

超高速衛星回線を有効利用する基盤技術の研究開発（０９２３０８００２） A Study on Basic Technologies for Effective Utilization of Super High-Speed Satellite Links

研究代表者

石田 賢治 広島市立大学大学院情報科学研究科
Kenji Ishida Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

研究分担者

高野 知佐[†] 舟阪 淳一[†] 小畑 博靖[†]
Chisa Takano[†] Junichi Funasaka[†] Hiroyasu Obata[†]
[†]広島市立大学大学院情報科学研究科
[†]Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

研究期間 平成 21 年度～平成 22 年度

概要

超高速インターネット衛星 WINDS などにより、衛星回線速度もギガビット級になりつつある。従来のトランスポート層プロトコルである TCP では、超高速衛星回線の性能を十分引き出すことが困難である。本研究では超高速インターネット衛星 WINDS を利用して、超高速衛星回線用 TCP の開発、および、従来 TCP と開発 TCP を相互変換する代理サーバ技術の研究開発を行う。

Abstract

The satellite link speed becomes larger by the advances of wireless communication technologies such as a high-speed communication satellite WINDS. However, it is difficult for the traditional transport protocol TCP to obtain sufficient performance over the satellite links. In this study, we develop a new TCP variant for super high-speed satellite links by using WINDS. In addition, this study also develops a new TCP proxy mechanism that accelerates the performance of the traditional TCP.

1. まえがき

超高速インターネット衛星 WINDS などにより、衛星回線の速度もギガビット級になりつつある。しかしながら、従来のトランスポート層プロトコルである TCP (Transmission Control Protocol) では、超高速衛星回線の性能を十分引き出すことが困難である。本研究では超高速インターネット衛星 WINDS を利用して、超高速衛星回線用 TCP の開発、および、従来 TCP と開発 TCP を相互変換する代理サーバ技術の研究開発を行う。まず、WINDS を考慮した超高速衛星回線用 TCP の開発を行う。次に、従来 TCP と提案 TCP を相互変換する代理サーバ技術の研究開発を行う。開発技術を用いることにより、ユーザは超高速衛星回線の恩恵を受けることが可能となる。本報告書では、研究開発成果を簡単にまとめる。

2. 研究内容及び成果

2.1. 超高速衛星回線に適した TCP-STAR の実証実験

超高速衛星回線用に我々が開発した TCP 輻輳制御方式 TCP-STAR の実装および実証実験を実施した。実験は、茨城県つくば市 JAXA 筑波宇宙センターや茨城県鹿嶋市 NICT 鹿島宇宙技術センターなどで実施した。

平成 21 年の実験では、地球局として HDR (High Data Rate) -VSAT と可搬型 VSAT を利用した。送信端末から受信端末へのデータが通過する回線の帯域は 42Mbit/s、受信端末から送信端末への確認応答 (ACK) が通過する回線の帯域は 6.9Mbit/s が JAXA により割り当てられた。実験では、TCP-STAR の比較対象として、既存技術の中では最も衛星回線に適していると指摘されている TCP-Hybla と従来 TCP の TCP-NewReno を用いた。また、最大性能を評価するため、コネクション数は 1 とし、

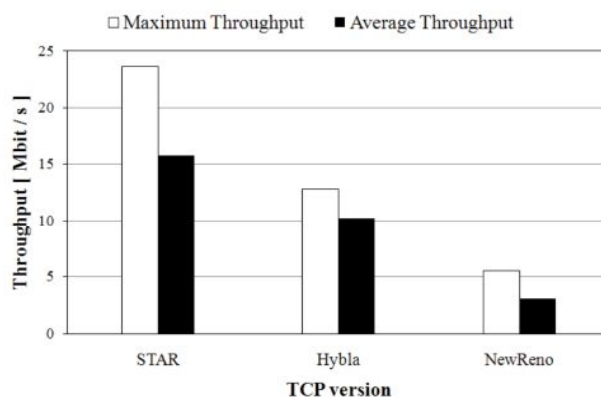


図 1 TCP-STAR の実験結果

ネットワーク評価ツール iperf を利用して TCP トラフィックを発生させた。図 1 はパケットロスが発生する環境（ロス率 0.74%）における各 TCP の最大・平均スループットを示す。図 1 より、TCP-STAR は最も高いスループットが得られることが分かった。

