

衛星利用データ配信システムの評価

秋山 康智 田中 功一

三菱電機（株）情報技術総合研究所

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実装した、通信衛星利用データ配信システムのアプリケーションへの適用及び性能評価を行った。今回、アプリケーションの要求に対応するために、従来の機能に加え、新たに送達確認、再送、回線ルーティング機能を実装した。

また本システムでは、衛星通信の送受信制御計算機において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、本システムの特性を明確にした。

Evaluation of Data Distribution System using Satellite

Koji Akiyama Kouichi Tanaka

Mitsubishi Electric Corp. Information Technology R & D Center

We describe our application of to S/W application and evaluation of a data distribution system using a communication satellite we implemented for the purpose of getting a efficient data distribution system. We add new functions (a notice of data delivery, re-transmission and routing of circuit) to our system when we apply our system to S/W application.

In our system, we can distribute data using a communication satellite by using a store and forward system at a transmitting center and a receiving center. So the throughput of a file 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.

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アプリケーションへの適用及び性能評価を行った。今回、アプリケーションの要求に対応するため、従来の機能に加え、新たに送達確認、再送、回線ルーティング機能を実装した。

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、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、本システムの特性を明確にした。

2 衛星利用データ配信システムと応用

2.1 衛星利用データ配信システムの概要

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準双方向通信システムである。

本システムの機能は以下の通りである

- 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
- 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

2.2 データ配信アプリケーションの概要

本システムに適用したデータ配信アプリケーションは、社員教育を目的として設立された教育センターから、教育用データ（テキスト、OHP、ビデオ等）を全国に分散する支社の教育担当部門に配信するものである。

教育センターでは、従来紙やカセットであった教育用コンテンツのデジタル化を進め、その効率的な配布システムの実現を望んでいる。このコンテンツは数 M バイト（テキスト、OHP）から数 G バイト（ビデオ）の大容量データである。

教育センターと各支社とは、社内 LAN で接続している。この回線を用いて教育用コンテンツの配信を行うという方法が考えられるが、この回線は通信速度が遅く、上記大容量データの配信を行った場合、回線がすぐに飽和状態になり、時間もかかるため、現実的ではなかった。

またセンターでは、WWW サーバ上に講座等の教育情報を置き、社員が容易にアクセスできるようにしている。しかし全国に分散する支社からの多数のアクセスのため WWW サーバは常に高負荷の状態にあった。そのため、ミラーサーバを各支社の教育担当部門に置き、自動的に内容のメンテナンスを行うシステムが求められていた。

そこで上記をシステムを実現するため、本システムの適用を行った。

アプリケーションの要求は以下の通りであった。

- (1) 簡単に操作できる
- (2) 配信の成功/失敗の確認ができる
- (3) データを確実に配信できる

また、本アプリケーションは、主に従来衛星を使用しない夜間にデータ配信を行うため、朝までにデータが配信されれば問題は無いという、緊急性の低いデータの配信であった。

3 拡張機能

3.1 本システムの課題

本システムは、研究レベルであったため、前述の様にファイル転送システムとしての最小限の機能しか持たなかった。そこで、まず要求事項を分析し、新たに加える必要があると考えられる機能の洗い出しを行った。

まず(1)の「簡単な操作で配信できる」ためには、配信の実行をマウス操作だけで行える GUI (①)、(2)の「配信の成功/失敗が確認できる」ためには、配信結果を送信局に通知する (②) 機能が必須であると考えた。また、(3)の「データが確実に配信できる」という要求に対しては、配信に失敗した場合、衛星回線が使用できない場合等の、異常時

にも対応できるように、配信失敗時には再送を行う(③)、データ転送回線を選択的に切り替える(④)機能が必要であると考えた。

次に上記①～④の機能について考察する。②～④の機能は、本システムの内部処理に関わる機能であるため、また、今後適用するアプリケーションに関係なく必要となる機能であると判断し、本システムの機能として実装した。

