

プッシュ型 情報配信サービス／技術の展望

高橋 修 NTT 情報通信研究所

..... プッシュ型情報配信サービスとは

インターネットに代表されるマルチメディアネットワークの普及により、ニュースやプログラムファイルなどのデジタル情報を多数のユーザに配信するサービスが期待されている。たとえば、インターネットを利用して時々刻々と発生するニュースを次々に自動的に届けたり、営業マンへ最新の電子カタログや価格表を一斉に届けたり、ソフトウェアを購入したユーザへアップデート情報を配ったりする種々の利用方法が考えられる。

プッシュ型情報配信サービスは、これらの要望にこたえるためここ数年の間に発展してきたものであり、すでにいくつかのサービスについては、インターネットなどを利用して実際に利用することもできる。「広義の」プッシュ型情報配信サービスとは、エンドユーザが特別な操作をしなくても、自動的に情報を届けてくれるサービスである。プッシュ型情報配信サービスは、配信する情報の特性によって、大きくメッセージ型、バルク型、およびストリーム型に分類することができる(表-1)。メッセージ型は、ニュースや市況情報などのメッセージを配信するサービスであり、バルク型はプログラムやドキュメントなどのファイルを配信するサービスである。一方、ストリーム型は、映像とか音声などの連続メディアをクライアント側でリアルタイムに再生するテレビやラジオのような放送サービスを指向するものであり、一般にストリーム型はプッシュ型情報配信サービスから除外する場合が多い(狭義のプッシュ型情報配信サービス)。本稿では狭義のプッシュ型情報配信サービスを対象に技術動向を解説する。

..... 製品化動向とその実現方式

■プッシュ型情報配信を実現する製品

現在、インターネットなどで利用できるプッシュ型情報配信サービスを実現する製品には、以下のものがある。

メッセージ型のアプリケーションには、米Point Cast社のPointCast Networkに代表されるニュース配信がある。特定の企業や情報カテゴリーのチャンネルを選択・設定しておけば自動的に新しいニュースがクライアントに届くというサービスである。現在インターネットで利用できるサービスはこの形態が最も多い。

また、バルク型のアプリケーションには、ソフトウェア配信では、新規ソフトウェアやアップデート・ソフトウェアをオンラインで配布したり、インストールするサービスがある。たとえば、米marimba社のCastanetがこのタイプの製品である。ドキュメント配信では、既存のアプリケーションのドキュメントやデータを配布して、グループウェアや業務に適用する使い方などがあり、たとえば、Excel形式の価格リストをクライアントに配信し、製品の説明や価格などを合わせた製品カタログを自動的に最新に保つようなサービスが実現されている。製品としては、米BackWeb Technologies社のBackWebなどがある。

表-1 プッシュ型配信サービスの分類

	メッセージ型	バルク型	ストリーム型
配信対象	テキスト (HTML等)	ファイル	映像, 音声
配信契機	イベントドリブン	スケジュール	スケジュール
サービス例	リアルタイムニュース 市況情報	プログラム配信 ドキュメント配信	映像放送 音声放送

← 狭義のプッシュ型情報配信サービス →

← 広義のプッシュ型情報配信サービス →

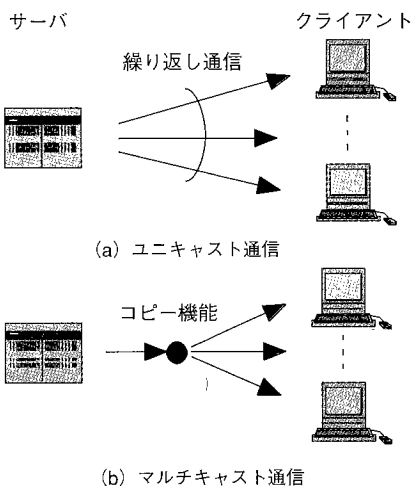


図-1 ユニキャストとマルチキャスト

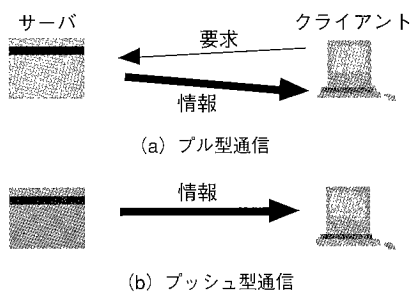


図-2 プルとプッシュ型通信

さらに、汎用のWWWブラウザである、米Microsoft社のIE4.0や米Netscape Communications社のNetscapeCommunicator4.0などでもプログラムやニュースなどを含むプッシュ型情報配信サービスを実現している。

