

衛星コンテンツ流通サーバ(2)

～ マルチキャストファイル配信方式～

吉田 浩, 栗原まり子, 大野 次彦, 下間 芳樹

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

近年, ネットワークで伝送されるデータ量の増大・多様化に伴い, 高速, 大容量, かつ低コストな通信インフラとして衛星回線が注目されている. また, 衛星マルチキャストによるデータ転送は, 地上線によるデータ転送と違って高速な専用線の敷設などを必要としないため安価で, しかも受信局設備を設置するだけで同時に複数の場所へ高速にデータを転送することができる. 我々は, このような衛星通信インフラを利用した衛星コンテンツ流通サーバシステムの開発を進めており, その基本技術として, 各受信局からの再送要求を最小に抑えることにより, 低価格, 高効率, 高信頼なマルチキャストファイル配信システムを試作した.

Contents Delivery System via Satellite Network(2)

Hiroshi Yoshida, Mariko Kurihara, Tsugihiko Ohno, Yoshiki Shimotsuma

Information Technology R & D Center Mitsubishi Electric Corporation

Recently, with increase and diversification of the data which is transferred by the network, satellite communication which has high speed, wide bandwidth, and low price, gets attention as a communication infrastructure. Data transfer by satellite multicast can transfer the data at a low price because it doesn't need expensive exclusive line. In this paper, we propose new file delivery system based on reliable multicast, which can reduce resend-requests from the receiving stations during the file data transfer.

1. はじめに

ここ数年, インターネットの爆発的な発展に伴い, ネットワークで送受信されるデータ量の増大・多様化が顕著になり, 高速, 大容量, かつ低コストな通信インフラの一つとして衛星回線が注目されている. 衛星回線を利用したデータ転送

は, 地上線によるデータ転送と違って高速な専用線の敷設などを必要としないため安価にネットワーク環境を構築でき, しかもマルチキャストでデータを転送すれば受信したい場所に受信局設備を設置するだけで同時に複数の場所へ高速にデータを転送することができる. 我々は, このような特徴を持つ衛星通信インフラを利用して, 広

域向けに信頼性を確保しながら効率的にデータを転送するシステムの研究開発に取り組んでいる。本稿では、今回試作した衛星マルチキャストを利用したファイル配信システムの配信方式について述べる。

2. システム構成

試作したマルチキャストファイル配信システムのシステムイメージは、図 1 に示す通りである。送信局側にはマルチキャスト配信サーバおよびマルチキャスト配信サーバを制御する制御クライアントが存在する。受信局側には、受信サーバに加えて制御クライアントを設置することも可能である。

制御クライアントは、マルチキャスト配信したいファイルやその配信時刻、転送レートなどを設定するもので、基本的には送信局に設置して制御するものである。しかし、例えば受信局側で受け取れなかったファイルの配信を個別に設定する

などの利便性を考慮して受信局側からもマルチキャスト配信サーバを制御可能とした。

マルチキャスト配信サーバ（以降、配信サーバと略す）は、制御クライアントからのコマンドを受け付け、指定されたファイルを即座にまたは指定された時刻にマルチキャスト配信する。制御クライアントは配信サーバとTCP/IP接続している。

受信サーバは、配信サーバから配信されるマルチキャストデータを受信し、ファイル化する役割を果たす。また、今回の試作システムでは、スクリプトファイルと呼ぶ特定の拡張子を持つファイルが到着した場合には、その内容を解釈し、既に到着しているファイルを指定されたディレクトリに移動したり、実行するといった動作を可能として利便性の向上を図っている。

