

LL_001

外海離島における衛星インターネット回線品質の評価

Evaluation of satellite Internet service at open sea islands

大山 翔† Shoh OHYAMA
 升屋 正人‡ Masato MASUYA

1 まえがき

衛星インターネットサービスは、離島や山間部など都市部から離れた条件不利地域においてインターネットへのブロードバンド接続を実現するための有効な手段と考えられている。2005年4月よりジェイサット株式会社による法人向け衛星インターネットサービスが開始され、下り最大5 Mbps 上り最大1 Mbpsの帯域であれば月額100,000円、下り最大15 Mbps 上り最大2 Mbpsの帯域であれば月額200,000円での利用が可能になった。沖縄県伊江村など、このサービスを利用して公共施設のインターネット接続を行っている自治体もある。

しかし、衛星回線を用いたIP通信においては伝送遅延の問題がある。この影響はTCP通信において特に大きい。これを回避するため、衛星インターネットサービスではTCPアクセラレータを同時に提供するのが一般的となっており、ジェイサット株式会社のサービスにおいてもTCPアクセラレータUDgatewayの使用が前提となっている。これにより伝送遅延の問題をいくらか軽減できることになる。ところが、実利用環境下で定量的にTCPアクセラレータの効果を測定した例はこれまで報告されていない。また、衛星回線は降雨の影響や風によるパラボラアンテナのずれなどにより途絶する可能性があるが、どの程度の頻度で通信途絶が起こり得るのかについても報告されていない。

そこで本研究では、UDgatewayを経由する場合と経由しない場合のTCP/UDP帯域とWWWサーバアクセスの応答時間の測定を行うとともに、63日に渡って伝送遅延の測定を継続的に行い、衛星インターネットサービスの実用可能性を定量的に検証した。測定は、鹿児島県の諏訪之瀬島に衛星インターネット設備を設置し、小中学校の職員室ネットワークのインターネット接続回線として実際に利用する中で行った。

2 諏訪之瀬島について

諏訪之瀬島は屋久島と奄美大島のほぼ中間に位置する周囲27.2 km、面積27.7 km²の火山島で、鹿児島県十島村を構成する7つの有人離島の一つである。鹿児島港との間に村営船「フェリーとしま」が不定期就航しており、鹿児島港から諏訪之瀬島切石港までは約9時間35分かかる。現在のところわが国で最も活動的な火山で、頻繁に噴煙を上げており集落では降灰も観測される。冬季においては北西の季節風が強く、降灰の影響もあって衛星インターネットサービスを安定して利用できるかど

うかが懸念される地域である。現在のところブロードバンド回線は整備されていない。

3 測定環境

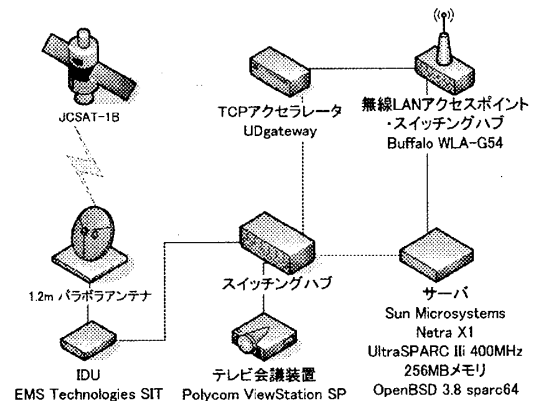


図1 機器構成

実際の利用環境に近い状態で測定を行うため、機器構成は図1の通りとした。IDU配下はグローバルネットワーク、UDgateway配下はプライベートネットワークとなる。小中学校の職員室ネットワークは、無線LANアクセスポイント・スイッチングハブの配下に接続し、UDgatewayを経由してのインターネットアクセスを可能とした。測定用のサーバとしては2つのネットワークインターフェースを持つ機器を置き、ルーティングテーブルを書き換えることによりUDgatewayの有無による測定を可能とした。

パラボラアンテナの設置場所は、十島村立平島小中学校諏訪之瀬島分校の屋上の北緯29度36.686分、東経129度41.968分である。北西季節風の影響を低減するため、建物の東壁の側に設置した。通信に利用する衛星JCSAT-1Bは東経150度に位置しているため、パラボラアンテナの東側方向には障害となる樹木や建物等は存在していない。

4 通信帯域の測定

鹿児島大学に設置した機器（Pentium 4 2.4 GHz、512 MBメモリ、OpenBSD 3.8）との間で、iperf 2.0.2を用いてウィンドウサイズを64 KBとした時のTCP帯域を測定した結果を表1に示す。下りは鹿児島大学から諏訪之瀬島に向けた通信、上りは諏訪之瀬島から鹿児島大学に向けた通信を示す。測定は60秒間を10回行った。このとき、諏訪之瀬島に設置したサーバからping -c 10により測定した機器間のRTTの平均は675.7ミリ秒であった。パケットロスはない。

† 鹿児島大学大学院理工学研究科, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

‡ 鹿児島大学学術情報基盤センター, Computing and Communications Center, Kagoshima University

表1 TCP 帯域 (Kbps)