■2つの実現方式：スマートプルとリアルプッシュ

情報を提供するサーバとクライアント間の通信形態に着目すると、ユニキャスト（1対1通信）とマルチキャスト（1対n通信）の2つの形態がある（図-1）。また、情報を配信する契機に着目するとクライアントから情報を要求するプル型とサーバ側から情報を送信（プッシュ）するプッシュ型に分けることができる（図-2）。

現在あるプッシュ型情報配信サービスを実現する製品のほとんどは、ユニキャストでかつ受信者側からの要求に基づき情報を取り出すプル型通信を使用している。クライアントにとっては、情報が自動的にプッシュされるように見えるこのサービスは、実際には、ユーザ側のクライアントソフトが所定のスケジュールに従い、あるいはサーバ側から情報の更新が通知されて、それらを契機にサーバへ情報を取りに行く形態をとっており、スマートプルと呼ばれている。一方、マルチキャストを使用してサーバ側から情報をプッシュするサービスは前者と区別するためリアルプッシュと呼ばれて

表-2 プッシュモデルの特徴

	スマートプル	リアルプッシュ
通信形態	1対1, プル	1対n, プッシュ
サーバ負荷	大	小
分配時間	長	短
ネットワークトラフィック	大	小
同時分配	困難	可能

いる。

スマートプルは、ユーザ数に比例してサーバやネットワークの負荷が増大したり、新しく発生した情報がすぐに配信されない、あるいは、ユーザが情報を受け取る時刻に差が出てしまうという問題がある。通信トラフィック増大問題に対しては、情報を圧縮したり、前回送信したものと差分のみを送信するようしたり、プロキシサーバを設定したりして工夫をしている。しかし、抜本的な解決は不可能であり、企業によっては情報配信サービスの使用を禁止しているところもある。

これらの問題を解決するのがマルチキャストを利用するリアルプッシュである。マルチキャストにより、サーバはユーザ数に関係なく1回分の情報を送信するだけで、すべてのマルチキャストグループメンバーへの配信が行え、また、新しい情報が発生したときにすぐにサーバ主導で配信することが可能となる。特に、時間の経過とともに情報の価値が変化する市況情報の配信などに有効である。リアルプッシュ（マルチキャスト）の特徴を表-2に、また、情報配信に必要な時間とサーバ負荷に関する性能評価例¹⁾を図-3に示す。図-3から分かるようにクライアント数が1,000を超えるとマルチキャストは、サーバ負荷、情報配信時間に関してユニキャストに比較して2桁程度の性能改善が期待できる。ただし、リアルプッシュ情報配信サービスを実現した製品はまだほとんどない。

■標準化動向

プッシュ型情報配信サービスを実現する製品は、今のところ個々のサービスに依存した部分が多く、互換性はほとんどない。現在標準化は、WWW関連技術の標準化団体W3C（World Wide Web Consortium）およびインターネットソサエティ（IETF: Internet Engineering Task Force）で進められているが、いくつかの方式に関して検討が進められている段階である。