また①は、本システムを起動するだけのUIであり、適用するアプリケーションによって変更すると判断し、アプリケーションに実装した。

以下、本システムの機能として追加した、送達確認、再送及び、回線選択機能について説明する。

3.2 送達確認方式

本システムの衛星回線はその設計上、片方向通信であるため、受信局から衛星回線を介した送達確認の送付は不可能である。本システムをアプリケーションに適用した場合、信頼性の高い確実なデータ配信が要求される。しかし衛星回線は気象現象によりデータ転送に失敗することがあるため、信頼性の高い通信回線とは言い難い。よって受信結果を知らせる送達確認は本システムに不可欠な機能である。

送達確認のためのデータ送信は、一般に数十バイトである場合が多いため、高速な回線を使用する必要はなく、転送要求と同様に比較的低速な地上回線でも十分に使用できる。よって本システムでは、送達確認を地上回線を用いて行うこととした。

また、送達確認が必要無い場合や地上回線が使用できない場合を想定して、受信局に送達確認を送付しないようにユーザが指定できる機能も加えた。

3.3 再送方式

本システムでは、ファイルの送信が失敗した場合、再度送信を行うための作業をユーザが行わなければならない、ユーザの負担が非常に大きかった。そこで、受信に失敗したパケットを自動再送する機能を実装した。再送シーケンスは以下の通りである。

受信局は受信したパケットのシーケンス番号をチェックし、パケットの抜けが無いかをチェック

する。パケット抜けが無ければ成功の送達確認を、抜けがあればその抜けたシーケンス番号とともに送信局に失敗の送達確認(異常通知)を地上回線を用いて送付する。異常通知を受信した送信局は、通知された抜けシーケンス番号に該当するパケットを選択し、衛星回線を用いて再送する。

本システムでは受信局からの異常通知は、ファイルの送信が終わった後に、抜けたシーケンス番号をまとめて、送信局に送付する。

またシーケンス番号が抜けた段階で異常通知を送付し、それに対し送信局がファイル転送に割り込みをかけて、再送を行う方法も考えられる。しかしこの方法ではシーケンス番号抜けが起こった回数分、地上線の接続/切断を行わなければならない、非常に不経済である。特に地上回線に電話線を使用する場合は、その傾向が顕著となる。また割り込みをかけて再送を行う方法の方が配信性能は上がるが、本アプリケーションでの配信データの緊急性は低く、ファイル転送が終わった後で、再送を行っても問題はないため、本再送方式を採用した。

また、受信に失敗したファイルを再送するのではなく、受信に失敗したパケットのみを再送するためファイル容量に関係のない効率的な再送を可能とした。

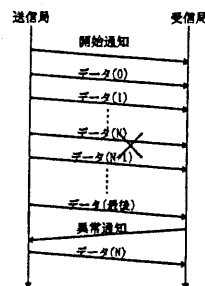


図1 再送シーケンス

3.4 回線ルーティング

本システムでは、衛星回線が気象等により使用できない場合、ファイル転送を行うことができなかった。そこで、本アプリケーションの要求に対応するために、ユーザがファイル転送回線(地上回線/衛星回線)を選択しファイル転送を行える機能を実装した。

受信局は地上回線用と衛星回線用の2つのアドレスを持っている。つまり宛先アドレスを地上側アドレスにするか、衛星用アドレスにするかで、回線の切換を行う。ただし衛星回線の場合は、UDPを、地上回線の場合は、TCPを用いる。

回線選択は、片方の回線が切れていた場合、衛星回線を使用できる時間帯が決まっている場合、様々なサイズのファイルを転送する場合を考慮して以下の条件で行うこととした。条件の優先度は(1)が最も高く、以下優先度の高い順に記述する。また再送の場合も同じ条件で回線の切替を行う。転送ファイルサイズと本システムの性能の関係については、4章以降で説明する。

- (1) いずれかの回線が転送不可能な場合、転送可能な回線を使用する
- (2) ユーザに指定された回線を使用する
- (3) 時間帯により転送回線が指定されている場合、その指定された回線を使用する
- (4) 転送ファイルサイズが指定サイズ以上の場合、衛星回線を使用する

4 性能評価

4.1 評価システム環境

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2)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。