3. 開発の課題

衛星回線のメリットとして、地上回線では実現

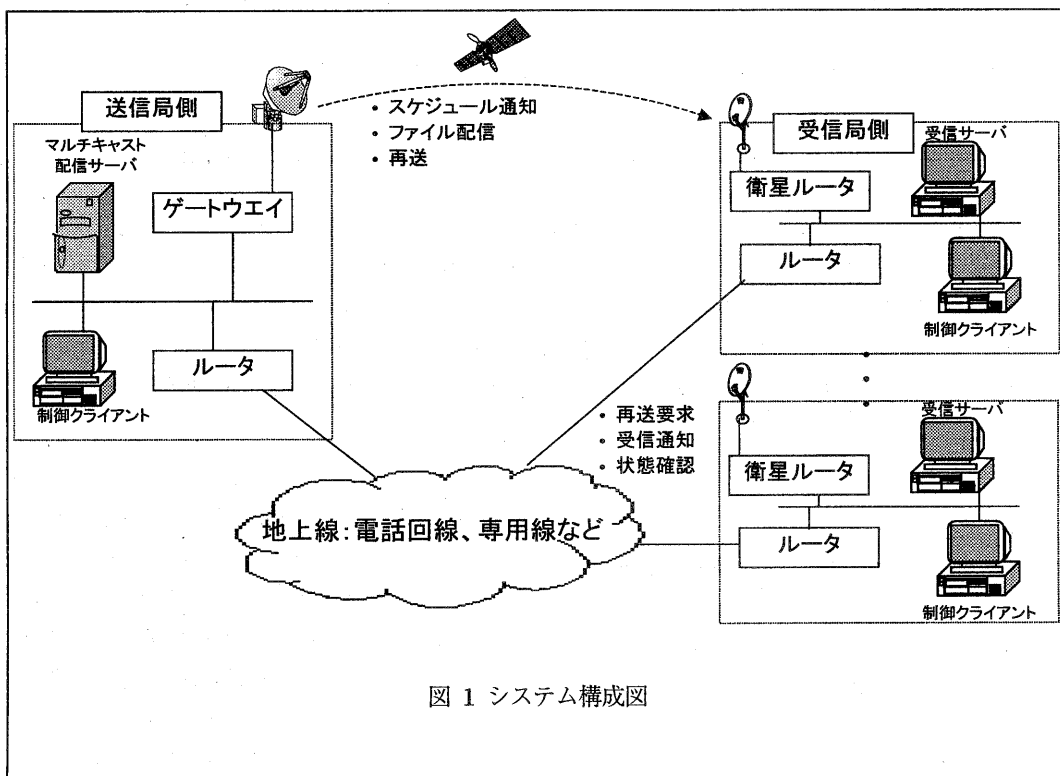


図 1 システム構成図

が困難な広域マルチキャストを容易に実現できる点あげられる。マルチキャストは、1ユーザ分のパケット送信で特定多数端末への同報配信を、回線を圧迫せずに効率的に行なえる配信方式である。その反面、パケットの欠落が発生したり、送信順序の保証を行なわないため、欠落パケットを補完して信頼性を高めない限りファイル配信には適さない。近年、こうした問題を解決するために、誤り訂正符号をパケットに付加したり、欠落したパケットを再送する等、高信頼マルチキャスト技術の研究開発が進められている。

マルチキャストでファイルなどのデータを送受信するには以下のような課題がある。

(1) データ配信時のパケット欠落

マルチキャストによるデータ転送ではUDPプロトコルが使われる。UDPプロトコルでは一般に送信されたデータが受信できることは保証されておらず、経路の途中でパケットの順序が入れ替わったり、損失する場合がある。したがって、ファイルのような大きなひとかたまりのデータを送信し、受信側で復元するためには、受信側で受信できなかったパケットを認識し、それを送信側に伝え、送信側では再送が必要なパケットを再送信するための手段と、それに最適なソフトウェア構造が必要である。

(2) データ欠落時の再送方法

データ欠落時には再送が必要となるが、その方法も様々考えられる。現在マルチキャストを利用したファイル配信を行なう製品では、大きく以下の2つの方法により信頼性を確保している。

- ① データの欠落を検知すると、欠落した部分に戻ってデータを配信し直すことにより、全ての受信局の受信状況を一定にしてファイル配信全体としての信頼性を保つ方法。
- ② データの欠落を検知すると、要求に応じて欠落したデータだけを再送することによ

りトラフィックを抑える方法。

①の方法ではそれまで順調に受信していた受信局にとって必要の無い再送データも受信しなければならない。また、衛星環境では例えば悪天候の場合、何度やってもうまく受信できない場合もあり、時には受信状態の悪い局に対しては時間を変えるなどして受信状態が安定してから送信する必要もある。そのため、受信完了は最も受信状態の悪い局と同じになってしまうため衛星環境には適さないと考えられる。