リアルプッシュを支えるマルチキャストネットワークの仕組み

■プロトコルアーキテクチャとマルチキャスト

リアルプッシュを実現するためのプロトコルアーキテクチャを図-4に示す。伝送を実現するネットワーク（レ

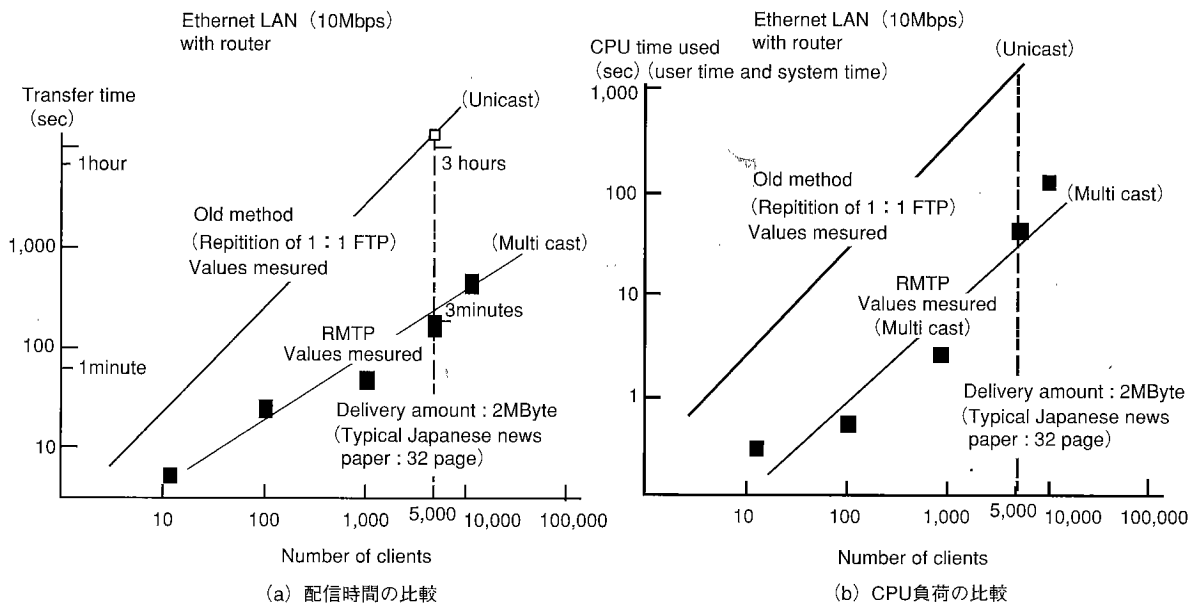


図3 ユニキャストとマルチキャストの性能比較例

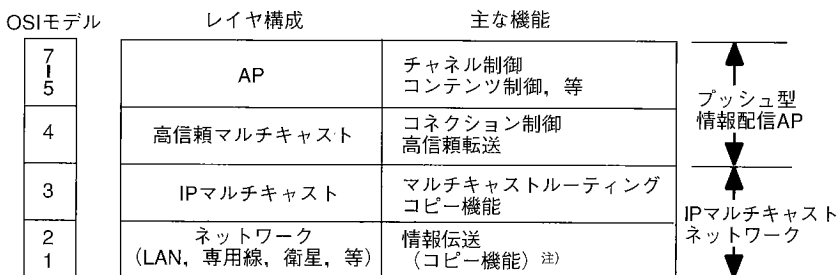


図4 プッシュ型情報配信サービスのためのプロトコルアーキテクチャ

イヤ1,2), コピー機能やマルチキャストルーティングを実現するIPマルチキャスト(レイヤ3), 高信頼通信を実現する高信頼マルチキャスト(レイヤ4), AP(レイヤ5-7)に分けることができる。

マルチキャストネットワークを実現するためには、情報を複数の宛先に送信するために複製を作成するコピー機能と、IPマルチキャストルーティングが必要である。ネットワークには、ブロードキャストネットワークとポイント-ポイントネットワークがあり、ブロードキャストネットワークには、Ethernetなどのシェアードメディア型LAN, 衛星, 地上波, CATVなどがある。また、ポイント-ポイントネットワークには、電話網や専用線をはじめとして種々のものがある。マルチキャストネットワークは、これらのネットワークとマルチキャストルータを組み合わせることで実現可能である。ブロードキャストネットワークを利用する場合は、コピー機能はこれらのネットワークで実現されているため、ルータはIPマルチキャストルーティングのみを実現する。一方、ポイント-ポイントネットワークではコピー機能がないので、ルータはコピー機能とIPマルチ

キャストルーティング機能の両方を実現する。レイヤのより低い方でコピー機能が実現されるブロードキャストネットワークを利用する方が、より効率よくマルチキャストネットワークを構築することが可能である。

■ IPマルチキャストルーティング

IPマルチキャストを実現するプロトコルは、IETFで標準化されており、UNIXやWindows95/NT, MAC OSなどのプラットフォームやルータですでに実装されている。以下では、IPマルチキャストの動作原理について解説する。

