

衛星通信利用データ配布サービスの検討

田中 功一 † 齋藤 正史 † 中原 昭次郎 ‡

三菱電機(株) 情報技術総合研究所 †、(有) デイ・ディ ネットワーク ‡

衛星通信と地上ネットワークの特性と、情報検索に代表されるクライアント-サーバ間における通信トラフィックの非対称性に着目し、経済的に衛星通信を利用可能な、データ配布サービスの設計と実装を行った。

このシステムでは、データの要求には比較的低速な地上ネットワークを利用し、結果の送信には広域性のある衛星通信を利用している。また、送受信局をハブ化することにより、送受信局を地域で共用することで初期投資コストを低減、さらに受信局にキャッシュを置くことで効果的な情報共有を実現した。

A Study of Data Distribution System Using Satellite

Kouichi TANAKA †, Masashi SAITO †, Shojiro NAKAHARA ‡

Information Technology R & D Center, Mitsubishi Electric Corporation †
5-1-1, Ofuna, Kamakura, Kanagawa 247, Japan
DD Network †
Katase-yama, Kamakura, Kanagawa 247, Japan

In this paper, we describe our design and implementation of a economical data distribution system using a communication satellite. Our model is derived from asymmetrical communication traffic between a information provider and a information consumer.

In our system, a information consumer's data request is sent using fairly low-speed ground network, and the response data is sent using a satellite communication network which provides high bandwidth and wide-area network. So a consumer can be get the response date in a little time.

In addition to this, the initial investment can be decreased by sharing a transmitting center and a receiving center in a region as a information hub which keeps a large amount of information as cached data.

1 はじめに

近年、高速なネットワークによる情報通信システムの進歩が目覚ましい。インターネットに代表される、広く分散したシステム上のサービスを容易に利用する環境も整ってきた。バックボーンの整備や増強は日夜行なわれているが、爆発的な利用増加と、それが生み出すトラフィックは、ネットワークを飽和状態に近付けている。

多くの基幹系ネットワークは、ユーザ要求に答えて、より高速な回線を用いざるを得なくなっているが、接続点がサービスが行なわれている地域に依存すること、距離に比例して通信料が増えるという欠点があった。これにより、IPプロバイダなどが分散した複数地域にサービスを展開を試みる場合に、コストがシステムの運営者にとって頭痛のタネであった。

そこで、衛星通信と地上ネットワークの特性と、インターネット上で一般的に利用されているWWWの様な「情報検索」において、クライアントとサーバ間通信トラフィックの非対称性に着目し、複数の地域で情報を共有するために衛星通信を利用した、経済的なデータ配布サービスの設計と実装を行なった。

このシステムでは、情報の要求には、比較的低速な地上ネットワークを利用し、高速かつ大容量のデータ転送が要求される結果の送信には衛星通信を利用するものである。加えて、送受信局をハブ化することにより、送受信局を地域で共用し初期投資コストを低減するようモデル化した。

2 従来技術と課題

大規模ネットワークの基幹系部分には、従来からISDN等を用いた高速な転送容量の回線が利用されている。ところで、これらのネットワークの用途を考えると、WWWサービスに代表される情報検索サービスでは、その検索結果の転送に利用されていると言っても過言ではない。

一般に、情報検索サービスなどのアプリケーションでは、問い合わせ自体をサービス拠点へ転送するためには数十バイトから数百バイトのデータ量であるのに対し、その結果のデータ量は大容量となるケースが多い(Figure 1)。この傾向は、画像や音声、動画データなどの利用の増加に伴い顕著なものとなっている。実際、WWWサービスのような、「情報検索」サービスの結果の転送が、インターネット上のトラフィックの多くを占めている。

これまでは、トラフィックの局所性を効果的に利用するために、複数のサーバにデータをコピーするか、あるいはローカルなキャッシュ機構を用意する

ことによって解決を行なってきた。

このように、広域に分散したユーザ間で情報を共有しようとした場合、効率的に情報をコピーするための通信基盤が重要となる。

この課題に対しては、比較的高速な通信路を地域に依存せず獲得する方法の一つとして、衛星通信を利用する手段が考えられたが、送受信局の設置運営に必要なコストが高く、実用されるケースは少なかった。