②の方法では、データ欠落を検知すると即座に受信局から再送要求が送信局に送られ、該当するパケットが送信局より再送信されるものであるが、衛星環境においては受信状態の悪い受信局は多くの再送要求を非同期に発行するため、配信サーバの処理が非同期に多くなる。

衛星環境においては、地上回線と違って天候などの条件により各受信局間で受信状態が著しく異なる。したがって、受信状態が良い受信局にはより高速に受信を完了させ、受信状態が悪い場合には受信状態の回復を待つて再送信するのが最適であると考えられる。

4. 課題の解決

図2は、今回開発したファイル配信システムのソフトウェア構成図である。制御クライアントと配信サーバはTCP/IPで接続され、制御クライアントで動作するアプリケーションによりマルチキャスト配信サーバに対してファイル配信要求などのコマンドを送付する。配信サーバはスケジュール配信制御とファイル配信制御、再送制御から構成され、スケジュール配信制御のファイル配信要求によって配信が開始される仕組みである。

以下、今回の方式による課題の解決策について述べる。

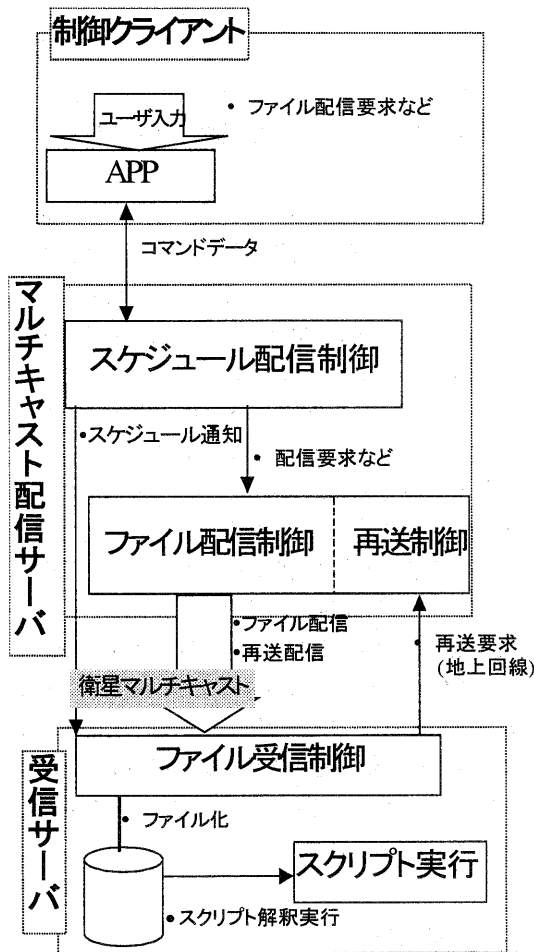


図2 ソフトウェア構成図

(1) 配信方法と動作フェーズの定義

先述のようにファイル配信を行なうとパケットが欠落する場合がある。配信サーバはファイルを送信する際にファイルを分割したパケットに番号を付して送信する。受信サーバはファイル受信制御によりパケットの監視を行ない、データの連続性が無くなるとそのパケットの番号を再送信するよう配信サーバに報告する。配信サーバは受信サーバからの報告に基づき欠落したパケットを再送信する。以上が一般的なマルチキャストによるファイル配信である。しかし、衛星環境では受信状態により他の受信局への配信に対して悪影

響を与える方式は好ましくない。そこで今回の試作では、再送要求の有無に関係なく、ファイルを一通りすべて送り終えるまで配信サーバは再送を行なわないこととし、この段階をファイル送信フェーズとした。また、配信サーバによる欠落したパケット群の再送信の際には、再送信開始までに配信サーバで受け付けられた再送要求を1つの再送フェーズとし、再送フェーズの間に受信サーバから発行された再送要求は次の再送フェーズに送信することとした。

これにより、他の受信局が再送を必要とする場合でも、再送を必要としない受信局は1回の配信でファイルを受信でき、その時点で受信を完了することが可能となる。再送フェーズにおいても、受信すべき再送パケット数が少なく受信状態が比較的良い受信サーバから受信を完了できる。また、再送のリトライに制限を設けるなどにより、受信状態が著しく悪い受信局への配信を一旦中止し、受信状態の回復を待って再スケジュールするなど、衛星環境に適したシステムを構築することが可能となる。

