

## 衛星利用データ配信システムの実装と評価

秋山 康智\* 田中 功一\* 笠井 則充\*\*

\*三菱電機(株) 情報技術総合研究所

\*\*三菱電機(株) 通信機製作所

情報共有型サービスにおける情報の効率的な配布を目的として、通信衛星利用データ配信システムの設計、実装を行った。今回、従来のUNIXマシン、衛星受信装置、ルータの構成であった受信装置を、PC及び衛星受信ボードに変更し、Windowsへの移植のため、制御プログラムの再設計を行った。また従来の機能に加え、新たにIPマルチキャスト機能を採用し、実装した。

また本システムでは、蓄積交換を行うことによってファイル転送を実現している。従ってファイル転送のスループットは、転送するデータサイズ、蓄積交換時のオーバーヘッド及び衛星伝達遅延に影響される。本稿では、転送するデータのサイズと転送レートとの関係を評価することによって、600KB以上のデータでは、理論値の90%以上の性能が出るという、本システムの特性を明確にした。

## Implement and Evaluation of Data Distribution System using Satellite

Koji Akiyama\* Kouichi Tanaka\* Norimitsu Kasai\*\*

\*Mitsubishi Electric Corp. Information Technology R & D Center

\*\*Mitsubishi Electric Corp. Communication System Center

We designed and implemented a data distribution system using a communication satellite for the purpose of getting an efficient data distribution system. Now we changed the hardware constitution of it from UNIX workstation, satellite receiver modem and router to personal computer and a satellite receiver PCI board. And with regard to the software, we redesigned the control programs for polling them to Windows programs. And we adopted and implemented a new function of the IP multicasting.

In our system, we can distribute data using a communication satellite by using a store and forward system. So the throughput of data distribution is affected by the size of distributed data, the overhead of a store and forward system and a delay of transmission using a communication satellite. In this paper, we make a specification of our system clear by the evaluating relation between a size of distributed data and a rate of the data transmission. It is that in case of transmitting upper 600KB data, our system has over 90% efficiency of a theory value.

## 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。特にインターネットなどの情報共有型サービスが、通信インフラの整備と共に伸びている。

そこで、我々は共有される情報の効率的な配布を目的として実装した通信衛星利用データ配布システムの設計及び実装を行ってきた。今回、受信装置のPC化(Windows NT)に伴い、受信側ハードウェア構成の変更及びソフトウェアの再設計を行い、実装した。この際、新たにWindows SocketのIPマルチキャスト機能を採用・実装した。

また本システムでは、衛星通信との接続点である送受信制御計算機において、蓄積交換を行う事によって、ファイル転送機能を実現している。従ってファイル転送システムとしてのスループットは、転送するデータのサイズと蓄積交換時のオーバーヘッド及び衛星伝達遅延に影響される。そこで性能評価においては、従来の受信局構成で行った評価と同様に、転送するデータのサイズと転送レートとの関係を明確にすることによって、本システムの特徴を明確にした。そして構成変更における本システムの特徴の差異を明確にした。

## 2 衛星利用データ配信システム

### 2.1 機能、特徴

本システムは、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使用する2つの物理的な通信路を組み合わせた単双方向通信システムである。

本システムは以下の機能を有する。[1][2]

- 情報の送信者、及び受信者は、LANで接続された計算機の集合体であると考え、送信者または受信者とLANで接続された個々の計算機間での情報の共有が可能。
- 2つのアドレス(衛星回線用、地上回線用)を使用することにより、アプリケーション層でのマルチキャスト配信を実現。
- 受信局で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の保持が可能。

- UDP/IP ベースの片方向衛星回線用プロトコルを設計実装し、衛星遅延の影響を最小化が可能。
- 配信の成功・失敗を受信局からの送達確認でチェック可能。ファイル単位での送達確認を地上回線で送信局に送付。
- 配信に失敗した場合、受信局からの異常通知及び送達確認未到達により自動再送が可能
- 異常通知にて失敗したパケット番号を送信局に送付し、その番号のパケットのみを再送するため、自動再送時間の短縮化が可能。
- データ容量、配信時刻等の要因による自動配信経路(衛星回線経路、地上回線経路)の自動選択が可能。