● マルチキャストグループとIPマルチキャスト

IPアドレスには、ユニキャスト, ブロードキャスト, およびマルチキャストアドレスの3つのタイプがある。ユニキャストアドレスは単一の宛先ホストにパケットを送信するためのもので宛先のホストを示す。ブロードキャストアドレスは送信元が収用されているLAN(サブネットワーク)内のすべてのホストに送信する際に使用する。マルチキャストアドレスは、特定のホストの集合(マルチキャストグループ)に情報を転送する

ために使用される。

IPマルチキャストモデルは、ごくシンプルなものであり、1つ以上のホストから構成されるホストグループにマルチキャストアドレスを割り当て、そのアドレスに対してIPパケットを送信すれば、そのホストグループにIPパケットが到着する。それぞれのホストはいつでもマルチキャストグループに参加したり脱退したりできる。1つのホストは複数のマルチキャストグループに参加できる。また、マルチキャストパケットの送信元となるホストはそのグループのメンバシップである必要はない。マルチキャストで送信されるパケットはユニキャストと同様にベストエフォートで配信され、マルチキャストパケットが確実にグループメンバ全員に配達されることや、到達するパケットの順番が送信時と同じであることの保証はなく、転送誤りの検出や誤りパケットの再送等は必要に応じて上位のレイヤで補完することになる。

IPマルチキャストを実現するプロトコルには、マルチキャストグループに参加するためのメカニズム（グループメンバシップ制御プロトコル）を実現するものと、ルータ間でマルチキャストパケットを転送する経路を決定するためのもの（IPマルチキャストルーティングプロトコル）の2つに分けることができる（図-5）。

●グループメンバシップ制御プロトコルの仕組み

グループメンバシップ制御プロトコルはルータとそれに直接接続されたサブネットワーク上のホストとの間のプロトコルである。代表的なプロトコルにIGMP (Internet Group Management Protocol)²⁾がある。以下では、IGMPでのグループメンバシップ制御の仕組みについて解説する。

あるホストがマルチキャストグループに参加したい場合、その旨をサブネットワーク上のルータに要求する。これを受信したルータは、そのメンバであるホストが存在するサブネットワーク上にそのパケットを転送する。また、ルータは、LAN内のグループメンバがアク

ティブであるかを確認するために問合せ (Query) メッセージを定期的送信する。Queryメッセージを受信したホストは、自分が所属するグループアドレスを報告 (Reports) メッセージで応答する。このとき、ホストはランダムな遅延タイマを始動し、このタイマが切れたらReportsメッセージを送出する。もし、このタイマ期間の間に他のホストから同一グループアドレスが記述されたReportsメッセージを受信したら、このメッセージの送出手は行わないことによって不要なトラフィックを抑制する (図-6)。

マルチキャストルータは、Reportsメッセージのグループ情報を管理するが、Queryメッセージを送出したのに、あるグループに関するReportメッセージを受信しなかったら、もはやLAN上にはそのグループに属するホストは存在しないものとしてグループ情報からそのグループを削除する。

●IPマルチキャストルーティングプロトコルの仕組み

IPマルチキャストルーティングプロトコルは、デンスモード (dense-mode) とスパースモード (sparse-mode) の2種類に分けられる。デンスモードは、マルチキャストグループに参加するホストがネットワークに

