側から NTN コントローラへの問い合わせによりメッセージの受け渡しが行なわれるポーリング方式を採用した。

図 1 に示すように、本衛星 5G 接続システムでは、複数経路を持つ NTN 回線を 5G のバックホールとして利用することを想定する。異なる通信品質を持つ NTN

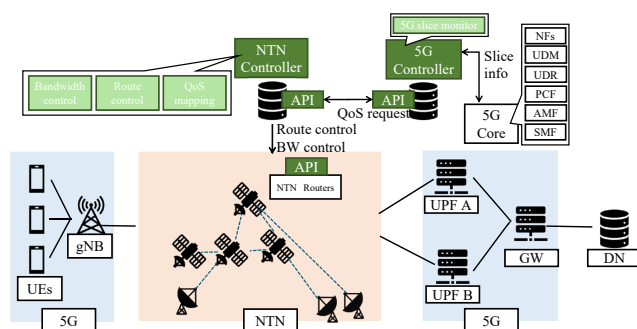


図 1 提案システムアーキテクチャ (緑ブロックが新規に追加した機能)

回線（例えば、LEO と GEO、あるいは LEO の複数経路）をアプリケーション要件に応じて適切に使い分けることにより、QoS 要件を満足するアプリケーション数の最大化を図る。この際、NTN 回線はデータプレーンと制御プレーンの両方に対して適用することとなる。

まず、データプレーンへの適用を議論する。データプレーンを流れるアプリケーションの QoS 要件に応じて NTN 回線を使い分けるためには、パケットに QoS 要件（またはそれに紐づくネットワークスライス）に応じた識別子が付与されている必要がある。gNB と UPF 間のユーザプレーントンネル（N3 インタフェース）においては、GTP-U トンネルの外側に付加される IP ヘッダ（いわゆる outer IP header）に含まれる IP アドレスや DSCP 値を識別子として用いることが考えられる。本システムでは実装の簡易性を考慮し、5G の QoS 要件群とスライス ID 及びスライス ID と UPF が 1 対 1 に対応しているという前提の下、IP アドレスのみを識別子として採用した。NTN 側は、経路分岐ノード（図中では NTN Router と記載）において、どの NTN 回線にアプリケーショントラフィックを転送するか、経路制御機能を持つ必要がある。この際、経路制御機能は、Software Defined Networking (SDN) に基づき、NTN コントローラから Application Programming Interface (API) を介して自動設定、更新できるようにする。これは、NTN と 5G 間の QoS マッピングが一意に確定するわけではなく、運用ポリシー（例えば、NTN 回線の輻輳による別回線へのオフロードする場合など）によって変更されることを想定しているためである。運用ポリシーに応じて手動で設定することは、システムの利便性の低下やヒューマンエラーによる障害の恐れがあり、自動設定・更新できることが望ましい。

次に、制御プレーンへの適用を議論する。制御信号としては、gNB と 5GC 間でやり取りする 5G に係る制御信号に加え、NTN コントローラと NTN 地上局や NTN Router 間の制御信号が存在する。これら制御信号は、配置に応じて NTN 回線を介してやり取りする必要がある。5G コントローラと NTN コントローラ間は、地上系ネットワークで接続されていることを想定する。

2.2 連携インターフェース

エンドツーエンドで QoS 制御を可能とするためには、新たに制御プレーン上のインターフェースや制御メッセージを定義する必要がある。今回定義するインターフェースを図 2 に示す。図の上部に記載しているインターフェースが 5G 起因により 5G から NTN に対して制御メッセージを送信するシナリオで、図の下部

