

モバイル SINET による双方向映像伝送の評価実験 Evaluation experiment of bidirectional video transmission using Mobile SINET

小林 寛弥[†] 丹羽 直也[†] 岩崎 裕江[†]
Hiroya Kobayashi Naoya Niwa Hiroe Iwasaki

1. はじめに

近年、スポーツ中継やライブ配信をはじめとするリアルタイム映像配信サービスが多様化し、その利用が拡大している。これらのサービスにおいて、視聴者に提供されるエンターテインメント性をさらに高めるための技術革新が求められており、特にクラウドベースのリアルタイム映像編集を取り入れたライブエンターテインメント制作が大きな注目を集めている。

このような制作形態を実現するためには、クラウド上で編集された映像を撮影現場へ低遅延で送り返すための、極めて迅速な双方向映像伝送技術が不可欠となる。しかしながら、撮影現場とクラウド間を結ぶ高帯域な固定回線の敷設は、その高額なコストが導入の大きな障壁となっている。この課題を解決する手段として、固定回線に代わる柔軟かつ経済的な選択肢として、移動体通信技術を活用した双方向映像伝送システムの導入が強く期待されている。

本稿では、このリアルタイム映像編集を目的とした双方向映像伝送の実現に向けた取り組みとして、モバイル SINET を用いた伝送実験の評価結果について報告する。

2. モバイル SINET と課題

SINET (学術情報ネットワーク) は、国立情報学研究所 (NII) が構築・運用している大学などの学術機関向けネットワークである。2022 年から運用が始まった SINET6 は、400Gbps の回線でネットワークバックボーンを構成し、約 1000 機関に及ぶ大学や研究機関等に学術情報基盤を提供している[1]。

NII は、この SINET へモバイル網から接続するためのモバイル SINET を運用し、実証実験を行っている。モバイル SINET は、既存の民間移動体通信キャリアのネットワークと SINET を接続し、移動端末から SINET に接続した研究拠点 (大学など) の間に VPN を構築するサービスである。これにより、移動端末と研究拠点の間のセキュアな接続が、追加的なソフトウェアを必要とせず可能となる。SINET6 に付随するモバイル SINET は 5G に対応しており、より高速で低遅延な通信が可能である。この特徴を活かし、移動式実験施設による遠隔病理診断のための手術映像伝送や、ドローンからの高精細映像伝送など、幅広い用途で研究が進められている[2][3]。

モバイル SINET による移動端末とのセキュア VPN は、その低遅延性を活かした双方向映像伝送によるライブエンターテインメント制作への応用も期待できる。ところが、移動体通信を内包しているモバイル SINET は通信の向きにより性能特性が異なり、その違いが双方向映像伝送に与える



図 1: 映像データの流れ

影響は明らかになっていないという課題がある。

3. 実験方法

本実験では、モバイル SINET の性能特性を明らかにするために、双方向映像伝送を行い、通信路の挙動を分析した。図 1 に示すようにエンコーダー及びデコーダーを搭載した移動端末を 5G 移動体通信網、トランスコーダーを編集拠点に設置し SINET6 経由でモバイル SINET に接続した映像配信システムを構築し、その性能評価を行った。

伝送する映像データには FHD 映像を H.264/AVC で符号化されたビットストリームを使用した。移動端末でのエンコーダーには libx264 を、編集拠点でのトランスコーダーには NVDEC 及び NVENC を用いてデコードとエンコードとを行い、折り返し配信を行った。映像ストリーミングにはリアルタイム映像伝送向けプロトコルである RTMP を用いた。なお、本実験では移動端末から編集拠点への経路を上り、逆を下りとした。

モバイル SINET の上りおよび下り性能を評価するため、伝送する映像の目標ビットレートをスループットが飽和するまで段階的に引き上げた。移動端末と編集拠点の両方でパケットキャプチャを実施、キャプチャデータを用いて送信側と受信側のパケットが一致する箇所を比較することで、片方向遅延およびスループットの測定・評価を行った。

4. 実験結果

4.1 スループット

上り伝送におけるスループットの変化を図 2 に示す。目標ビットレートの増加に伴い、測定されたスループットも増加する傾向が確認された。しかし、目標ビットレート 7Mbps 以降で約 6Mbps に収束する傾向が見られた。この結果から、本実験環境の上り回線における実効帯域が約 6Mbps であることが分かった。

下り伝送におけるスループットの変化を図 3 に示す。入力映像の目標ビットレートの増加に伴い測定スループットは増加する傾向を示し、目標ビットレートが約 50Mbps に収束する傾向が見られた。この結果から、本実験環境の下り回線における実効帯域が約 50Mbps であることが分かった。

