

6Y-07

マルチメディアストリーミングに向けた NTN 基礎実験

石岡 卓将[†] 周 恩平[†] 小林 真[‡] 藤橋 卓也[†] Md. Abdul Alim^{‡†}
 猿渡 俊介[†] 西 正博[‡] 渡辺 尚[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科 [‡] 広島市立大学大学院情報科学研究科 ^{‡†} Khulna University

1 はじめに

第6世代移動通信システム (6G: 6th Generation Mobile Communication System) における重要な技術として、非地上系ネットワーク (NTN: Non-Terrestrial Network) が注目されている [1]. NTN の 6G での利活用を考えると、IoT の小規模耐遅延データだけではなく、映像・XR の大規模即時系データなどのマルチメディア伝送を収容する必要がある。本稿では、現状の NTN におけるマルチメディア伝送に対する課題を確認することを目的として、地上ネットワーク (TN: Terrestrial Network) との比較を行う。

2 非地上ネットワークの利活用

NTN は、通信衛星や飛行船、ドローン等から構成される地球規模の通信基盤である。特に、静止軌道上に配置された衛星を用いた通信は、従来より、航空機・船舶などの特殊な環境における通信インフラとして利用されてきた。近年はマイクロ衛星技術で数十機を一回で配置可能となったことから、次世代 6G 通信の重要要素として注目されている。例えば、上空 100m 程度の LAP (Low Altitude Platform), 1000m 程度の HAP (High Altitude Platform), 1000km 程度の LEO (Low Earth Orbit) などが数万機単位で打ち上げられ、NTN の一般化が進んでいる。

近年の NTN の一般化によって、TN では対応が困難であった海上や山間部などへの広範囲な通信サービスの提供、都市部における災害時の一時的なネットワークの構築が期待されている。例えば、1 台の LEO の通信範囲は直径数 km であるため、領域内に存在する数 1000~数万の端末との通信が可能である。また、特に LEO のような低軌道通信衛星では伝搬遅延が小さく、地上ネットワークと比べて障害物等による物理的制約が少ないことから、リアルタイム性が必要となる遠隔手術や遠隔運転等のインタラクティブ映像伝送への応用も期待されている。

3 評価

3.1 実験環境

現状の NTN の通信性能を検証することを目的として、NTN と TN との比較を行った。NTN には STARLINK を用いた。図 1 に実験環境を示す。実験は図 1 (a) の衛星アンテナおよびルータを大阪大学情報科学研究科研究棟の屋上に設置して行った。図 1 (b) に実験時のネットワーク構成を示す。本実験環境では、通信事業者が所有する地上局を経由して、任意の地上の接続先と通信を行う。100.64.0.0/10 は通信事業者が利用する NAT 用のアドレスである。また、149.19.109.14 は通信事業者が所有する地上局である。

3.2 遅延

NTN の低遅延性を検証することを目的として、ICMP (Internet Control Message Protocol) による疎通確認を用いた RTT (Round-Trip-Time) の計測を行った。実験では、広島市立大学、バングラデシュの Khulna University に設置したサーバに対して ICMP 通信を 10,000 回行って、平均 RTT を取得した。

表 1 に NTN と TN を利用した場合の RTT をそれぞれ示す。表 1 より、TN に比べて NTN を用いた場合に、広島市立大学で約 38 ms, Khulna University で約 120 ms 平均 RTT が増加した。現在の NTN では、衛星間通信ではなく、衛星を介した TN による通信をおこなっているため、TN に比べて遅延が増加する。

3.3 通信速度

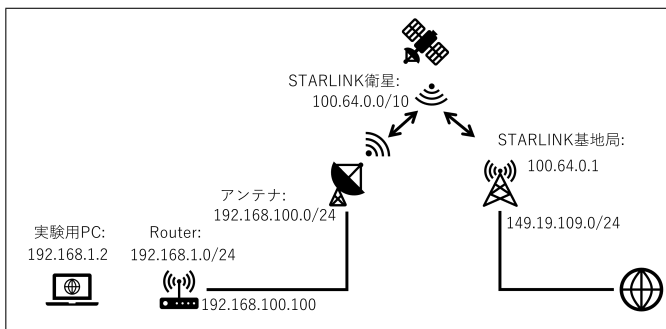
3.3.1 平均通信速度

NTN の広帯域性を検証することを目的として、TCP 通信によるネットワークの通信速度の計測を行った。実験では、広島市立大学、Khulna University に設置したサーバに対して、1,000 秒間の平均通信速度を取得した。

表 2 に NTN と TN の平均通信速度をそれぞれ示す。表 2



(a) 衛星アンテナとルータ



(b) 実験時のネットワーク構成

図 1: 実験環境

より、TN に比べて NTN を用いた場合に、平均通信速度が広島市立大学のサーバで約 72 Mbps 低下したのに対して、Khulna University のサーバでは約 0.51 Mbps 低下した。現在の NTN は衛星間ではなく、地上局を中継した TN による通信を行っているため、衛星と地上アンテナ間の通信部分がボトルネックとなって通信速度を低下させていると考えられる。低軌道通信衛星で期待されている遠隔手術において 8K ライブ映像伝送を行う場合、約 40 Mbps [2] のビットレートが必要となるため、現在の NTN を介した通信では十分なトラフィック量が達成されない場合がある。