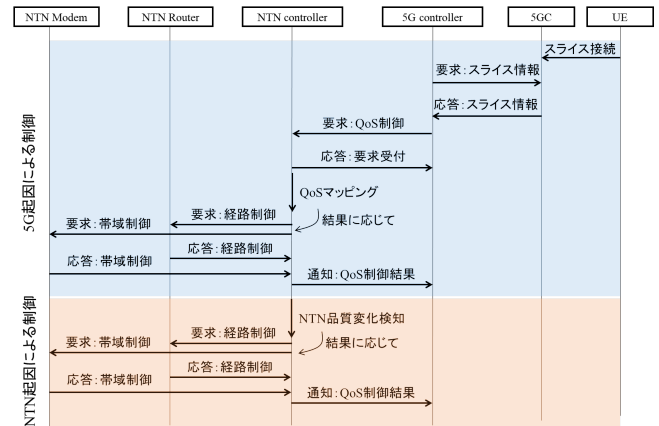


図 2 NTN・5G 連携のためのインターフェース

に記載しているものが NTN 起因により NTN 内で制御メッセージを送信するシナリオである。

前者の 5G からトリガーをかけるシナリオは、UE から 5G に対して新規のアプリケーションの接続要求（スライス要求）が発生した際に、アプリケーション要件に基づく QoS マッピングを行い、適切な NTN 回線へ収容するための経路制御を NTN へと依頼するシーケンスを持つ。この際、NTN 回線の帯域を動的に制御可能な衛星通信システムに対しては、アプリケーションが必要とする帯域を NTN コントローラへ通知することにより、必要な帯域をオンデマンドに割当することも可能となる。

後者の NTN からトリガーをかけるシナリオは、NTN 側で制御した結果を通知するシーケンスを持つ。本シーケンスは、NTN 側の通信品質等の状態変化に応じて、QoS マッピングのポリシーが変更になった場合や、割当帯域に変更があった場合など、NTN 側の事情により制御をする必要がある際に利用する。

本インターフェースにおいて、NTN と 5G の間で以下の情報を通知し、NTN 回線の選択及び QoS 制御を実現する。

- ・スライス情報：5G のスライス ID (NSSAI) 及び 5QI。NTN 側との QoS マッピングに利用される。
- ・IP アドレス情報：gNB 及びスライス ID と対応する UPF の N3 インタフェースの IP アドレス。NTN Router における経路制御の識別子に利用される。
- ・アプリケーション要件情報：アプリケーションが必要とする帯域（上り・下りの両方向）。5QI 情報と合わせ NTN 側の経路制御や QoS 制御に利用される。

2.3 提案システムの実装

本提案システムのプロトタイプとして、5G コントローラ、NTN コントローラ、NTN Router、各種 API を設計し、ソフトウェア実装する。

5G コントローラは、5G に接続されている UE 情報、スライス情報、UPF 情報について、AMF や SMF の 3GPP で規定されている API を利用し、情報取得し管理する。実装した提案システムでは、スライス情報の管理のしやすさの観点で、スライスごとに UPF を分ける構成を取ることとする。これにより、UPF に対して、どのようなスライスが提供されているのか、当該スライスに対して何台の UE 端末が利用しているのか、といった情報を一元管理することが可能となる。これらの情報をもとに、2.2 で定義したインターフェースを活用し、NTN 側に QoS 制御要求を行う。

NTN コントローラは、5G からの QoS 制御要求に対して、ポリシーに従い QoS マッピング(= どの NTN 回線を適用するかを選択)を行い、マッピング結果に基づき、NTN 回線内のノードに対して経路制御の指示を発行する。その際、5G から帯域要求があった場合は、対象となる NTN 回線に対して帯域制御を実施する。さらに、各 NTN 回線の利用状況もモニタリングする。これにより、NTN 回線の輻輳や障害をいち早く検知し、QoS マッピングのポリシーを動的に変更することで、他の NTN 回線へオフロードを実現し、システム全体の信頼性向上を図ることも可能となる。NTN 回線内の複数のデータプレーンを構成する場合、必ずしも NTN 区間の両端点で分岐する必要はないが、今回の実装では図 3 に示すように、地上から分岐する複数の NTN 経路を想定し、経路制御を行う NTN Router を地上に設置した。

各種 API は、Python の Flask を活用し Web API としてソフトウェア実装する。また、NTN Router における経路制御は、Ubuntu の IP コマンドを利用し実装する。UL 方向の経路制御には宛先 IP アドレスを、DL 方向の経路制御には送信元 IP アドレスをそれぞれ利用することで、双方向通信における経路制御を実現している。衛星リンクのモニタリングにおいては、衛星リンクに該当するネットワークインターフェースの入出力パケット数及びデータ数を NTN Router にて収集

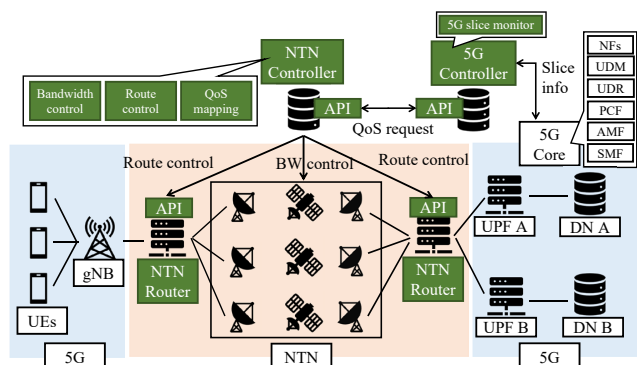


図3 実装システムアーキテクチャ(緑ブロックが新規に追加した機能)