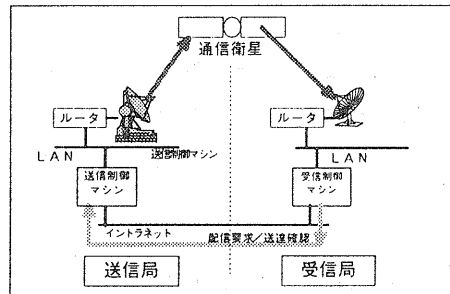


図1 通信衛星利用配信システムの構成  
(従来構成)

### 3 システム構成

本システムは、1つの送信局に対し、数百~数千の受信局を想定している。そのため、従来のUNIXマシンで構成された受信局では、その設置コストが高く、システム全体の設置コストは膨大なものになってしまい、現実的ではなかった。

#### 3.1 ハードウェア構成

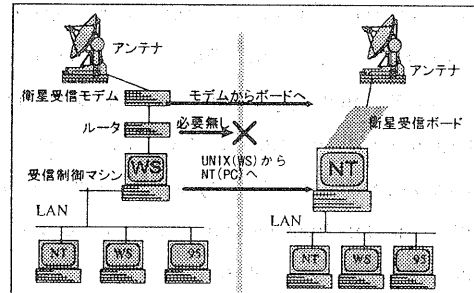


図2 受信ハードウェア構成の変更

そこで今回、受信局をPC(Windows NT)マシンを中心とした構成に変更するため、受信局ソフトウェアの変更を行った。送信局側については、信頼性を重視し、従来のUNIXマシンを中心とした構成の変更は行っていない。

従来の受信局ハードウェア構成からの変更点は、主に受信制御マシン、衛星受信モデム、及びルータの3つである。受信制御マシンは、UNIXワークステーションから、パーソナルコンピュータ(Windows NT)に、衛星受信モデムは衛星受信PCIボードに変更した。また、ルーティング処理は、受信制御ソフトウェア上で行うため、ルータは廃止とした(図2)。

### 3.1.1 衛星受信PCIカード

衛星受信PCIカードは、衛星受信アンテナと同軸ケーブルで直接接続される。アンテナで受け取ったデータは、本受信カードに送られ、このカードからシステムに渡される。

OS(Windows NT)ではこのカードをネットワークカードと認識し、IPアドレスを割り当てる。このアドレスを使用することにより、アプリケーションでも本カードからデータにアクセスが可能となる。

## 3.2 ソフトウェア構成

受信制御マシンをUNIXワークステーションからWindows PCに変更するに伴い、受信側制御ソフトウェアを従来のUNIXシステムコールで書かれたものから、Windowsプログラム(Win32)への移植を行った(図3)。

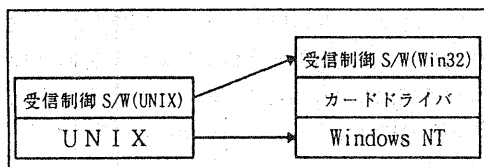


図3 受信ソフトウェアの変更

### 3.2.1 受信制御ソフトウェアの再設計

受信制御ソフトウェアをWindowsプログラムへの移植を行う際、従来のUNIXプログラムでの問題

点、Windowsに移植したときの問題点を検討し、再設計を行った。その結果以下の項目において大きな変更を行った。

- ・IPマルチキャストの採用
- ・マルチスレッドの採用

### 3.2.2 IPマルチキャストの採用

本システムでは2つのアドレスを使用して受信局の識別を行う。これは言わば、アプリケーション層で行っているマルチキャストであり、他の通信アプリケーションにデータを渡すためのフィルタプログラムを制御ソフトウェア内に実装しなければならなかった。そのため、制御ソフトウェアの負荷が高くなり、また、フィルタプログラムも使用する通信アプリケーションによっては変更しなければならない場合もあった。そこで、今回Windows Socketが提供するIP層マルチキャスト機能を採用・実装した。これによりフィルタプログラム不要による制御ソフトウェアの負荷軽減、また、通信アプリケーションとの親和性を向上させた。

