

スペース・コラボレーション・システムにおけるデータ伝送 の検討

浅井紀久夫 大澤範高 大西仁 林善士 近藤喜美夫 杉本裕二 結城皖曠

メディア教育開発センター〒261-0014 千葉県美浜区若葉2-12

(e-mail: asai@nime.ac.jp)

あらまし スペース・コラボレーション・システム (SCS) は、衛星通信を利用した大学間教育交流ネットワークであり、1996年10月に運用を開始して以来、遠隔高等教育に対して重要な役割を果たしてきた。現在、SCSは大学などに設置されたVSAT (小型地球局) 100局とHUB局から構成され、1.5 Mbpsの圧縮画像を利用して遠隔地どうして授業、研究会、講演会を行うのに使われている。データ伝送は、(1)セッション中の使用教材の伝送、(2)夜間の大容量伝送、(3)双方向データ通信といったサービスを提供するものである。SCSの特徴の一つは、3つの衛星中継器回線を使って、送信局を選択切替できることである。この内、一回線をデータ伝送に割り当てるつもりであるが、構成によって使用する通信プロトコルやサービス品質に違いが現れる。SCSを利用したデータ伝送方法についての検討結果を報告する。

キーワード スペース・コラボレーション・システム、衛星ネットワーク、遠隔教育、データ伝送

Study of Data Transmission Using the Space Collaboration System

Kikuo ASAI, Noritaka OSAWA, Hitoshi OHNISHI, Zenzi HAYASHI, Kimio KONDO,
Yuji SUGIMOTO, and Kiyohiro YUKI

National Institute of Multimedia Education, 2-12 Wakaba, Mihama-ku, Chiba 261-0014

(e-mail: asai@nime.ac.jp)

Abstract The Space Collaboration System (SCS) is the inter-university satellite network for distance education. The SCS has played an important role in the distance higher education, since it was operated in October, 1996. The present SCS consists of 100 VSAT (very small aperture terminal) stations at universities and a HUB station, and can be used for sharing classes, debates, and symposiums at distant places, exchanging 1.5 Mbps compressed images. The data transmission service can make (1) transmission of the teaching material during a session, (2) transmission of large capacity data over midnight, and (3) interactive data communications. The feature of the SCS is to make a broadcast, switching the transmitting stations in three satellite transponder channels. We may use one channel for the data transmission. The link structure dominates the protocol and quality of service. The data transmission method using the SCS is discussed in detail.

Keywords Space Collaboration System, satellite network, distance education, data transmission

1 はじめに

衛星通信を利用した大学間教育交流ネットワーク「スペース・コラボレーション・システム」(SCS)[1][2]は、1996年10月に運用開始された。現在、各大学等に置かれるVSAT(小型地球局)は100局を越え、遠隔教育にとって重要な役割を果たすようになった。SCSでは、VSAT局間で映像音声を交換することにより、授業、研究会、講演会などを行うことができる(図1)。一方向の同報通信だけではなく双方向通信が可能であるので、個別研究指導等にも使われている。SCSの利用は、半年間で約500件(約1000時間)である(表1)。利用報告書によれば、利用目的別内訳は研究会38%、講義20%、講演会8%、研修会2%、その他32%であった。利用は、2つのVSAT局間で行われる場合が全体の半数以上を占めている。また、一回当たりの利用時間は、80%以上が4時間以内であった。小規模の利用が好まれる傾向にあることがわかる。

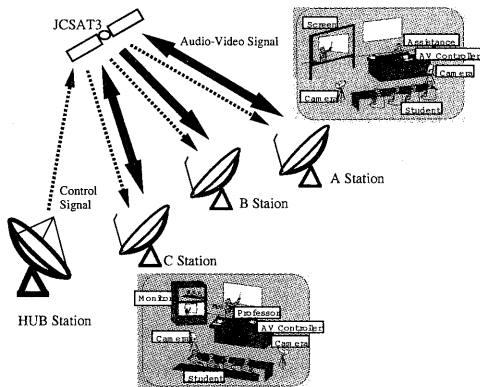


図1: スペース・コラボレーション・システムの利用概念

現在、SCSの利用は、VSAT局設置教室間での映像音声の交換に限られている。SCSをより効果的に利用するため、データ伝送サービスを検討している。本サービスの目的は、