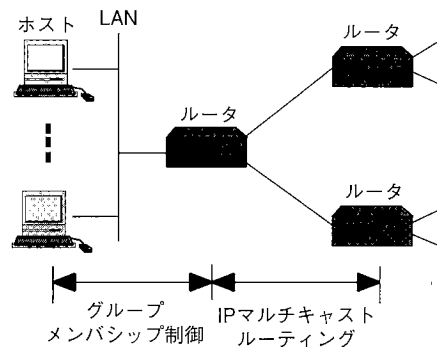


図-5 IPマルチキャストプロトコルの構成

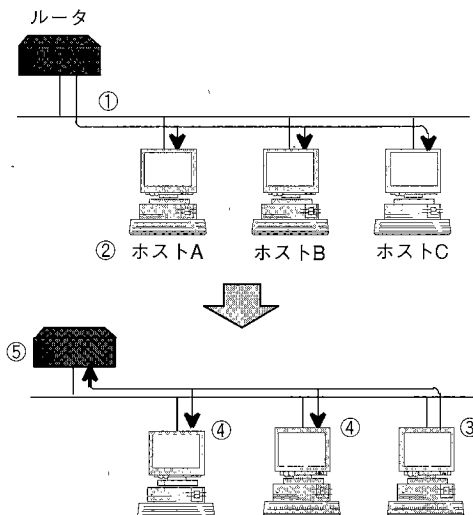
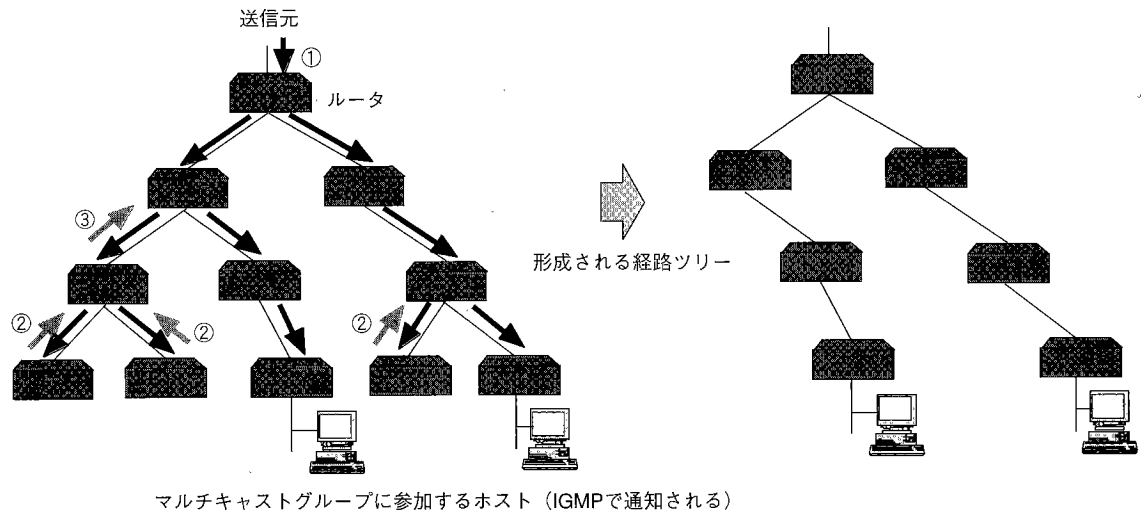


図-6 IGMPにおけるグループメンバシップ制御例

IGMPにおける問合せ手順

- ①あるマルチキャストグループに参加しているホストがいるか問い合わせる。(IGMP Queryを送信)
- ②各ホストは返事するタイミングをランダムにセット。
- ③最初にタイムアウトしたホストCがマルチキャストグループに参加していることを報告。(IGMP Reportsを送信)
- ④他のホストは参加していても応答しない。
- ⑤問い合わせたグループに参加者がいることを確認。



送信経路の設定手順

- ①送信元のルータは隣接するすべてのルータにIPパケットを送信する。下流にあるルータも同様の動作をする。
- ②末端ルータは、自分のサブネットワークにそのマルチキャストグループに参加するホストがない場合は、自分を送信経路から外すよう要求 (Pruneメッセージの送信) する。
- ③中間ルータは下流に参加ホストがない場合、②と同様の動作をする。

図-7 DVMRPにおける経路ツリーの形成例

密 (dense) に分布していて、ネットワーク上のほとんどのホストがそのマルチキャストグループに属している場合やネットワークの帯域が十分確保されている場合に効果的に働く。一方、スパースモードはマルチキャストグループに参加するホストが疎 (sparse) に分布していて、それに参加するホストがネットワーク全体に広くまばらに存在している場合や、ネットワークの帯域が細い場合に有効に働くよう設計されている。

● デンスモード

デンスモードのプロトコルとして、DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)³⁾、MOSPF (Multicast extensions to Open Shortest Path First)⁴⁾、PIM-DM (Protocol Independent Multicast-Dense Mode)⁵⁾ などがある。以下では、Mboneなどで広く使われているDVMRPの基本動作として、IPパケットを送達するための経路の設定方式について解説する。