### 3.2.3 スレッドの採用

従来のUNIX版受信制御プログラムでは、受信制御の各タスクごとにプロセスを起動し、各プロセスが通信し合って一連の受信処理を行う。例えば受信ファイル数ごとファイル受信タスクを行うプロセスを生成する仕様である。Windowsでは、プロセスの下にスレッドというプログラムの実行単位を持つ。スレッドは、同プロセス内の他のスレッドとシステムリソースを共有するため、スレッド作成はプロセス作成の数分の一の負荷で行われる。

しかし、1つのプロセス内でスレッドの生成数を増やすということは、そのプロセスの負荷を上げることになり、プロセスとスレッド数のバランスが問題となる。

そこで今回、受信制御ソフトウェアで動作するタスクのうち、メインタスク、タスクを多く作成するもの、及びタスクの監視を行うものを選択し、プロセスとして作成した。その結果、条件に合致した5つのタスクをプロセスとして作成し、このタスクから作成される残りのタスクをスレッドと

して作成する仕様とした。また、スレッド同期処理に関しては、UNIX プログラムで使用したセマフォを Windows 版に変更して使用した。

#### 4 評価

以下に本システムの評価環境について説明する。

評価システム環境は、送信局 1、受信局 1 で構成される衛星利用データ配信システムの基本構成 (図 5) で行った。衛星回線は、700Kbps のバンド幅を使用し、地上回線はシリアル回線 (RS-232C) で PPP 接続した。なお、バンド幅 700Kbps は、衛星回線の契約からくる値である。受信制御装置は、Pentium Pro 200MHz のパーソナルコンピュータを使用し、従来の UNIX 版の受信制御ソフトウェアを使用する際は、OS に Solaris 2.5.1 を、Windows 版を使用する際は、OS に Windows NT 4.0 を使用した。

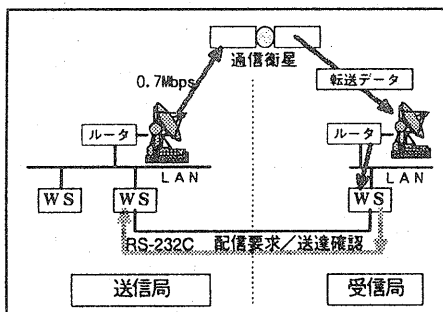


図 5 評価システムの構成

本評価では送信局からデータ配信を行ってから、受信局からの送達確認が送信局に到達するまでの応答時間を測定した。

##### 4.1 評価方針

本システムの応答性能は、配信するデータのサイズと蓄積交換のオーバーヘッド、及び衛星伝達遅延に影響すると考えられる。

そこで、以下の方針で本評価を行った。

- 配信の全動作を段階に分け、それぞれの性能測定を行い、全体性能のボトルネックとなっている段階を明確化する
- 配信データサイズと配信全体の性能変化を測定し、その関係を明確化する
- 多重度と配信全体の性能変化を測定し、そ

の関係を明確化する

- UNIX 版との差異を明確にする。

実運用時を考慮したため、多重度と性能変化の関係の明確化を評価方針として加えた。多重度の評価では、総配信データサイズを 1M バイトにし、多重度を 2 から 35 まで変え、それぞれの場合の転送レートの測定を行った。

本評価では、10 バイトから 10M バイトのサイズを持つ 7 種類のデータで転送レートを測定した。

本評価での測定は、衛星通信が気象条件に影響されることを考慮し、晴れた日の 5 回測定の平均値を用いた。

また、本システムのデータ配信での、配信動作はその設計上、以下の 4 つの段階に分けられる (図 6)。

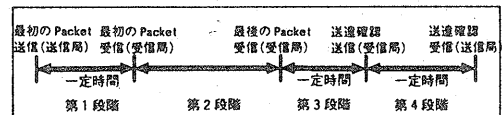


図 6 配信動作の各段階

第 1 段階は、送信側から最初のパケットを送り、受信側がそれを受信するまでの時間。これは衛星遅延であり、転送データサイズに関係なく一定値 (0.25sec) である。

第 2 段階は、受信側で最初のパケットを受信してから最後のパケットを受信するまでの時間。つまりファイル転送にかかる時間であり、データサイズに依存する。

第 3 段階は、最後のパケットを受信してから送達確認を送信局に送付するまでの時間。つまり、受信局側での内部処理にかかる時間であり、データサイズに関係なく一定である。