また、平成 22 年の実験では、WINDS の最大帯域を利用可能な大型地球局 (LET、送信側) と超高速小型地球局 (SDR-VSAT、受信側) を利用した環境においてスループットを評価した。本環境では、送信端末から受信端末へのデータが通過する回線の帯域は 462Mbit/s、受信端末から送信端末への確認応答 (ACK) が通過する回線の帯域は 66Mbit/s である。また、本環境の平均往復遅延時間 (RTT) は 517ms、平均パケットロス率は 0.0005% であった。実験では、TCP のトラフィックを iperf を利用して 10 分間発生させた。次に、本実験で得られた値と従来の衛星回線を利用した TCP 通信におけるスループット性能の比較を行った。従来の記録は、NASA の ACTS (Advanced

Communications Technology Satellite) を利用した 127.87Mbit/s であった。一方、TCP-STAR を用いた本実験で得られた値は、281.93Mbit/s であり、従来の記録を大幅に更新していることが明らかとなった。

2.2. 超高速衛星回線に適した代理サーバ技術 TCP-gSTAR の開発および実証実験

まず、TCP-STAR の実証実験結果を考慮して、従来 TCP と提案 TCP (TCP-STAR) を相互変換する代理サーバ技術 (TCP-gSTAR) の開発および実装を行った。開発した代理サーバ技術では、TCP-STAR の輻輳制御に加えて、通信中に測定したパケットロス率に応じてデータ転送方法の変更を行う。具体的には、パケット長制御と再送制御選択機能を持つ。これにより、衛星回線で発生するビット誤りによるパケットロスに対してより効果的な転送が行える。

次に、開発した TCP-gSTAR の実証実験を行った。実験は、茨城県つくば市 JAXA 筑波宇宙センター、東京都小金井市 NICT、および、茨城県つくば市 JAXA 筑波宇宙センターにて実施した。ここでは、実証実験結果の一部を示す。実験では、図 2 のように、地球局として HDR-VSAT と可搬型 VSAT を利用し、それぞれの端末をイーサネットで接続した。送信端末側は HDR-VSAT を接続し、受信端末側は可搬型 VSAT を接続した。送信端末から受信端末へ向けての回線帯域は 96Mbit/s、受信端末から送信端末へ向けての回線帯域は 9.2Mbit/s が JAXA により割り当てられた。実験では、iperf を利用して 90 秒間の TCP フロアヒックを発生させた。最大性能を評価するため、フロー数は 1 とした。比較対象の TCP として、TCP-Hybla、地上無線回線用の TCP-Veno、Linux OS の標準 TCP である CUBIC TCP、および、TCP-NewReno を利用した。また、比較対象の TCP はエンドツーエンドの制御であるため、代理サーバで動作させた。なお、送受信端末の TCP は TCP-NewReno である。実験では、地球局の送信出力を調整し、パケットロスが発生する環境でスループットの評価を行った。

図 3 は各 TCP の平均スループットを示す。図 3 より、パケットロスが頻発する BER (Bit Error Rate) が高い場合 (10^{-7} 、 10^{-6})、TCP-gSTAR は最も高いスループットが得られている。これは、TCP-gSTAR のパケット長制御と再送制御選択機能が上手く動作しているためである。また、パケットロスの発生が少ない BER が 10^{-8} の場合、TCP-gSTAR は TCP-Hybla よりも若干スループットが低くなっている。これは、TCP-gSTAR のパケット長制御が動作しパケット長が一時的に小さくなったことが原因である。しかし、TCP-gSTAR のパラメータ設定を調節することで、TCP-Hybla と同等のスループットが得られると考えられる。