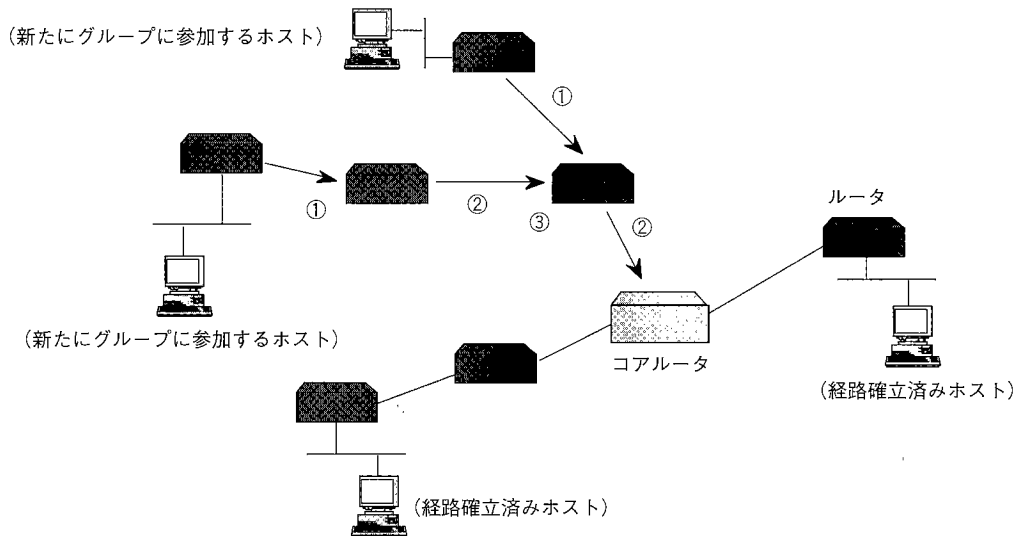
DVMRPでは、接続しているすべてのルータに情報を伝搬させ、その後不要な経路を切り取る方式をとる (図-7)。具体的には自分に情報を送ってきた上流のルータを除く隣接のルータすべてに情報を送出する。その情報を受けたルータは同様に上流ルータ以外のすべての隣接ルータにこの情報を送る。この動作は末端のルータまで続けられる。もし、末端ルータが接続されているLAN内に、マルチキャストグループに参加しているホストが1つでも存在すれば、そこまでの経路は有効となり、マルチキャストパケットが配信される。また、LAN内にマルチキャストグループに参加しているホストが存在しなければ、そのルータは上流のルータ

へその旨を通知 (Pruneメッセージ) して、その経路を無効にしてもらう。これを繰り返すことで、不必要な経路が削除され、最終的に情報配信のための経路が形成される。なお、Pruneメッセージにはその有効期限 (Lifetime) が記述されており、期限が切れると再度経路を無効にするための手順を繰り返す必要がある。

デンスモードは、個々のルータが経路全体の情報を知らなくてもよく、また送信元から最短経路で末端ルータまで配信することが可能であるとともに、仕組みが簡単なので実装しやすいのが特徴である。ただし、上述のように経路決定を定期的に行う必要があり、そのつど末端のルータまで情報を伝える必要があり、ネットワークの帯域が細い場合やグループに参加しているホストがネットワーク全体にまばらに存在している場合、そのために必要なトラフィックが問題となる。

● スパースモード

デンスモードの欠点を補うために開発されたのが、スパースモードである。スパースモードのプロトコルにはCBT (Core Base Trees)⁶⁾ やPIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)⁷⁾ などがある。デンスモードは上述のように送信元ごとに最短のパスの経路を作成するのに対して、スパースモードは受信者側から経路 (共有ツリー) を決めていく方式をとる (図-8)。経路はマルチキャストグループに共有され、1つ以上のルータがその経路のコア (core) として、あらかじめ設定される。自分のサブネットワークにマルチキャストグループの参加メンバがいるマルチキャストルータは、コアルータに向けて経路を確立していく。コ



経路形成手順

- ①新たにグループに参加するホストがある場合、末端ルータはコアルータに向けて経路を確立。
- ②中間ルータもコアルータに向けて経路確立。
- ③すでに完成した経路にぶつかったときはそこで終了。