第 4 段階は、受信局で送達確認を送付して、送信局でその送達確認を受信するまでの時間。つまり送達確認という固定サイズの小さなパケット 1 つの転送時間であり、データサイズに関係なく一定である。

従って転送レートは以下の式となり、第 2 段階にかかる時間が配信性能を決定する。

$$v = s / (t1 + t2)$$

v: 転送レート、s: 転送データサイズ

t1: データ転送時間 (図 3 の第 2 段階の時間)

t2: 図 3 の第 1, 3, 4 段階の時間の和 (一定値)

本測定では、転送データサイズにより変化するのは第2段階の時間のみであるため、この第2段階での時間を測定対象とした。

#### 4.2 各段階での応答性能

図7のグラフは各転送データサイズと応答時間の関係について示したものである。

図7から、第1、第3、第4段階にかかる応答性能は一定である。また第2段階に於ける応答性能（データ転送にかかる時間）がデータサイズに比例して大きくなっている。また、この傾きは約600Kbpsである。

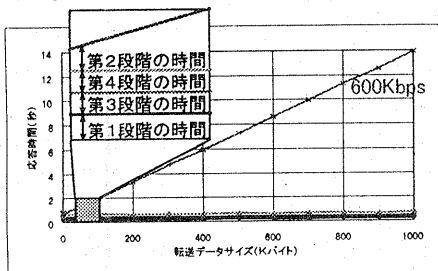


図7 転送データサイズと各段階

#### 4.3 データサイズと転送レート

図8のグラフは、各転送データサイズとその転送レートを示したものである。

図8のグラフからUNIX版とWindows版では、その性能曲線は、ほぼ同様であることが分かった。

曲線は、図8のグラフから算出した理論値（双曲線）であり、点曲線は測定値である。このグラフが示すように、転送データサイズが100Kバイトまでは転送レートが急激に増加し、その後転送レートの増加率は徐々に減少していく。600Kバイト付近で転送レートは580Kbpsに達し、その後ほぼ一定の値を示している。

従って本システムにおいて、転送レートが最大になるデータサイズ（最も効率の良いデータ配信を行うことができるデータサイズ）は、600Kバイト以上であることが分かった。

また、特に1Kバイトから100Kバイト以下のデータの配信は、性能が非常に悪く（50Kバイトでは600Kバイトでの転送レートの50%、10Kバイトでは13%である）、衛星通信の高速転送というメリットが全く無くなってしまった。

測定値が理論値より約1割下回るのは、衛星通信プロトコルのオーバーヘッドのためであると考

えられる。

また、600Kバイト以下では、Windows版は従来のUNIX版の約90%程度の性能となっている。これは、内部処理（図6の第3段階）の影響であり、OSのオーバーヘッドの影響があると考えられる。

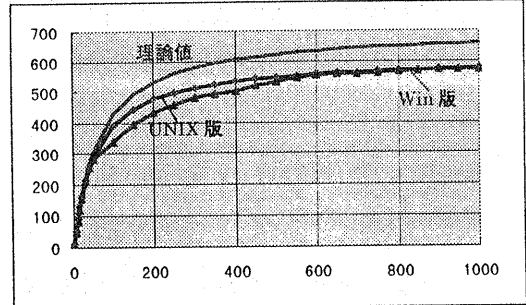


図8 データサイズと転送レート

#### 4.4 多重度と転送レート

図9のグラフは多重度と転送レートの関係を示したものである。

本測定は、総配信データサイズを1Mバイトとし、2から35までの各多重度における転送レートを測定したものである。ここで言う多重度は、同時に配信するデータ数である。例えば、多重度10は、1MBのデータを10に分割し同時に送信することを意味する。

図9のグラフから、多重度が増加すると1次関数的に転送レートが減少することが分かる。また、多重度が同じであれば、配信するデータサイズが異なっても転送レートはほぼ同じ値を取った。（具体的には多重度5の場合、 $200K \times 5$ では555.9Kbps、 $800K + 50K \times 4$ では556.1Kbpsの転送レート値を得た）。