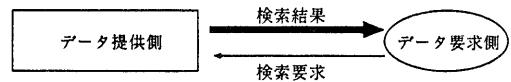


Figure 1: データ流量の非対称性

3 衛星通信利用データ配布サービス

我々は上記課題を解決するために、送受信局共用型であり、情報の要求には低速の地上網を用い、結果の送信には高速な衛星回線を利用する準双方向衛星通信ネットワークシステムとしてモデル化した。

情報検索に代表されるクライアントとサーバ間通信トラフィックの非対称性に着目するだけではなく、

- 同報性、広域に強い衛星通信
- 地域を限定せず利用可能な電話回線

双方を利用した新しいデータ配布システムとしている。

3.1 2つの物理ネットワーク

従来、送信および受信が同じ転送速度の双方向通信路サービスが主流であり、提供されているサービスも同様である。しかし、クライアントとサーバ間で発生する通信トラフィックを、その方向に注意してみると、WWWサービスに代表される情報検索サービスでは、クライアント側からの問い合わせが高々数十バイトに対して、数Kバイトから数Mバイトという結果が、サーバからクライアントへ転送されるケースがほとんどである。すなわち、サービスの特性を考慮すれば、必ずしも送受信が同一転送速度であるネットワークは必要ない。

また、地上網通信サービスでは、共有情報の分散地点へのコピーを目的として同報を利用して、通信料金が期待したほど下らず、同報数が多くなると全通信料も増加する。さらに、距離に依存した通信料金体系により、利用者と提供者にとっての負担が大きくなるものとなっている。

我々が提案するモデルでは、ある情報を要求するために、電話回線程度の低速の地上ネットワークを用い、送信局に送出依頼を発行する。地上ネットワークを用いるメリットは、少量のデータ量を転送するために高速な地上網や、高価な双方向衛星通信は不要と考えたためである。このため、衛星への送信設備を持たなくても、安価な地上網接続機器によって要求を伝送可能となる。

次に、情報の結果の伝送には衛星回線を用いる。衛星回線は、広域に対して均一なコストでデータを転送することが可能であること、同報性に優れることが特徴であるためである。今回提案するモデルは、衛星通信路が片方向通信である。

上述2つのネットワークを組み合わせることによって、疑似的な双方向通信を可能とした。

3.2 送受信局の情報ハブ化

本サービスは、最初に広義の企業内通信システム適用することとする、

そこで、情報の提供元、および享受者は、LANで接続されたマシンの集合体であると考え、LANで接続された個々間で情報を共有するモデルとした。この理由は、衛星通信システムと既存設備との接続を容易にすると共に、衛星へ配送された情報を共有する規模を明確化するためである。

ハブは衛星用送信あるいは受信アンテナ、送信機あるいは受信機、制御用計算機およびLAN接続用ルータから構成する。これによりLAN経由で衛星通信を利用可能とし、送受信局を複数の利用者で共有可能とした (Figure 2)。

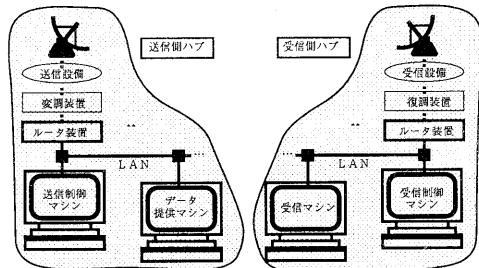


Figure 2: ハブ構成の送受信局

3.3 同報とキャッシュ機構

一度衛星回線上にデータが送出されると、基本的にはデータ放送として取り扱えることを利用し、受信局では、受信したデータをキャッシュすることにより、共有情報を受信局で保持するモデルとした。つ

まり、ある受信局から電話回線経由で発生される送信要求で、頻繁にアクセスされるデータを、その受信局以外の局も受信可能とし、その受信局から同じデータに対するアクセス要求が発生しても既にローカルなキャッシュにヒット可能となる。よって、要求発生時には既にキャッシュにヒットする確立が高くなるため、衛星回線を利用しなくとも高速にそのデータにアクセス可能となる (Figure 3)。