図-8 CBTの経路ツリー（共有ツリー）の形成例

アルータに到達する前に他のルータがすでに作った経路にぶつかった場合は、そこで経路の確立を中止し、すでに確立された経路を使用する。マルチキャストパケットは、共有ツリーのルータに到着するまで、コアルータに向かってユニキャストで送信され、最初にこのパケットを受信した共有ツリーのルータは、マルチキャストで共有ツリーに転送する。

スパースモードは、デンスモードのように経路を作成するために末端ルータまで情報を送信しなくてもすむため、ネットワークの帯域を節約することができる。ただし、コアルータにトラフィックが集中するため、マルチキャストを利用するホスト数が増えるとこれがボトルネックとなる可能性がある。また、マルチキャストパケットは必ずしも最短パスを経由される訳ではないので遅延時間が発生しやすい欠点がある。

●リアルプッシュを実現するための上位プロトコル：高信頼マルチキャスト

IPマルチキャストネットワークが提供するIPパケット転送サービスは、上述したようにコネクションレス型のプロトコルをベースにしており、マルチキャストパケットは垂れ流し的に送信される。したがって、マルチキャストパケットが確実にマルチキャストグループメンバ全員に配送されたことや、受信したパケットが送信した順序どおりになっていることや、また、パケットの欠落がなかったことの保証がない。このように信頼性について何ら保証されていないIPマルチキャストネットワークを利用してHTMLドキュメントやファイルを配信したり、課金を伴う有料のサービスを実現

するためには、信頼性を確保するために上位レイヤで高信頼マルチキャストプロトコルが必要になる。

高信頼マルチキャストプロトコルについては、StarBurst社⁸⁾のMFTP⁸⁾、Tibco社のPGM-RTP⁹⁾、NTT-IBMのRMTP¹⁰⁾などがあるが、いずれもインターネットドラフトレベルであり、APを含めて本格的な標準化はこれから行われる状況である。

リアルプッシュ情報配信サービス研究開発事例：RealPush Network

リアルプッシュ情報配信サービスの研究開発事例として、筆者らが開発したニュース等をリアルタイムに配信するRealPush Network¹¹⁾について、その設計思想、システム構成、プロトコルアーキテクチャについて解説する。

■設計思想

RealPush Networkは、IPマルチキャストを利用してリアルプッシュサービスを実現するが、その設計にあたっての基本方針は以下のとおりとしている。

●信頼性

グループメンバに対して正しく情報を配信する。その信頼性は、ユニキャスト通信で使用されるFTP (TCP/IP) と同等レベルとする。

●スケーラビリティ

数千から1万程度のメンバからなる特定のユーザグループに情報を配信可能とする。

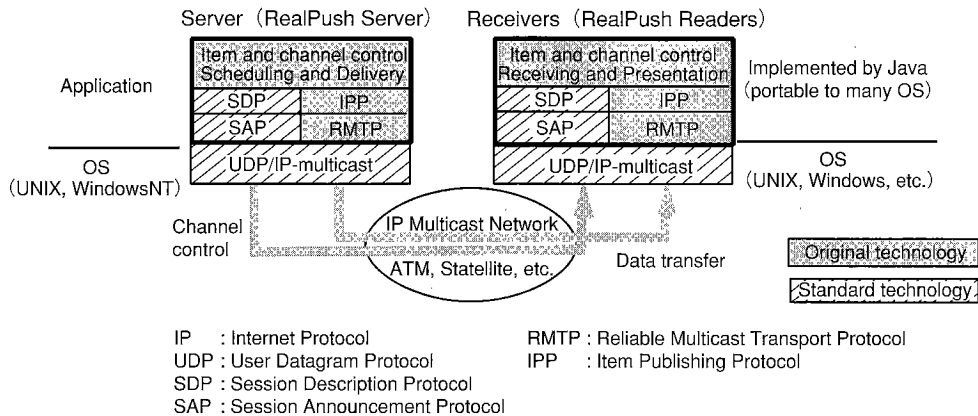


図-9 RealPush Networkのソフトウェアおよびプロトコル構成

●コンテンツ管理

記事 (HTML, ドキュメント), 広告 (画像ファイル, 動画ファイル), ティッカー情報 (テキスト), ソフトウェアなどの情報を配信可能とする。また, これらのコンテンツごとに, 送信スケジュールや有効期限などの制御を可能とする。