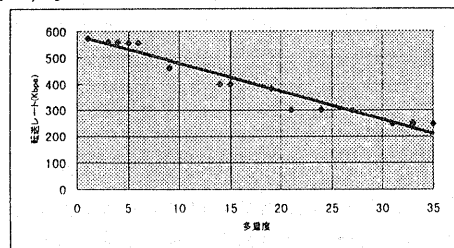


図9 多重度と転送レート

また、1MBのデータを複数送付した時の結果を図10に示す。多重度10は、1MBのデータを10個同時に配信することを意味する。

図 10 のグラフから、多重度が変化しても転送レートはほとんど変化無く、一定の値を取った。

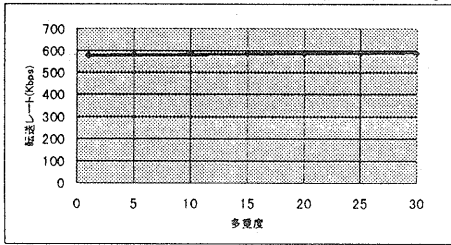


図 10 多重度と転送レート 2

以上、多重度を変更した時の性能について評価し、多重配信の場合、転送レートは多重度に影響されるのではなく、1回の配信を行う際の平均データサイズに影響されることが分かった。

今回測定した Windows 版受信制御ソフトウェアの性能は、従来の UNIX 版と比較して値及び特徴がほぼ同じであるという結果を得た。以下に性能測定の結果をまとめる。

- 転送レートは 600K バイトで最大転送レートの約 90%を超え、その後データサイズが増加してもほぼ一定の値を示す。
- 転送データサイズが小さい (1K から 100K バイト以下) になると転送レートが最大転送レートの 50%以下になってしまう。
- 多重度配信の場合、1回の平均配信データサイズが、転送レートに影響を与える。

最大転送レートとは、衛星回線のバンド幅である 700Kbps である。また、最大転送レートの約 90%が最大となるのは、衛星回線での転送プロトコル及び UDP/IP のオーバーヘッドのためであると考えられる。

## 5 考察

性能評価の結果、Windows 版受信制御ソフトウェアは、従来の UNIX 版とほぼ同じ性能が出ること、UNIX 版と同様の性能特徴があることが確認できた。即ち 100K バイト以下の小容量のデータの配信では極端に性能が悪くなるという問題点および、逆に 600K バイト以上のデータ配信では、理論値に近い性能が得られ、性能的に効率的な配信が可能であることも明確になった。また、多重配信におい

ては、1回に配信する平均データサイズが性能を決定することが明確になった。

ここで明確になった長所及び問題点は、従来の UNIX 版受信ソフトウェアが抱えていたものと同様であり、上記問題点の解決策として、複数配信ファイルのパッケージングが考えられる。

しかし、ファイルのパッキング方法が使用できるのは、緊急性の低いデータに限られ、緊急性の高いデータの場合は使用できないという問題点がある。この問題点の解決方法として、既に本システムに実装済みのデータ転送回線の切り替えという方法が挙げられる。[1]

また、600K バイト以下のデータ転送の場合、従来の UNIX 版に比べ約 90%の性能である。本システムの制御ソフトウェアはアプリケーションプログラムであり、そのため Windows OS 等下位のソフトウェアのオーバーヘッドに大きく影響される。また、UNIX に比べ Windows のアプリケーションに影響するオーバーヘッドは大きい事も一因と考えられる。よって本受信制御ソフトウェアの性能向上が必要であり、以下の改良点が考えられる。

- ・スレッド内共有リソースの効率的利用
- ・衛星受信タスクのドライバ内処理化

## 6 おわりに

衛星回線と地上回線を利用した衛星利用データ配信システムの Windows 版受信制御ソフトウェア移植のため、再設計、実装、評価を行い、問題点とその解決策を検討した。今後は、IP マルチキャスト化による通信アプリケーションとの親和性について、深く調査、研究し、より性能及び信頼性の高い汎用的なデータ配信システム基盤の構築を進める予定である。

## Reference

- [1] 秋山 他：衛星利用共有型情報配信システムの設計と実装、情処学会 マルチメディア通信と分散処理研究会 No. 87, 1998
- [2] 秋山 他：衛星利用データ配信システムの評価、情処学会 マルチメディア通信と分散処理研究会 No. 97, 1997.