(2) 再送要求のタイミング

次に、再送を必要とする場合に、受信サーバから再送要求を発行するタイミングを検討した。すなわち、配信サーバはフェーズで区分してファイル送信と再送を区別して送信するが、受信サーバは再送要求のタイミングとして次の2種類が考えられる。

- ① パケットが欠落したと判断した時点で配信サーバに再送要求を送信
- ② パケットが欠落してもそれを記憶するに留め、ファイル送信フェーズ終了後に再送要求を送信

今回の試作では、UDPプロトコルにおいてはパケットの送信順序が保証されていないことと、複数の受信局から多くの再送要求を非同期に受信した場合、配信サーバ内で再送処理と配信処理が互いに悪影響を及ぼす可能性があることから②の方法をとった。

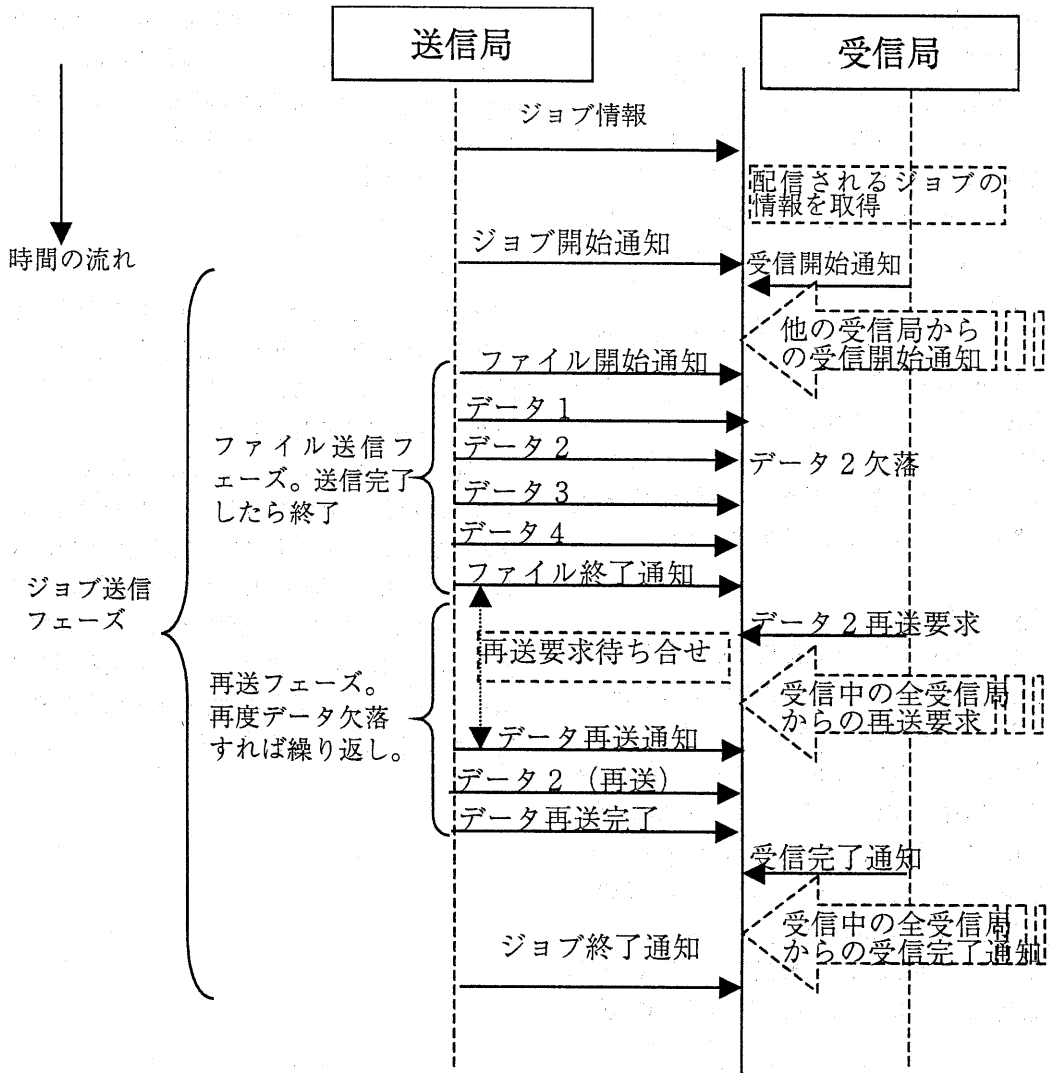


図 3 ファイル配信方式の処理概要

今回試作のファイル配信方式の処理概要は図3に示した通りである。これまで説明したファイル配信方法、再送方法に加え、ファイル送信フェーズなどのフェーズの区切りを受信サーバに通知する方法を付加した。図中、ジョブ情報は、アプリケーションから入力されたファイル配信の情報（マルチキャストアドレス、ファイル名など）を受信サーバに通知するもので、この情報によ

て受信サーバは受信するファイルの情報を獲得し、受信のための準備を行なう。ジョブ開始通知はこれからファイルの配信を開始することを受信サーバに通知するもので、今回の試作ではジョブという単位の中でファイルの一つ送信可能になっている。ファイル開始通知は、ファイル配信を開始することを通知するもので、受信サーバはこの通知によりファイルのサイズや分割したブロックの数を事前に知ることが可能である。ファ

イル終了通知はファイル送信フェーズの終了を示すもので、受信サーバはこの通知を受信するとファイル送信フェーズで受信できなかった再送パケットのリストを配信サーバに送信する。再送開始通知は、配信サーバにおいて再送パケットを送信する準備が整い、これから再送フェーズに入ることを示し、再送終了通知は再送フェーズの終了を示す。