し、NTN コントローラへと通知する。パケットカウン
トには同じく IP コマンドを、通知には MQTT プロト
コルを採用している。

3 提案システムの評価実験

3.1 評估環境

提案システムの有効性を示すために構築した評価環境を図4に示す。図に示すように、本環境は、東京大学と NICT を横断する衛星 5G テストベッド環境となっている。東京大学側には、gNB 及び 5GC で構成されたローカル 5G システム、5G コントローラ、NTN 回線を模擬するネットワークエミュレータをそれぞれ実装する。ローカル 5G システムは、UERANSIM [10] 及び free5GC [11] で構築する。

NICT 鹿島側には、技術試験衛星 9 号機 (ETS-9) を想定したフレキシビリティ機能を持つ擬似衛星局と実機の衛星モデムで構成される鹿島衛星エミュレータ環境を構築する。また、NICT 本部 (小金井) 側には、NTN コントローラを実装する。

東京大学と NICT 鹿島・本部(小金井)間は超高速研究開発ネットワークテストベッド JGN [12] を接続し、JGN を介する NTN コントローラと 5G コントローラ間の通信や、gNB と 5GC 間への鹿島衛星エミュレータ環境挿入を実現する。なお、東京大学に設置しているネットワークエミュレータは、通過する IP パケットに対し帯域と遅延を模擬する簡易なもので、鹿島衛星エミュレータとは異なる NTN 回線を模擬する。鹿島衛星エミュレータ環境は、帯域と遅延を模擬することに加えて、衛星通信用の通信プロトコルも適用されており、実際の衛星通信に同等の環境となっている。

この衛星 5G テストベッド上に **2** にて説明した提案手法を実装し、提案手法の有効性を評価する。評価するにあたり、二つの評価シナリオを設定する。なお、

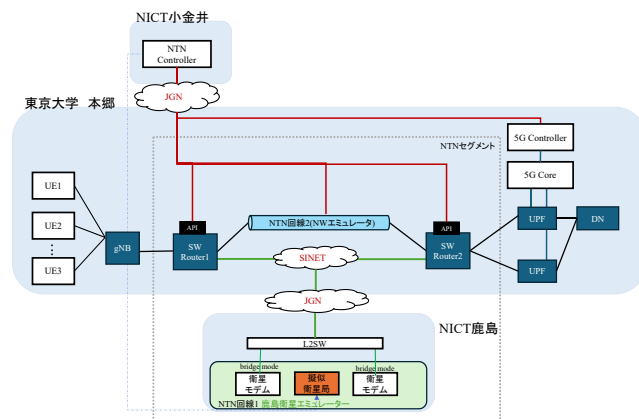


図4 東京大学(本郷)とNICT本部(小金井)・鹿島の三拠点を横断する衛星5Gテストベッド環境

NTN 回線は、NTN 回線 1 (鹿島衛星エミュレータ) と NTN 回線 2 (簡易ネットワークエミュレータ) の二種類を用意する。NTN 回線 1 は GEO (ETS-9) を想定し、遅延を 250 msec に、上りの帯域は要求に応じてオンデマンドに設定する。NTN 回線 2 は LEO を想定し、遅延を 20 msec に、上りの帯域は 10 Mbps に固定的に設定する。

3.2 評価シナリオ①：アプリケーション要件に応じた衛星回線の自動選択

評価シナリオ①では、提案手法により、アプリケーション要件に対して適切に NTN 回線 (NTN 1, NTN 2) を選択できるかどうかを検証する。本シナリオでは、UE からのアプリケーション要件は既知とし、5G ネットワークスライスの 5QI に紐づけて定義する。

表 1 に各 UE が要求するアプリケーション要件 (帯域と遅延)、5QI、収容する NTN リンクの一覧を示す。UE1 と UE3 は、モニタリングを想定する監視カメラによる映像配信を、UE2 は、現場の状況のリアルタイムな情報共有を行う Web 会議をそれぞれ想定する。