- セッション中の使用教材の伝送
- 夜間の大容量データ伝送
- 双方向データ通信

表1: SCSの利用状況

Month	Number	Time
1996 Oct.	96	182hr 15min
Nov.	111	205hr 45min
Dec.	92	166hr 05min
1997 Jan.	70	143hr 10min
Feb.	59	112hr 35min
Mar.	79	170hr 15min
Total	507	980hr 05min
1997 Apr.	55	120hr 45min
May	76	157hr 00min
Jun.	92	180hr 50min
Jul.	86	222hr 40min
Aug.	24	79hr 00min
Sep.	134	181hr 15min
Total	467	941hr 30min
1997 Oct.	116	260hr 25min
Nov.	96	194hr 55min
Dec.	75	153hr 10min
1998 Jan.	70	184hr 50min
Feb.	49	108hr 35min
Mar.	86	175hr 05min
Total	492	1077hr 00min

である。セッション中のデータ伝送は、議論中に資料を送る要求が生じた場合、品質を劣化させることなく伝送することが可能になる。また、双方向データ通信は、出欠の確認、アンケート調査、講師からの問題に対する学生の回答の提示といった使い方が可能になる。X線レントゲン写真など高精細画像の伝送で即時性要求のない場合には、夜間など空き回線を利用して長時間大容量伝送を行うこともできる。

商用衛星サービスでは、映像音声のMPEG2リアルタイム配信やファイル配信が開始されている[3][4]。これらは、通常下り回線に衛星系を用いて大容量データ伝送を行い、上り回線を必要とする場合に地上系インターネットや専用線を利用するものである。情報を多地点に同時配信するには、非常に効率的な伝送方法である。この場合、固定送信局(オペレーショ

ン・センター)に映像ソースやファイル・サーバが置かれ、各端末からの呼び出しや送信側からの指定場所への配信要求によって配信が行われる。

SCSでは、どの局でも送信局(情報発信源)になることができるという利点を活かしたサービスを行いたい。双方向データ通信や送信局に対する再送要求などを行う場合、受信局から送信局への戻り回線が必要であるが、データ伝送を実現するための回線構成によって、使用する通信プロトコルやサービス品質が異なる[5]。まず、SCSの構成と特徴について述べ、SCSを利用したデータ伝送を行うためのシステム構成を検討する。

2 SCSの構成と特徴

図2に、各大学等に置かれたVSAT局の概略構成を示す。アップリンク及びダウンリンクの周波数にはKuバンドを利用し、直径2.4mのオフセット・パラボラアンテナの送信電力は30Wである。140MHz帯の中間周波数信号系は、3つの機能別衛星モデム(情報伝送速度1536kbpsで映像音声信号を伝送する通信信号用モデム、衛星電話回線用モデム、HUB局と制御信号を送受する制御回線用モデム)に接続される。回線切替は、議長局の回線制御装置から行い、HUB局の制御下で送受信切替が自動的に行われる。議長局VSATは、2波送信・3波受信が可能である。この内、送信一波をデータ伝送用に割り当てることを検討する。

SCSを効果的に教育交流に利用するため、各VSAT局には利用者が様々なメディアを自由に活用できるよう映像音声機器が装備されている。これらの映像音声機器は映像音声制御装置のAVタッチパネルモニタから操作することができ、送信映像の選択、モニタ映像の選択、室内拡声制御などを容易に行うことが可能である。また、映像音声制御装置は、回線制御装置との回線制御情報の共有により会議状態や通信状態に即した制御を行う。特に、送信時に自局折り返し音声を自動削除する機能を有している。

SCSは、双方向性、運用の容易性、定常利用時の経済性を確保するため、以下のような特徴を持つ。

- 双方向性

双方向通信を実現するためには、少なくとも2つの衛星回線を用意する必要がある。現有のSCSでは、セッション内の複数VSAT局間で

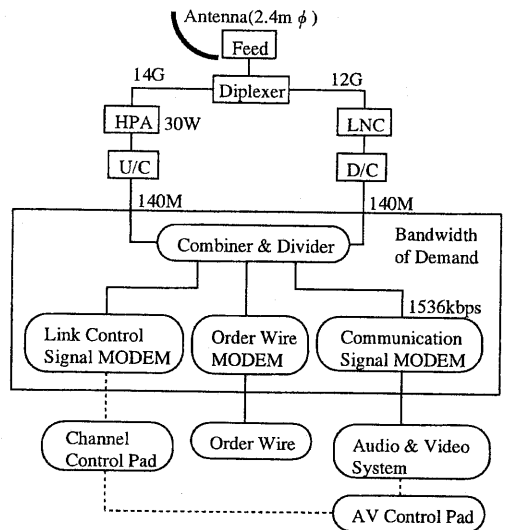


図2: VSATシステムの構成

同時に3回線を利用できる。送信局の選択は、セッションに参加している議長局の裁量で決めることが可能である。議長局は予め設定することにより自由に選択でき、どの局でも議長局になることができる。送信しない参加局は議論を傍受して、必要なときに送信要求を出して発言を求める。従って、一つのセッション・グループでいくらVSAT局数を増やしても、衛星中継器回線のコストは変わらない。