3.3.2 ウィンドウサイズの影響

NTN における最適なフロー制御を検討することを目的として、TCP 通信のウィンドウサイズを変更して通信速度の計測を行った。ウィンドウサイズは 100, 200, 300, 400 KB とした。実験では、東京の AWS に設置したサーバに対して、1,000 秒間の通信速度を取得した。

表 3 に NTN と TN におけるウィンドウサイズ毎の平均通信速度を示す。表 3 より、TN ではウィンドウサイズが 200 KB であるときに平均通信速度が最大となった。図 2 (a) に TN における通信速度の累積分布を示す。400 KB の場合に通信速度が 80 Mbps 以上である期間が最も長くなったが、200 KB の場合にのみ通信速度が 100 Mbps 以上となった。ウィンドウサイズが大きくなることで輻輳が発生して、伝送効率が低下したと考えられる。一方で、表 3 より、NTN ではウィンドウサイズが 400 KB である場合に平均通信速度が最大となった。図 2 (b) に NTN における通信速度の累積分布を示す。図 2 (b) より、ウィンドウサイズを大きくするにしたがって、通信速度が高い期間が長くなった。NTN では、TN に比べて大きなウィンドウサイズを設定することで、通信速度が向上する可能性がある。

4 おわりに

NTN は地理的な情報格差や非常時の一時的な通信網としてだけでなく、マルチメディア伝送への適用も期待される技術である。実験の結果、NTN を用いたマルチメディア

表 1: 平均 RTT [ms] の比較

	NTN	TN
広島市立大学/大阪大学 間	47.4	8.8
Khulna University/大阪大学 間	248.0	128.5

表 2: 平均通信速度 [Mbps] の比較

	NTN	TN
広島市立大学/大阪大学 間	8.34	80.2
Khulna University/大阪大学 間	2.17	2.68

表 3: ウィンドウサイズ毎の平均通信速度 [Mbps] の比較

	100KB	200KB	300KB	400KB
NTN	44.2	184	96.6	93.7
TN	6.56	9.46	10.4	11.4

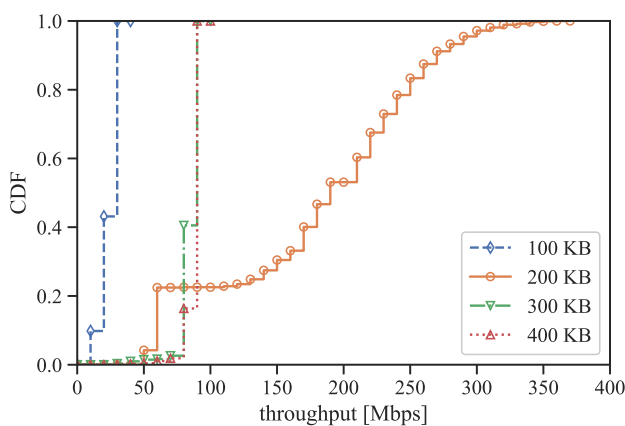
伝送には、広帯域性に課題があることが分かった。全二重無線通信等の技術を用いた高効率なリソース割り当てを行うメディアアクセス方式などの開発により、衛星と地上アンテナ間の通信速度を向上することが必要である。また、本稿で利用した NTN は衛星を介して TN を利用するため、遅延は TN のみを利用した場合よりも増加することが分かった。将来的には衛星間リレーなどで直線的な通信経路を構築することによる低遅延化が期待される。

謝辞

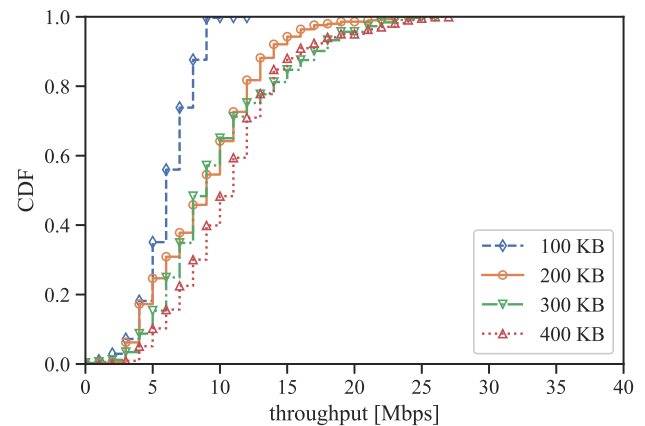
本研究は JSPS 科研費 JP19H01101, 東北大学電気通信研究所の支援の下で行った。

参考文献

- [1] M. Giordani and M. Zorzi, "Non-Terrestrial networks in the 6G era: Challenges and opportunities," IEEE Network, vol.35, no.2, pp.244–251, April 2021.
- [2] "VVC 対応のリアルタイムコーデックを用いた 8k ライブ伝送の実証実験に成功". URL: <https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2021/041901.html> [Accessed 4 January 2023].



(a) TN



(b) NTN

図 2: 通信速度の累積分布