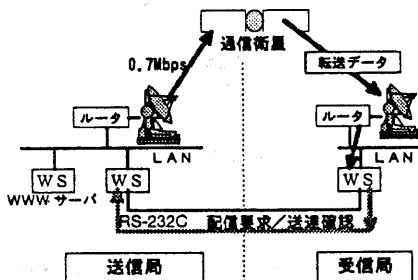


図2 評価システムの構成

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。

4.2 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

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3)。

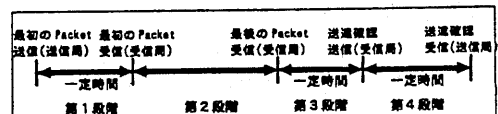


図3 配信動作の各段階

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。

4.3 各段階での応答性能

図4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4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。

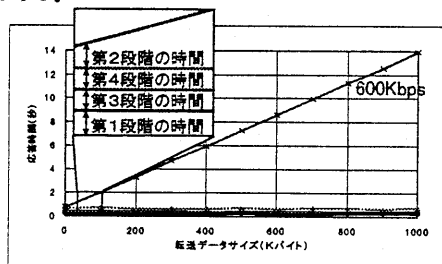


図4 転送データサイズと各段階

4.4 データサイズと転送レート

図5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。

曲線は、図5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15%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。

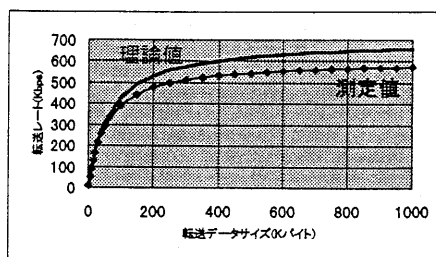


図5 データサイズと転送レート

4.5 多重度と転送レート

図6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。

図6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×5では555.9Kbps、800K + 50K×4では556.1Kbpsの転送レート値を得た)。

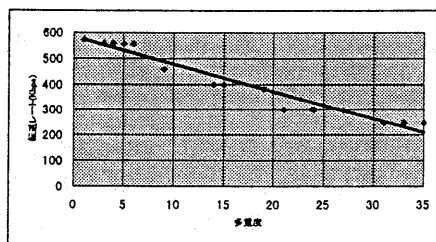


図6 多重度と転送レート

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。
- 多重度が増加すると、転送レートが1次関数的に減少する。

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、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こと、多重度が上がるほど性能が悪くなるという問題点が明確になった。また、逆に 600K バイト以上のデータ配信、及び多重度の低い配信では、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。これを考慮し、上記問題点の解決方法として、以下のアプローチが考えられる。

- 複数の配信要求データを1つのファイルにバッキングし転送する方法

ファイルのバッキングの方法としては、一定時間ごとに複数の配信要求を1つのファイルにし、配信を行う方法、及び配信要求のあったファイルの総容量が一定量以上になった段階でファイルをバッキングし、配信を行う方法がある。この方法により、配信データサイズの大容量化及び、多重度の低下が可能であり、効率的な配信が可能となる。

しかし、ファイルのバ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。

また、我々は本システムの応用として、WWWによるインターネットアクセスを実装している。

一般に WWW サーバからのファイル転送は、テキストファイルやアイコンイメージ等の数十 K から数百バイト程度の小容量ファイルの連続転送である場合がある。このようなサイズの小さなデータの多重度の高い配信を行う場合では上記改良の適用が必要となる。

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実装、評価を行い、問題点とその解決策を検討した。今後は配信データの緊急性、配信パターン等のデータの性格を踏まえバッキングアルゴリズムの研究と本システムの衛星配信プロトコルヘッダーの性能に関わる影響について調査、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] 田中 他：衛星通信利用データ配布サービスの検討，情報学会 マルチメディア通信と分散処理研究会 No.75, 1996.
- [2] 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.
- [3] Glassman et. al.: A caching relay for the World Wide Web", 1st international conference on WWW, Proceedings, 1994.
- [4] E.D.Katz et. Al.: A scaleable HTTP server. The NCSA Prototype, Computer networks and ISDN systems, Vol27, 1994.
- [5] K.C.Claffy et, el.: Tracking Long Term Growth of the NSDNET, Comm. of the ACM, Vol.37, No.8, pp34-45, 1994.
- [6] T.Bernaers-Lee et. Al.: The World Wide Web, Comm. of the ACM, Vol.37, No.8, pp76-82, 1994.