UE は、30 秒ごとに 1 台ずつ追加していき、UE から 5G への接続要求を 5G コントローラで検知し、UE が要求するスライス情報を取得する。5G コントローラはその要求を検知したタイミングで NTN コントローラに対して QoS 制御を要求する。NTN コントローラは、QoS マッピングに基づき、設定した NTN 回線に正しく収容するため NTN Router に対して経路制御を行う。なお、QoS マッピングのポリシーであるマッピング先 (5QI に対して NTN 1 と NTN 2 のどちらの NTN 回線を利用するか) は、事前に設定しておくものとする。

アプリケーショントラヒックは、iPerf3 を利用した UDP トラヒックや Ping パケットを送信することで模擬し、各 UE が表に示す帯域及び遅延が達成できているかを検証する。iPerf3 の受信サーバは、UPF に接続されている DN サーバに設置する。

3.3 評価シナリオ②：UE のトラヒック要求に応じた動的な帯域制御

評価シナリオ②では、提案手法により、UE からの

表 1 各 UE が要求するアプリケーション要件 (帯域と遅延)、5QI、収容する衛星リンクの一覧

	帯域	遅延	5QI	収容 NTN 回線
UE1	15 Mbps	無し	6	NTN 1
UE2	5 Mbps	150 msec 以下	7	NTN 2
UE3	15 Mbps	無し	6	NTN 1

帯域要求に対して、オンデマンドに帯域制御すること、可能な限り UE からの要求を満足できることを示す。UE 台数は、最大 4 台とする。各 UE は、約 30 秒ごとに 5G にアタッチし帯域要求を行う。要求する帯域は例として 30 Mbps とする。評価シナリオ①と同様に、UE のアタッチ及びスライス要求を 5G コントローラにて検知し、検知するたびに NTN コントローラに対して帯域要求のメッセージを送信する。NTN コントローラ側は、5G からの帯域要求に従い、NTN 回線のリンク帯域を制御する。

帯域制御において、NTN コントローラが常に 5G からの要求に対して満足できないことも想定される。そこで、要求帯域に対して最大上限を設定し、要求を棄却するシナリオも検証する。今回、帯域制御可能な最大上限値を 115 Mbps に設定する。そのため、4 台の UE がそれぞれ 30 Mbps ずつ要求 (合計 120 Mbps) を出す場合において、UE からの要求が満足できないこととなる。

なお、本シナリオにおいて、UE からの QoS 要求として 5QI = 6 に統一し、QoS マッピングによってすべて NTN 回線 1 (GEO である ETS-9 を想定) に収容するように設定する。評価シナリオ①と同様に、UE では iPerf3 を利用し要求帯域分の UDP トラヒックを常に生成する。iPerf3 の受信サーバは、UPF に接続されている DN サーバに設置する。

4 評価結果

4.1 評価シナリオ①の結果

図 5 に、各 NTN 回線 (NTN 1 及び NTN 2) に流れる iPerf3 の受信スループットの時間推移を、図 6 に実験時の NTN コントローラの運用画面を示す。図 5 に示すように、UE の接続に応じて、表 1 に示す帯域分を各 NTN 回線が利用していることがわかる。その際、

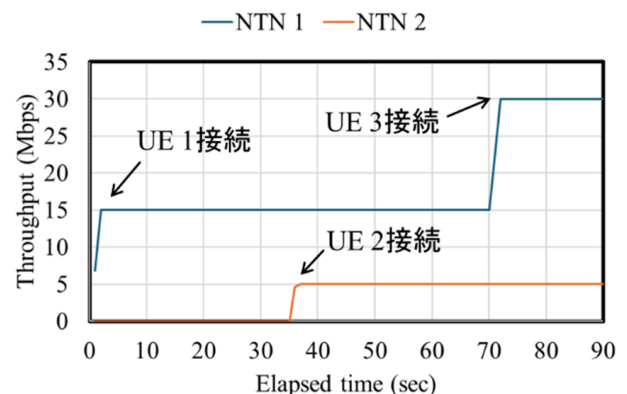


図 5 各 NTN 回線を流れる iPerf3 のスループット推移

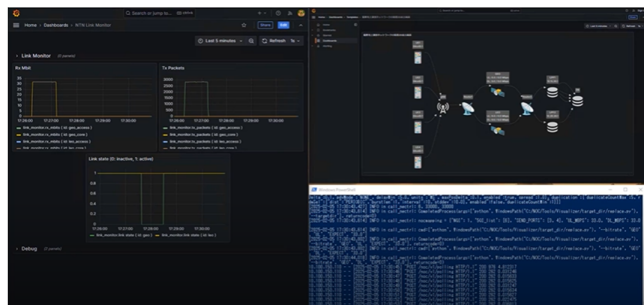


図6 NTNコントローラの運用画面(左: NTN Router でのモニタリング結果、右上: 選択経路の可視化、右下: NTN コントローラのログ)