以上の処理の実装により、マルチキャストファイル配信の基本的な機能として、ファイルが確実に送受信できることを確認すると共に、受信状態の良い局は1回のファイル配信でファイル受信を完了でき、かつ受信状態が悪い受信局が存在しても影響を受けないことが可能となった。

(3) 性能評価

本方式について基本的な配信性能と他社方式を評価した結果を図4に示す。この図は、本方式の性能を1とした場合の受信性能比をグラフ化したものである。公平に評価するために、試験対象機器のH/W構成は同一としている。評価は、配信側の転送レートを上げていった場合の受信レートを測定することにより行なった。なお、配信に使用したファイルは80メガバイトである。

図からも分かるように、転送レートが低く再送が発生しにくい場合には両方式とも同等の性能

であるが、配信レートの上昇にしたがって再送が発生するようになり、両方式で受信性能に差が出来る。配信レートが20Mbps程度になると、本方式の方が20~30%程度良好な受信レートが得られることを確認した。

5. まとめ

今後ともまだまだ性能面、機能面での評価と改良を積み重ねていく必要があるが、基本的な転送性能においては従来の技術に対して本方式の方が優れていることを確認した。

課題でも少し触れているように衛星環境においては、日本だけを考えても全ての受信局で同じ天候とは限らないため、各受信局間で受信状態が著しく異なる場合が多い。しかし、衛星回線のメリットは広域に点在する受信局に対して一斉に配信できる点にある。今後は、こうした衛星環境に適した高機能化や、更なる性能評価と改善を続け完成度の高いシステム構築に取り組んでいく予定である。

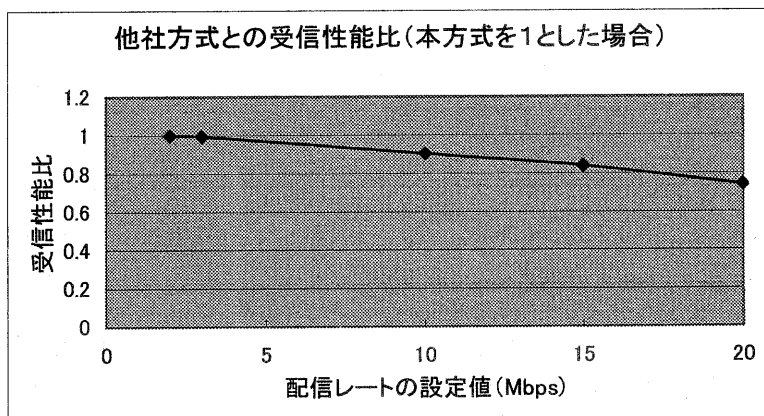


図4 基本性能の評価結果