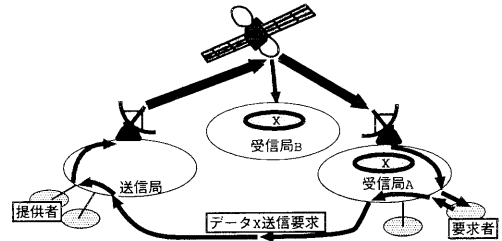


Figure 3: 衛星による同報とキャッシュ機構

4 実装

上述モデルに基づき、実験的ハードウェアおよびソフトウェアの実装を行なった。ユーザへ提供するサービスとしては、ファイル転送サービスを基本とし、最終的に応用として、WWWサービスを連結したシステムの構築を行なった。実験システムのハードウェア構成およびソフトウェア構成は以下の通りである。

4.1 ハードウェア構成

実験システムを構成するハードウェアは、以下の機能を持つ機器から構成した。

- データ提供マシン
共有するデータの「元」が存在するマシンであり、ユーザからの要求に従って必要なデータが、次の送信制御マシンを経由して衛星回線へと送出される。
- 送信制御マシン
複数のデータ提供マシンから発せられる送信要求を受け付け、プロトコル変換およびパケット化し、後述の変調装置に対して送信処理を行なうマシンである。
- 送信側ルータ装置
変調装置と送信側LANを接続するためのルータ。

- 変調装置
前述送信側ルータ装置と衛星の送受信設備と接続を行なう装置。この装置の出力は衛星への電波増幅装置およびアンテナへと接続される。
- 復調装置
受信アンテナによって受信された電波を、データ列に変換する装置。
- 受信側ルータ装置
復調装置と受信側 LAN を接続するためのルータ。
- 受信制御マシン
受信側の復調装置からのデータに基づき、データを受信し、受信マシンへの配送を制御するマシン。
- 受信マシン
受信制御マシンによって受信され、転送されるファイルを受けとるマシン。ファイル転送の最終目的地。

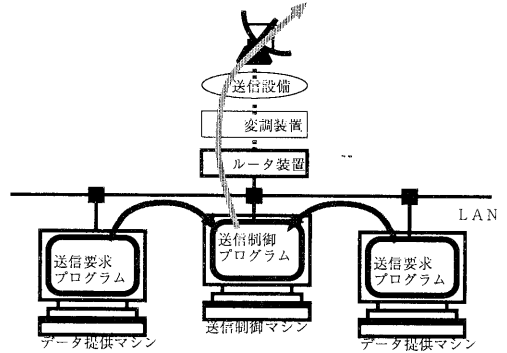


Figure 4: 送信局側のソフトウェア構成

送信要求マシンにおいて、送信要求プログラムで送信したいデータファイル及び、送信制御マシンのアドレスなどのパラメータを設定すれば、ファイル転送が開始される。なお、今回の実現サービスでは、蓄積型ファイル転送であるため、送信要求プログラムからリクエストを受けると、送信制御プログラムはセッションを切断し、実際の送信処理に入る (Figure 5)。

4.2 ソフトウェア構成

以下に実験システムで開発したソフトウェアと機能について述べる。

- 送信要求プログラム
データ提供マシン上で動作するユーザからの要求に従い、データを後述の送信制御プログラムに伝え、処理の依頼とファイルシステムからのデータ転送を行なう。今回のモダルの衛星回線は、片方向であるため受信側からの確認が戻らない。よって衛星への転送プロトコル実装に関しては、転送レート制御を行ない、流量の制御を行なうこととした。
- 送信制御プログラム
送信要求プログラムから通知されたファイル転送要求を、待ち行列に蓄積し、順次処理する (Figure 4)。今回は、送信要求時に2段階のプライオリティを定義可能とし、バンド幅の予約を行なうことによる優先度指定を可能とした。衛星を通る通信プロトコルに関しては後述する。