3. むすび

まず、WINDS を利用して超高速衛星回線用 TCP として開発した TCP-STAR の実証実験を行った。その結果、従来 TCP と比較して高いスループットが得られることを確認した。また、WINDS の地球局として最高性能を誇る大型地球局 (LET) を利用した実証実験では、TCP-STAR のスループットは、衛星回線を利用した TCP 通信における従来の最高速度と言われている NASA の衛星 (ACTS : Advanced Communications Technology Satellite) を利用した 127.87Mbit/s を上回る速度 281.93Mbit/s となり、従来記録を大幅に更新していることが分かった。

次に、WINDS を利用した TCP-STAR の実証実験の結

果を考慮して、従来 TCP と提案 TCP (TCP-STAR) を相互変換する代理サーバ技術 (TCP-gSTAR) の開発、実装を行った。WINDS を利用して代理サーバ技術 (TCP-gSTAR) の実証実験を行った結果、パケットロス率が高い環境において、従来技術よりも高いスループットが得られることを確認した。

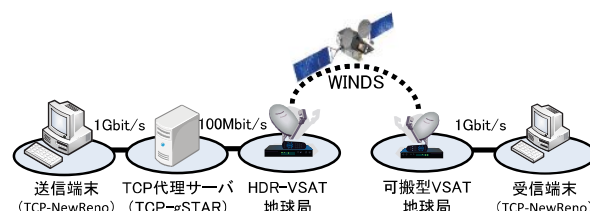


図 2 TCP-gSTAR の評価実験環境

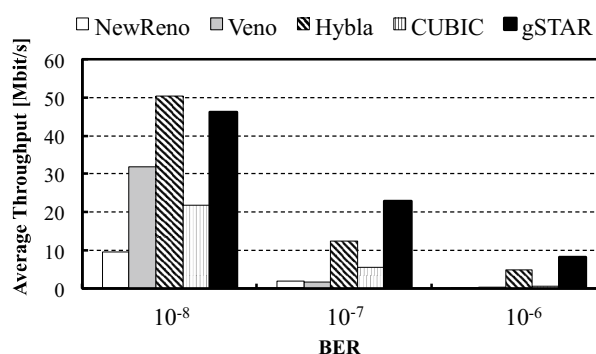


図 3 TCP-gSTAR の実験結果 (平均スループット)

【誌上発表リスト】

- [1]Hiroyasu Obata, Kazuya Tamehiro, and Kenji Ishida, "Experimental Evaluation of TCP-STAR for Satellite Internet over WINDS," IEEE The tenth international workshop on assurance in distributed systems and networks (ADSN 2011) , pp.605-610 (Kobe, Japan) (H23.6.30)
- [2]小畑 博靖, 別所 正昭, 石田 賢治, 高野 知佐, 舟阪 淳一, "高速衛星回線に適した TCP プロキシ機構 TCP-gSTAR の実験的評価," 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, IN2010-203 (宜野湾市) (H23.3.4)
- [3]爲廣 和也, 小畑 博靖, 石田 賢治, 高野 知佐, 舟阪 淳一, "超高速インターネット衛星 WINDS における複数フローを考慮した TCP 輻輳制御方式の評価," 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, IN2010-35 (札幌市) (H22.7.9)

【報道発表リスト】

- [1] "通信プロトコル TCP 毎秒 281.9 メガビットを達成," 日刊工業新聞 (紙面) , 平成 23 年 3 月 29 日
- [2] "広島市大、通信プロトコル「TCP」で 毎秒 281.9 メガビット達成," 日刊工業新聞 (ホームページ掲載) , 平成 23 年 3 月 29 日
- [3] "広島市大、通信プロトコル「TCP」で 毎秒 281.9 メガビット達成," 朝日新聞 (ホームページ掲載) , 平成 23 年 3 月 29 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.net.info.hiroshima-cu.ac.jp/SCOPE/>