- 簡単な操作

衛星は、これまで主に技術スタッフや専門の操作者によって利用されてきた。これは、衛星地球局から送信する場合には、無線従事者が操作して回線や電力などの電波環境を設定することが法律で規定されているためである。HUB局に制御されるVSATを利用することにより、各大学等で無線従事者なしで簡単に運用することができるようになった。また、映像音声機器も複雑な操作や設定を行わなくても使用できるように設計された。

- 経済性

衛星中継器回線のコストを削減するため、映像音声は圧縮して伝送される。討議を行う

のに必要な画質を得るために情報伝送速度 1.5 Mbps を確保し、遅延の少ない通信会議用画像符号方式 ITU-T H.261 を採用した。

3 SCS を利用したデータ伝送

SCS では、1.5 Mbps の衛星中継器 3 回線を使用することができ、議長局による送信局の選択が可能である。そこで、3 回線の内一回線をデータ伝送に利用することとする。衛星通信の特徴である同報と地上系を組み合わせた 2 種類のサービス品質を検討している。一方は比較的低品質のサービスで、接続の確立や保証を行わずにデータを配信する（同報サービス）。他方は高品質のサービスで、地上系戻り回線を確立して送達確認や再送要求を行う（保証サービス）。同報サービスでは、プロトコルとしてコネクションレス型の UDP (User Datagram Protocol) を利用する。データ送信局は、受信局からの応答は一切得ない。そのため、データ誤りやデータ損失に対して誤り訂正を施す必要がある。

保証サービスでは、プロトコルとしてコネクション型の TCP (Transmission Control Protocol) を利用する。データ送信局が受信局からの送達確認を得、ある程度信頼性を保証できる。このため、受信局から送信局への戻り回線が必要になる。ただし、下り回線は衛星系であるので、衛星遅延のためにスループットが制限される可能性がある。また、送信局では複数受信局からのフィードバックを一度に受け取るので、送信側が処理可能な負荷制御が必要である。

図 3 に、SCS におけるデータ伝送システムの構成を示す。使用目的により、2 つの伝送モードを選択できるようにする。一つは、画像符号化装置とルータとの間で接続切替を行い、一回線 (1.5 Mbps) を占有して伝送する方法 (占有モード) である。もう一つは、画像符号化装置のデータポートを利用する方法 (CODEC モード) である。占有モードでは画像符号化装置とルータを切り替える制御が必要であるので、これを別の画像符号化装置のデータポートを使って行う。画像符号化装置のデータポートを利用する場合、データ伝送速度は最大 1.5 Mbps の半分に制限される。

4 二局間通信実験

以前、IP (Internet Protocol) 上で FTP (File Transfer Protocol) ファイル転送を行ったが、衛星遅延のため性能がでなかった (約 120kbps) 経験から、フィードバック (送達確認) なしでデータ伝送を行った。単純な Forward Error Correction (FEC) 技法を利用して誤り訂正を行う。

構成

伝送実験は、センター 1 局とセンター 2 局の間で行った。図 4 に、実験システムの接続構成を示す。MODEM1 をそれぞれ利用し、衛星回線を交差接続とした。これにより、双方向通信が可能となる。シリアル・バイナリ・データ交換用インタフェース RS-449 対応の適当なボードが見つからなかったため、ルータを介して接続を行った。また、ツイスト・ペアのクロスケーブルがなかったため、ルータ (proteon) とコンピュータ (OS: Linux) 間にはハブを挿入した。