[†] 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

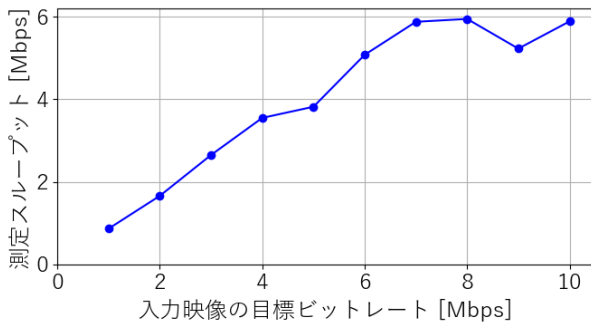


図2：上り伝送におけるスループットの変化

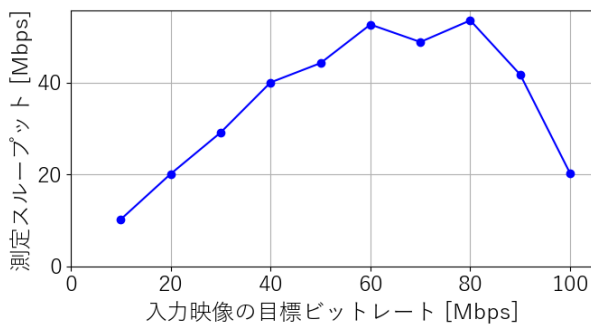


図3：下り伝送におけるスループットの変化

4.2 パケット遅延

目標ビットレート 7Mbps のパケットの遅延ヒストグラムを図4に示す。平均パケット遅延は、約 43.1 ミリ秒、最大の遅延は 207 ミリ秒だった。

上り伝送における平均パケット遅延を図5に示す。目標ビットレートが 5Mbps 以下では遅延が比較的変動しているが、目標ビットレートが 6Mbps を超えると、遅延が比較的稳定している傾向が見られる。

下り伝送における平均パケット遅延を図6に示す。目標ビットレートが 60Mbps 以下では遅延が比較的変動しているが、目標ビットレートが約 60Mbps を超えると、遅延が比較的稳定している傾向が見られる。

この結果は、上り回線の実効帯域が目標ビットレート 7Mbps、下り回線の実効帯域が目標ビットレート 60Mbps の時であるため、それ以上の目標ビットレートの映像を入力しても、ネットワークが処理できるデータ量に上限があり、結果として遅延が大きく変動することなく、一定の範囲に収束する可能性がある。帯域が飽和することで、それ以上のデータが送られてパケットロスが発生し、結果として伝送効率が落ちるものの、遅延としては安定した値を示していると考えられる。

5. おわりに

本稿では、クラウドベースのリアルタイム映像編集に不可欠な双方向映像伝送技術の実現に向け、モバイル SINET を用いた伝送実験の性能評価を実施した。モバイル SINET を用いて、エンコーダーとトランスコーダーを接続し、RTMP サーバー経由での映像伝送における平均パケット遅延とスループットを測定した。実験の結果、上り及び下り回線における実効帯域は、それぞれ約 6Mbps と約 50Mbps

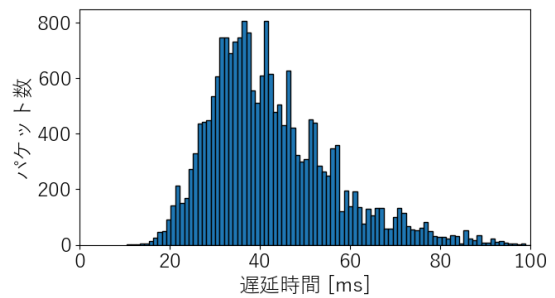


図4：7Mbps のパケットの遅延ヒストグラム

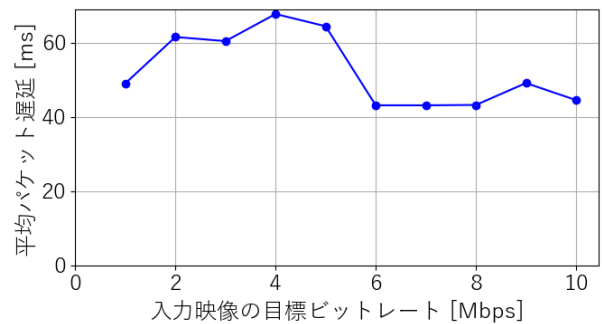


図5：上り伝送における平均パケット遅延

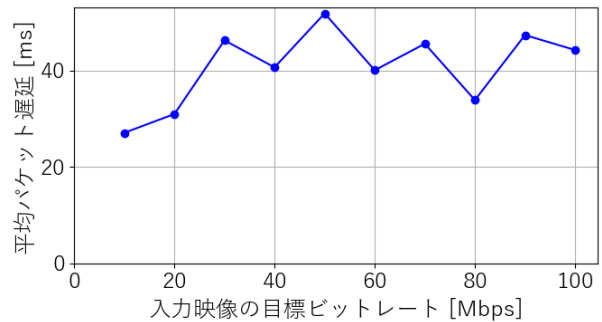


図6：下り伝送における平均パケット遅延

に収束することを確認した。これらの帯域上限の特性を踏まえた上で、上りおよび下り伝送における平均パケット遅延時間も評価し、帯域が飽和した場合の遅延挙動について考察した。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 23K24827、24K20751 及び一般財団法人テレコム先端技術研究支援センター(SCAT)、公益財団法人放送文化基金、公益財団法人電気普及財団、2024 年度国立情報学研究所公募型共同研究 (24S0103、24S108) の支援による。

参考文献

- [1] 国立情報学研究所, “学術情報ネットワークとは”, <https://www.sinet.ad.jp/aboutsinet/> (最終閲覧日 2025 年 6 月 13 日)
- [2] 国立情報学研究所, “SINET への 5G モバイル導”, https://www.nii.ac.jp/event/upload/nii_seminar_axies2022-3.pdf (最終閲覧日 2025 年 6 月 13 日)
- [3] 国立情報学研究所, “地震後の建物応急危険度判定におけるモバイル SINET を活用したデータ収集”, <https://www.sinet.ad.jp/case/tokyo-jishinken-mobile/> (最終閲覧日 2025 年 6 月 13 日)