

IP over Satellite の研究を振り返って

東北大学 大学院情報科学研究科
教授 加藤 寧

1990年代に入ってから、衛星通信システムは音声、動画の中継に加え、インターネットアクセスの提供が重要な役割として期待されるようになった。特に近年、単なるベントパイプ型の接続の提供にとどまらず、IP機能を積極的に衛星に搭載することにより、シームレスかつ柔軟なインターネット接続を実現しようとする動きが加速している。本稿では、私達が衛星通信に関わるようになったきっかけと現在行っている研究の状況について紹介する。

筆者が衛星通信に関わるようになったのは、1992年頃からであった。当時、東北大学大型計算機センター根元義章教授(現在東北大学理事)の研究室で助手を務めており、我が国の実験衛星 ETS-V を使ったパートナーズ計画が佳境に入った時期と重なる。この頃、インターネットはまだ黎明期であり、アジア汎太平洋の国々が高い関心を寄せて強く要望していたものの1つが ETS-V を用いたインターネット接続であった。

私達のグループは早速これに応えるべくネットワーク接続に関する検討に入った。当時 CRL の移動体通信室室長の浜本直和氏や鈴木龍太郎氏の御協力を仰ぎ、東北大学大型計算機センターに実験環境を整備して頂いた(図1)。

その後、非常に少ない財源状況の中、私達はパソコンをパーツから組立て、フリーソフトを元に point-to-point (PPP) の IP 接続ソフトを開発し、ETS-V の RS232C (9.6kbps) インターフェースを介してインターネットの接続に成功した。図2は当時の ETS-V を介したネットワークの構成を示している。

その後、早速自作の IP 接続ソフトをタイ、パプアニューギニアなどの参加国に配布し、定期的な実験や技術指導を行った。図3は1993年に開発したシステムをタイで実際に利用して実験を行った当時の様子である。これは、IP over Satellite としては日本で初めての実験であり、恐らく当時世界でもあまり類を見ない試みであった。記録メディアとしてフロッピーしかなかった時代であったため、開発したシステムは30枚を超えるディスクに分散記録するしかなく、インストールするのに半日以上かかり、一苦勞であったことは今でも鮮明に覚えている。

かくして衛星通信の分野に足を踏み入れたわけであるが、パートナーズ計画の実験が終了した後は実機を用いる実験環境がなくなり、専らシミュレーションベースの実験を多く手懸けるようになった。幸いにして、近年多くの高機能シミュレータの登場により、実環境とは少し異なるが、それに準じた実験が可能になり、IP over Satellite の実験をコツコツと続けてきている。次に最近研究している幾つかの話題を紹介する。

静止(GEO)衛星については、TCP/IPを適用する際に遅延が長いという問題があった。TCP/IPはネットワークの混雑を避けるため、まず小さいウィンドサイズで通信をスタートさせ、徐々に通信速度を上げる。そのため、通信路を使い切るまでに時間を要し、結果的に通信効率が上がら

ないという問題があった。これは、スタート時のウインドサイズを調整することにより改善可能であるが、最近では、通信の状況をリアルタイムでモニタリングし、適切なウインドサイズで通信をスタートさせる方法も多く提案されている。

TCP/IP を GEO 衛星に適用するのはさほど難しくはないが、低軌道(LEO)衛星のような常時移動する衛星システムとなると話は別である。LEO 衛星システムでモバイルユーザをサポートする場合、衛星の移動に起因するハンドオーバーと、ユーザ自身の移動により発生するハンドオーバーがある。いずれの場合も巧く対処しなければならない。これには近隣衛星による情報交換が不可欠で、そのアルゴリズムの検討が重要である。

LEO 衛星で IP を導入する場合のもう一つの問題はトラヒックの負荷分散である。一般的に、衛星が周回しながら、陸地、特に都市の上空を通過するとき、トラヒックが混雑する傾向にある。一方、海上を通過するときはトラヒックの密度が低くなると考えられる。このため、トラヒックの遅延やジッターなどの性質に応じた適切なルーティングアルゴリズムを検討し、混雑の迂回を可能にすることが必要不可欠である。また、迂回が成功しても、トラヒックが集中する分岐点のような衛星ノードが存在する場合がある。このとき、当該ノードにおいてトラヒックの状況を考慮し、各コネクションを制御することが必要になる。各コネクションの制御に当たっては、公平性と帯域の使用率という2つの指標があるが、これらをともに満たすような制御方式が望まれる。

上で述べた問題は、IP over Satellite を考える上で最も厄介な部分に当たる。これらの問題への対処方法として、私達のグループは幾つかの提案を行ってきた。紙幅の都合上詳細は割愛するが、興味のある読者は文末の文献を参照されたい。

折しも WINDS の打ち上げが成功し、IP over Satellite の新たな展開が可能な状況になりつつある。振り返ってみると、ETS-V の IP 実験から既に 15 年以上の歳月が流れており、IP そのものを取り巻く環境も大きく変化してきている。地上では NGN などのキーワードが踊っている昨今、WINDS には、単なる高速な IP コネクションの提供よりも、地上とのシームレスな連携による優れた QoS の提供など、一歩踏み込んだ画期的な成果が期待できるかもしれない。