UE 単位で観測している受信スループット (UE1, UE3: 15 Mbps, UE2: 5 Mbps) や RTT 結果 (UE1, UE3: 506 msec, UE2: 45.6 msec) も表 1 の要件を満足していることを確認している。本結果から、提案手法により、各 UE が提示する QoS 要件を満足する NTN 回線を適切に選択し利用可能であることが確認できる。

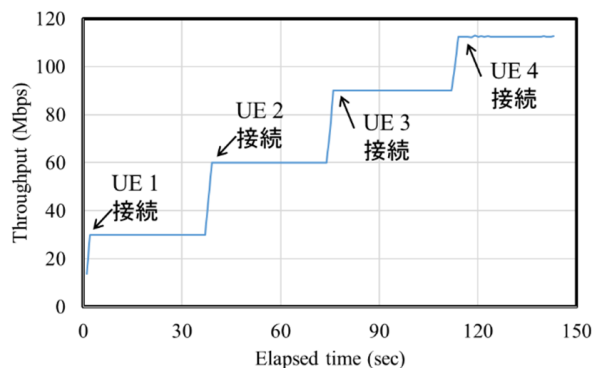
4.2 評価シナリオ②の結果

図 7 (a) に、NTN 回線を通る iPerf3 のスループット推移を、図 7 (b) に、各 UE で達成される iPerf3 の受信スループットをそれぞれ示す。図より、UE の接続イベントに応じて、NTN 回線に対して要求帯域が割り当てられ、各 UE の帯域要求値である 30 Mbps を UE の増加に対しても維持できていることがわかる。ただし、4 台目の UE が接続された場合、今回 NTN 回線側では、割当可能帯域の最大値を超過するため、最大値である 115 Mbps が割り当てられている。その結果、4 台すべての UE の帯域要求を満足することができず、複数の UE の受信スループットが 30 Mbps から下回るようになる。この結果は、5G からの NTN 回線に対する帯域割当要求が必ずしも常に満足できないことを示すものであり、提案手法の挙動としては意図するとおりである。

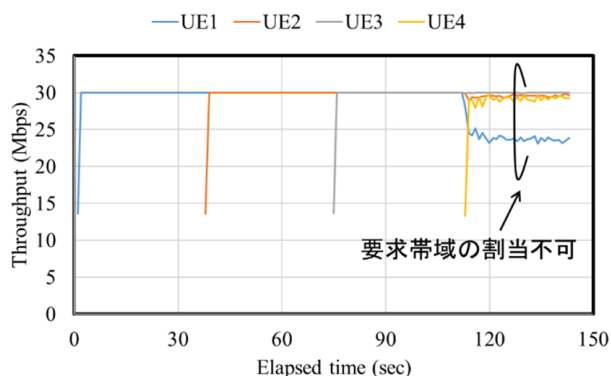
以上の結果から、提案手法により、UE の帯域要求に応じて、NTN 回線にて適切に帯域制御が実行され、可能な限り UE の帯域要求を満足することが実現された。

4.3 評価結果のまとめ

テストベッド上で提案手法の有効性を検証した結果、5G QoS Identifier (5QI) に基づくアプリケーションの QoS 要求に対し、設計者が定めたポリシーに従って、適切に衛星通信システムを選択できることが確認された。また、衛星通信に対してオンデマンドで帯域制御を実施することで、遅延及び帯域という異なる 2 つの QoS 要件を可能な限り満足できることを示した。



(a) NTN 回線を通る iPerf3 のスループット推移



(b) 各 UE の iPerf3 の受信スループット推移

図7 評価シナリオ②の評価結果

5 まとめ

NTN と 5G の統合が進展する中で、今後さらに多様な NTN の登場が見込まれる。それに伴い、物理的な接続性の確保にとどまらず、異なる通信要求を持つユーザトラヒックを、異なる特性を有する複数の NTN 回線に対していかに柔軟かつ適切に割り当てるかが、重要な技術課題となる。本稿では、その解決に向けた取組の一例として、NTN と 5G を連携させるインターフェースを備えた、エンドツーエンド衛星 5G ネットワークスライシングシステムの概要と、ローカル 5G 及び擬似衛星局を用いたテストベッド上での総合的な評価結果について紹介した。今後の発展に向けては、トラヒック予測や経路予測といった予測要素の導入及び回線の安定性や変動といった NTN 特有の通信品質情報の活用が、有望な拡張方向として挙げられる。これにより、より高度な経路制御やスライス管理の実現が期待される。