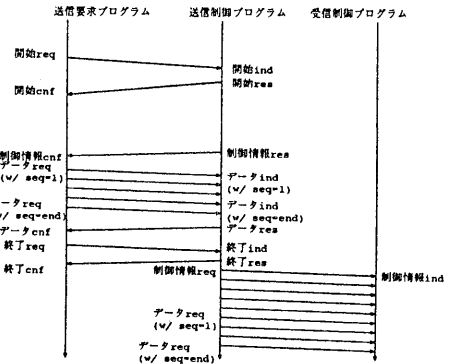


Figure 5: 送信プログラム群のプロトコル

- 受信制御プログラム
衛星回線を介して受信されたデータを、転送要求毎に受信マシンへ転送する。
- 受信プログラム
受信制御マシンから転送されたファイルを、ファイルシステムに格納する (Figure 6)。今回のキャッシュシステムの実装には、httpd が持つキャッシュを流用することで実現した。

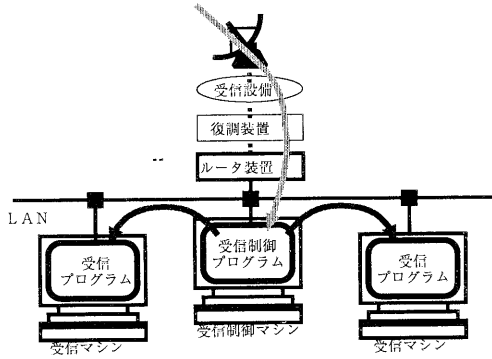


Figure 6: 受信局側のソフトウェア構成

受信制御マシンが、衛星からのデータを受信した場合は、ファイル及び、送信制御マシンのアドレスなどのパラメータを確認後、ファイルのデータ部の受信を開始する。受信が完全に終了した場合、受信マシンへのデータ転送処理を行なう (Figure 7)。

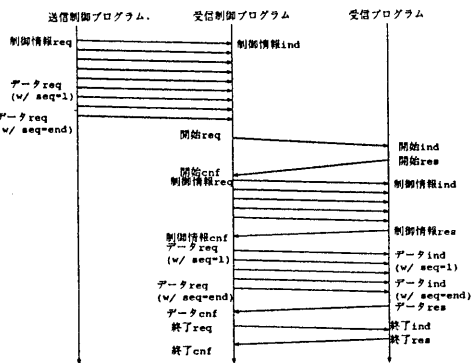


Figure 7: 受信プログラム群のプロトコル

4.3 送信受信制御プログラム

送信制御プログラムと、受信制御プログラム間は、パケット化されたUDP/IP通信を用いることにより、片方向でのデータ転送を実現している。我々は、以下の特徴を持った接続プロトコルを開発した。

- ファイル転送を目的としたTCP/IP層のトンネリング
- 多重化

• プライオリティ制御

通常、送信制御プログラムは衛星側に対して、複数の要求を並行して処理する (Figure 8)。その際に、プライオリティの同じ要求で時分割多重を行なうことによりすべての要求を処理しようとする。

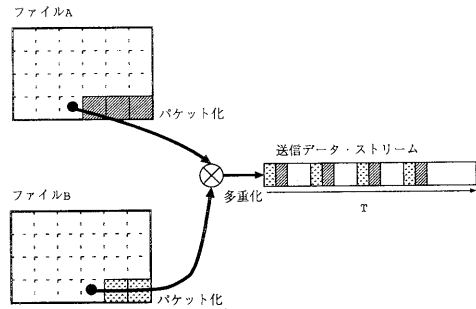


Figure 8: ファイル送信の多重化

プライオリティを上げた要求が投入された場合、一旦、それまでの処理を休止し、高いプライオリティのファイル転送を優先して送信する。処理が完了すれば以前に休止した要求の処理を再開する。これによって、処理を中断することなく、緊急の要求を処理するように実装した (Figure 9)。

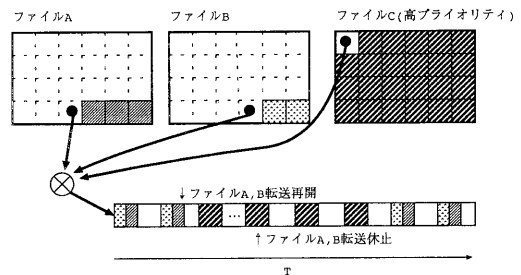


Figure 9: プライオリティ付きファイル送信

なお、Figure 10は、実際の実験システムの送信制御画面であり、まず2つの通常プライオリティのデータ転送要求を、次に1つの高プライオリティの要求を投入した時のものである。