向き	最小値	最大値	平均値	標準偏差	中央値
下り	440	662	617.4	74.46	652
上り	137	409	254.4	113.42	209.5

理論的な TCP 帯域は TCP ウィンドウサイズ ÷ RTT で求めることができるが、TCP ウィンドウサイズの最大値が 64KB であることから、RTT が 675.7 ミリ秒のネットワークにおいては、775.9 Kbps が理論的な最大 TCP 帯域となる。ところが TCP 帯域の平均値を見ると、下り 627.4 Kbps、上り 254.4 Kbps とこれを下回る。また、SSH プロトコルを用いて 2,971 KB のファイルを 3 回転送した際の平均の帯域は下り 163.2 Kbps、上り 105.6 Kbps であった。ウィンドウサイズが変動する実際の通信では理論値を大きく下回る TCP 帯域しか確保できず、ブロードバンドと言える帯域ではない。

UDP 帯域は伝送遅延の影響を受けないが、可能な帯域を超えて UDP パケットを送信すると到達しない UDP パケットが発生する。UDP 帯域を次第に大きくしながら 10 秒間の送信を繰り返し行い、UDP パケットのロス率が 0% となる最大の UDP 帯域を求めたところ、下り 1,620 Kbps、上り 1,050 Kbps となった。IP 電話や 300 Kbps 程度の映像ストリーミングの視聴といった UDP 通信の利用は可能であると考えられる。

4.1 TCP アクセラレータの効果

TCP アクセラレータ UDgateway を経由した場合の TCP 帯域を、経由しない場合と同じ条件で測定した結果を表 2 に示す。諏訪之瀬島側がプライベートネットワークとなるため、諏訪之瀬島から鹿児島大学に向けた上り通信のみ測定した。

表2 UDgateway を介した TCP 帯域 (Kbps)

向き	最小値	最大値	平均値	標準偏差	中央値
上り	1,881	2,117	2,064	69.34	2,085

TCP 帯域が大幅に改善され平均 2,064 Kbps とかろうじてブロードバンドと云ってよい帯域になる。UDP 帯域についても TCP アクセラレータを経由しない場合と同じ条件で測定したところ、上り 1,556 Kbps となった。TCP アクセラレータは UDP 通信には影響しないはずであるが、若干の改善が見られた。

5 WWW サーバ応答時間の測定

諏訪之瀬島に設置したサーバから echoping 5.2.0 を用いて鹿児島大学の WWW サーバの応答時間を 10 回測定した結果を表 3 に示す。UDgateway には HTTP コンテンツキャッシュ機能があるため、UDgateway 経由の測定に際しては、echoping -a としてキャッシュを利用しない設定で測定を行った。

TCP 帯域の測定時と同様、UDgateway により応答速度が大幅に改善されている。ただし、九州通信ネットワーク株式会社のブロードバンドサービス BBIQ の回線に接続した機器から同じ測定を行うと平均 0.33 秒で

表3 http://www.kagoshima-u.ac.jp/の応答時間 (秒)

UDgateway	最小値	最大値	平均値	標準偏差	中央値
なし	3.48	3.64	3.52	0.06	3.50
あり	1.75	2.79	1.94	0.32	1.80

あり、一般的なブロードバンド接続サービスとは 5 倍以上の差があることになる。

6 RTT の長期変動測定

通信の安定性を確認するため、2006 年 2 月 23 日から 4 月 26 日までの 63 日間、ping -c 10 を 5 分おきに実行し、RTT の測定を 17,581 回行った。測定結果を図 2 に示す。

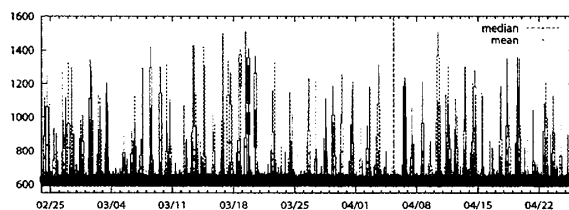


図2 2006年2月23日から4月26日のRTT変動の箱ひげ図。x軸は時刻、y軸はRTT(ミリ秒)である。

パケットロスがなかったのは 17,510 回、99.596% であり、十分に安定した通信を行うことができると言える。パケットロスが見られた 71 回のうち、パケットロスが 1 であるのが半数以上の 38 回あり、10 個すべてのパケットを失ったのは 17 回、0.0967% であった。

測定した期間に限って言えば、降灰、天候条件や回線の使用状況と RTT の変動の間に相関は認められない。ただし、衛星インターネット回線は雷雲により通信が途絶することが経験的に知られている。今後、梅雨や台風の時期における通信の安定性についても検討の必要があるものと思われる。

7 まとめ

衛星インターネットサービスは 2 月から 4 月にかけては外海離島においても天候や降灰の影響がほとんどなく、安定した通信を行うことができる。通信帯域については、TCP アクセラレータにより TCP 通信については改善が見られるものの、ブロードバンドと云えるほどの帯域はない。電子メールや WWW サイトアクセスなど、遅延が影響しない利用であれば複数世帯での共用も無理ではないが、ブロードバンドコンテンツと同時にアクセスできるのは一世帯程度にとどまるものと考えられる。日常的に利用した小中学校の教職員によれば、画像などを添付した電子メールの送受信環境が大幅に改善されたとのことであった。

謝辞

本研究の一部は、総務省の戦略的情報通信研究開発制度 (SCOPE) の支援により実施したものである。