謝辞

本研究の一部は、総務省「電波資源拡大のための研究開発 (JPJ000254)」の「多様なユースケースに対応するための Ka 帯衛星の制御に関する研究開発」の支援を受けたものです。

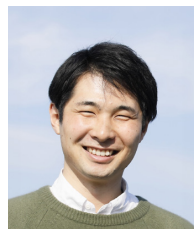
【参考文献】

- 1 総務省, “Beyond 5G 推進戦略,” [online], https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf
- 2 総務省, “海洋資源調査のための次世代衛星通信技術に関する研究開発,” [online], https://www.soumu.go.jp/main_content/000397918.pdf
- 3 ITU-T G.114, [online]: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.114/en>
- 4 J.-K. Yun, et al., “Edge Media Server for Real-Time 4K Video Streaming with Multiple 5G-Enabled Drones,” ICTC 2023, Oct. 2023.
- 5 鈴木 彩音, 金井 謙治, 中尾 彰宏, “富士山におけるローカル 5G との接続に向けた低軌道衛星通信の通信品質評価” 信学技報, vol.123, no.148, IN2023-26, pp.52-57, 2023 年 8 月.
- 6 阿部 侑真, 関口 真理子, 三浦 周, “多様なユースケースに対応するための Ka 帯衛星の制御に関する研究開発—衛星地上接続システムにおけるネットワークスライシングの検討—,” 電子情報通信学会総合大会, B-3-11, 2023.
- 7 金井 謙治, 関口 真理子, 福元 徳広, 三浦 周, 中尾 彰宏, “衛星 5G 接続システムのためのネットワークスライシング方式の検討,” 電子情報通信学会総合大会, B-6-12, 2024 年.
- 8 金井 謙治, 関口 真理子, 福元 徳広, 三浦 周, 中尾 彰宏, “多様なアプリケーション要件を実現するエンドツーエンド衛星 5G ネットワークスライシング,” 信学技報, vol.124, no.419, NS2024-260, pp.378-383, 2025 年 3 月.
- 9 阿部 侑真, 関口 真理子, 大津留 豪, 三浦 周, 辻 宏之, “複数事業者の存在下における非地上系ネットワークのオーケストレーション方式の一検討,” 第 68 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 2024.
- 10 UERANSIM [online], <https://github.com/aligungr/UERANSIM>
- 11 free5GC [online], <https://free5gc.org/>
- 12 JGN [online], <https://testbed.nict.go.jp/jgn/>



関口 真理子 (せきぐち まりこ)

ネットワーク研究所
ワイヤレスネットワーク研究センター
宇宙通信システム研究室
主任研究技術員
衛星通信



阿部 侑真 (あべ ゆうま)

ネットワーク研究所
ワイヤレスネットワーク研究センター
宇宙通信システム研究室
主任研究員
博士 (工学)
宇宙通信、ネットワーク最適化、制御工学
【受賞歴】
2021 年 第 36 回電気通信普及財団賞
テレコムシステム技術学生賞 入賞
2018 年 2018 年度計測自動制御学会 論文賞・
武田賞



三浦 周 (みうら あまね)

ネットワーク研究所
ワイヤレスネットワーク研究センター
宇宙通信システム研究室
室長
博士 (情報科学)
衛星通信システム、アンテナ
【受賞歴】
2017 年 日本 ITU 協会賞 奨励賞受賞
2016 年 電子情報通信学会通信ソサイエティ
活動功労賞
2016 年 電子情報通信学会通信ソサイエティ
優秀論文賞



中尾 彰宏 (なかお あきひろ)

東京大学大学院工学系研究科
教授
Ph.D.
次世代サイバーインフラストラクチャー、
Beyond5G、5G・ローカル 5G、超知性ネッ
トワーク、地域創生
【受賞歴】
2020 年 電子情報通信学会 業績賞
2017 年 ドコモ・モバイルサイエンス賞 (先端
技術部門)
2016 年 日本 ITU 協会賞 国際活動奨励賞 (功
績賞分野)