No	Time	KBytes	Address	Prio	File name
01	22:01:03	275	oshima	緊急	18 /home/sat/DATA/emergen.xwd
02	22:00:59	272	oshima	普通	83 /home/sat/DATA/kawa.xwd
03	22:01:01	272	oshima	普通	26 /home/sat/DATA/kranz.xwd

Figure 10: ファイル送信モニタ画面

4.4 応用

今回の実験システムの応用として、簡単な接続プログラムを、送受信制御の前後に用意し、ユーザインタフェースとして受信局側に mosaic を用いることにより、送信局近傍に配置した WWW サーバと、通信を実現するシステムとした (Figure 11)。

この場合に受信局側の mosaic、送信側の WWW サーバプログラムに変更不要であったのは言うまでもない。

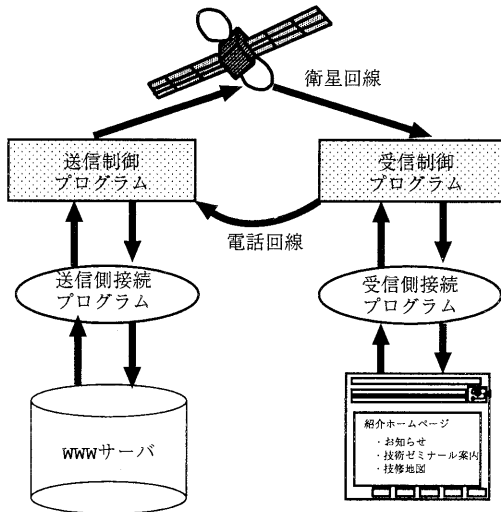


Figure 11: mosaic とシステムの接続

5 利用結果

実験システムを利用して、以下のことが考察できた。

- 同報について
あるユーザがアクセスした情報は、自受信局の

キャッシュに記録されるとともに、他の受信局にも蓄積された。これにより、ある受信局 A でアクセス頻度の高い情報は、自動的に他の受信局 B にもキャッシュされ、受信局 B 近傍のユーザが後に同じデータを要求した場合、実際のデータ提供マシンから衛星経由でデータを転送されることはない。

- 転送効率について

WWW サービスなどの比較的小さなファイル単位での転送では、システムで動作するプログラム間のオーバーヘッドが大きくなり、一時的にスループットが低下するなどの現象が発生した。この時には実行転送速度も実際の回線速度の 1/2 程度にまで悪化している。

6 おわりに

衛星回線と地上回線を利用して、衛星回線が持つ同報性を利用し、分散した複数地点で情報を共有に適するデータ配布システムの開発を行なった。現在、モデルの基本部分の実装を終え、実験的利用を開始した段階である。システムの具体的効果は、これから行なう評価を待たねばならないが、衛星の同報性を利用した、距離に依存しないデータ配布とキャッシュの組み合わせは、ニュースシステムの配布など、地上系ネットワークのトラフィック分散の一方式として有用と考えられる。今後は、評価に基づき実用を進めると共に、遅延型ビデオ配布システムへの適用、また、IP マルチキャストを含むインターネットサービスとの親和性をさらに高めるための改良を進める予定である。

References

- [1] 更田 他：衛星通信サービスの新しい可能性，信学会誌 No.72, 1989.
- [2] Glassman et. al. : A caching relay fo the World Wide Web", 1st international conference on WWW, Proceedings, 1994.
- [3] E.D.Katz et. al. : A scaleable HTTP server: The NCSA Prototype, Computer networks and ISDN systems, Vol.27, 1994.
- [4] K.C.Claffy et. el. : Tracking LongTerm Growth of the NSDNET, Comm. of the ACM, Vol.37, No.8, pp34-45, 1994.
- [5] T.Berners-Lee et. al. : The WorldWide Web, Comm. of the ACM, Vol. 37, No.8, pp76-82, 1994.