参考文献

- (1) Yoshiaki Nemoto, Naokazu Hamamoto, Ryutaro Suzuki, Tetsushi Ikegami, Yukio Hashimoto, Toshiyuki Ide, Kohei Ohta, Glenn Mansfield, and Nei Kato, "Construction and Utilization Experiment of Multimedia Education System Using Satellite ETS-V and Internet," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E80-D, No. 2, pp. 162-169, 1997.
- (2) Tarik Taleb, Nei Kato, and Yoshiaki Nemoto, "REFWA: An Efficient and Fair Congestion Control Scheme for LEO Satellite Networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 14, No. 5, pp. 1031-1044, Oct. 2006.
- (3) Tarik Taleb, Nei Kato, and Yoshiaki Nemoto, "Recent Trends in IP/NGEO Satellite Communication System: Transport, Routing, and Mobility Management Concerns," IEEE Wireless Communications Magazine, pp. 63-69, Oct. 2005.



図1 東北大学に設置された ETS-V の地球局のアンテナ

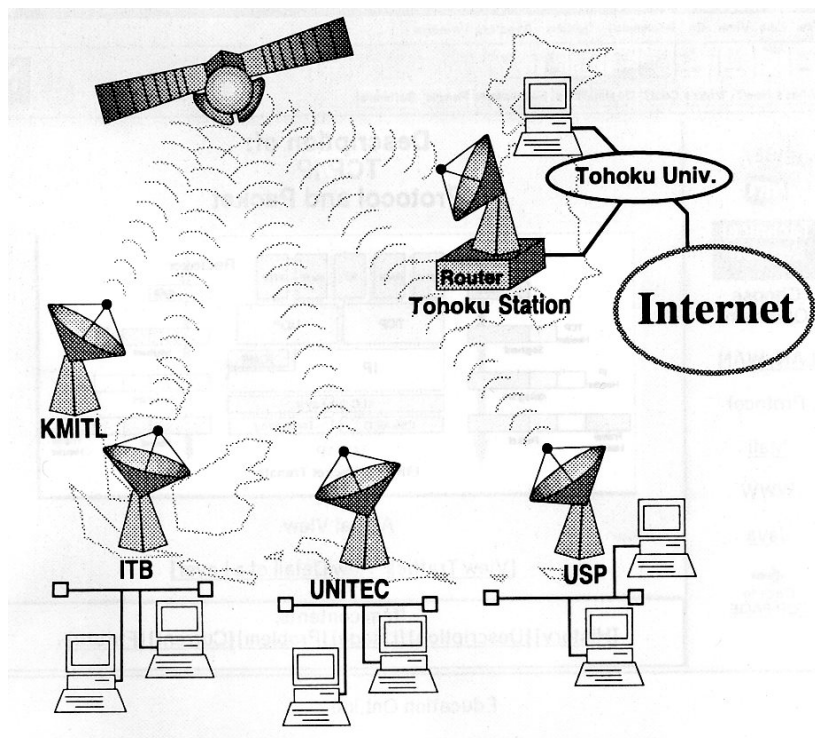


図2 ETS-V を介したアジア・汎太平洋IPネットワークの構成図

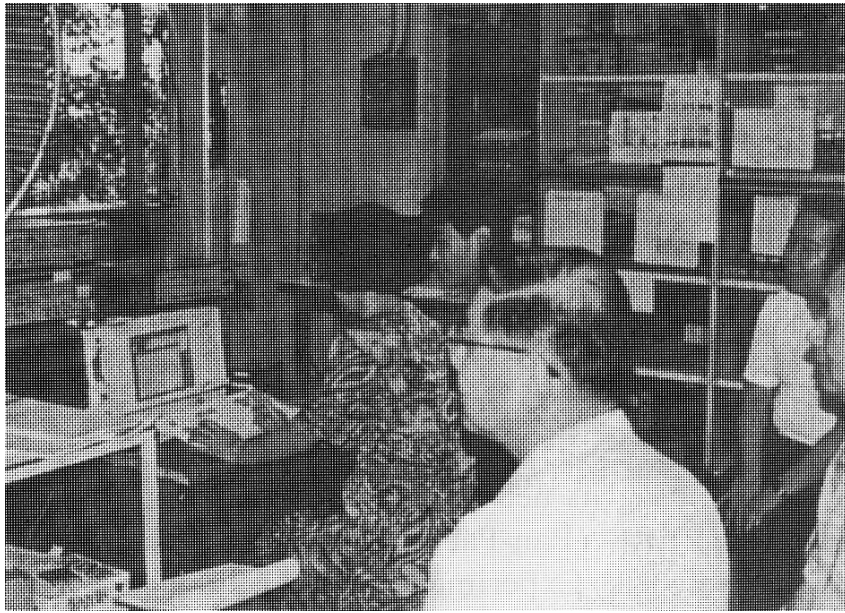


図3 タイ KMITL 校での実験風景