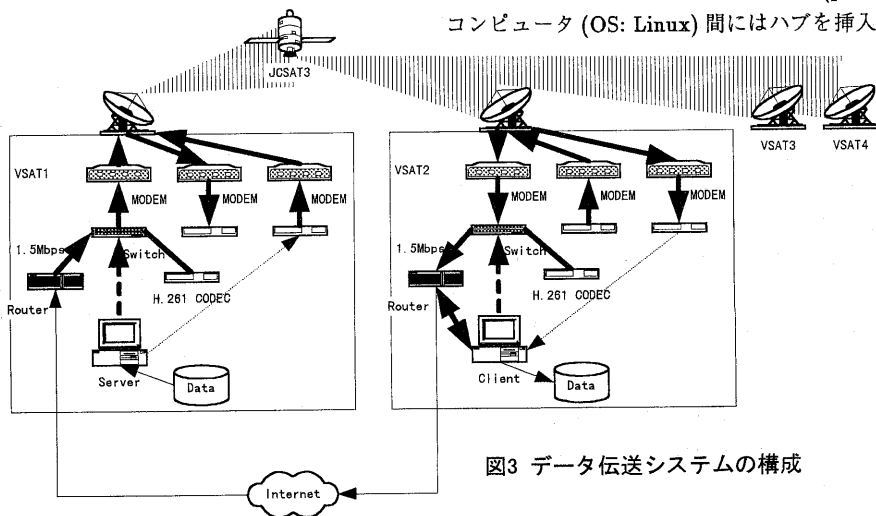


図3 データ伝送システムの構成

接続確認

ping コマンドで、回線接続確認を行った。センター1では、自局のルータに対しては64bytes/1.3msであったが、センター2のルータに対しては64bytes/634msであった。センター2のルータに対して時間がかかったのは、衛星経由だからである。

結果

フィードバック（送達確認）なしのファイル転送を行った。プログラム上では3回同じファイル（3つの同じ管理用パケットとデータ用パケット）を送り、パケット中に誤りや欠損があれば破棄する。図5に、アルゴリズムの概略を示す。表2に示すように、サイズ5640 bits、272496 bits、907208 bitsのファイルをセンター1及び2の間で送受した。コンピュータ・ルータ間は10Mbpsの伝送路で、モデム・衛星間は1.5Mbpsの伝送路である。

1 Mbits以上の大きなサイズのファイルも送ったが、ファイルは伝送速度が約1.2 Mbpsで頭打ちとなった。ファイル・サイズが大きいとルータ内バッファが飽和することが考えられるので、データ送出速度の調整が必要である。

5 むすび

SCSは年々VSAT局を増やし、教育の様々な用途に利用されている。SCSによるデータ伝送サービスは、その利用法を大きく広げると期待される。今回の実験では、コネクションレス型UDPを利用しており、信頼性は保証されない。しかし、衛星回線はほとんどNo Errorであるので、パケットロスが発生する可能性は高くない。今後、高信頼性を得るための誤り訂正や画像符号化装置を介しての映像音声との多重データ伝送を行う。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(10680248)を受けて行われた。

6 参考文献

1. 近藤喜美夫：VSATの大学間教育交流ネットワークへの応用，電子情報通信学会誌，Vol. 79，pp. 777-782 (1996)。
2. 浅井紀久夫，大西仁，田中健二，林善士，結城皖曠，近藤喜美夫：スペース・コラボレーション・

表 2: 伝送性能

5640 bits	[bits/s]
センター1 > 2	センター2 > 1
561641	535562
2.6806e+6	515681
538065	507468
537450	507788
536275	-

272496 bits	[bits/s]
センター1 > 2	センター2 > 1
1.22987e+6	1.2323e+6
1.32472e+6	1.33521e+6
1.21422e+6	1.25187e+6
1.27007e+6	1.31582e+6
1.21513e+6	1.23927e+6
-	1.23319e+6

907208 bits	[bits/s]
センター1 > 2	センター2 > 1
1.3217e+6	1.30797e+6
1.33884e+6	1.31975e+6
1.30693e+6	1.31686e+6
1.58111e+6	1.65967e+6
1.51287e+6	1.42631e+6

システムの利用と課題，情報処理学会人文科学
とコンピュータ研究会，35-5，pp. 25-30 (1997)。

3. <http://www.ijnet.or.jp/JSAT/sss/>
4. <http://www.nttsc.co.jp/>
5. 西田佳史，中村修，楠本博之，村井純：衛星を利用した放送型ネットワークに関する研究，情報処理学会オペレーティングシステム研究会 (1995)。
6. 間瀬憲一，木村英俊：コミュニケーションネットワークのサービス品質に関する動向と課題，電子情報通信学会論文誌，Vol. J80-B-I，pp. 283-295 (1997)。