●チャンネル制御

プッシュするコンテンツのグループ (番組) をチャンネルで選択可能とする。サーバはチャンネルの追加, 修正, および削除を動的に制御可能とする。クライアントは, 購読するチャンネルを動的に選択可能とする。

■プロトコルアーキテクチャ

RealPush Networkのプロトコルアーキテクチャを図-9に示す。IPマルチキャストを利用して, その上でチャンネルをアナウンスするチャンネル制御と, チャンネルにコンテンツを高信頼マルチキャストで配信するコンテンツ転送制御を実現している。

●チャンネル制御

チャンネルを識別するためにマルチキャストアドレスとポートの組合せを利用し, これをクライアントに通知する。クライアント側では, 指定されたポート番号のマルチキャストソケットをオープンし, 指定されたマルチキャストアドレスに参加することで, コンテンツの受信が可能となる。

これらを実現するためのプロトコルについては, MBoneなどで広く使われているSAP(Session Announcement Protocol)¹²⁾とSDP(Session Description Protocol)¹³⁾を利用している。

●コンテンツ転送制御

コンテンツ転送制御に必要な高信頼マルチキャストプロトコル, 属性管理プロトコルは筆者らが新規に開発したものである。

●高信頼マルチキャストプロトコル: RMTP

RMTP (Reliable Multicast Transport Protocol)¹⁴⁾

は, IPマルチキャストの利用を前提に, 信頼性を補完するために設計されたものであり, 順序制御や誤り制御などを実現する。

RMTPの基本的な動作は, コネクションの確立フェーズ, 情報転送/再送フェーズ, 個別再送フェーズに分かれる (図-10)。

(i) コネクション確立フェーズ

通信に先立ち, 通信相手エンティティ群との間でマルチキャストコネクションを確立する。これにより, 通信のための資源を確保するとともに, 通信相手の確認 (認証), および通信で使用するオプション機能のネゴシエーションを実現する。

(ii) マルチキャスト情報配信フェーズ

サーバは情報を順序番号を持つ複数のパケットに分割してマルチキャストで転送する。受信側は最後のパケットを受信したら受信状況により応答 (肯定/否定応答) を返送する。サーバは, 肯定応答を送信した相手エンティティとのコネクションを解放する。否定応答を送信した相手には, 応答に指定された再送要求パケット順序番号に基づきそれらを再送する。これらをすべての端末から肯定応答をもらうまで繰り返す。なお, 端末からの応答はサーバ側での応答の集中を避けるためバックオフ方式により分散させることができる。

(iii) 個別再送フェーズ

ビジー状態となった端末に対して, 一定時間内にビジー状態が解除されれば個別に必要なパケットを転送する。

●コンテンツ属性制御プロトコル: IPP

IPP (Item Publishing Protocol) は, WWW (World Wide Web) で使用されているHTTP (HyperText Transfer Protocol)¹⁵⁾をベースにマルチキャストに適するよう拡張したものである。IPPは, リクエストのみのコネクションレスプロトコルであり, サーバからクライアントへコンテンツの表示要求とコンテンツの削除要求を行う。これらのリクエストには, 要求時刻, コ

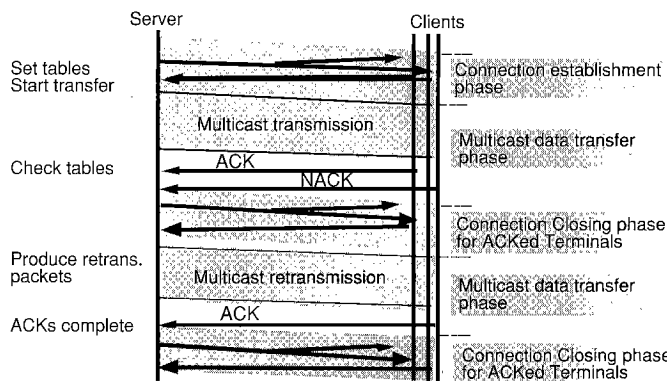


図-10 RMTPの基本シーケンス

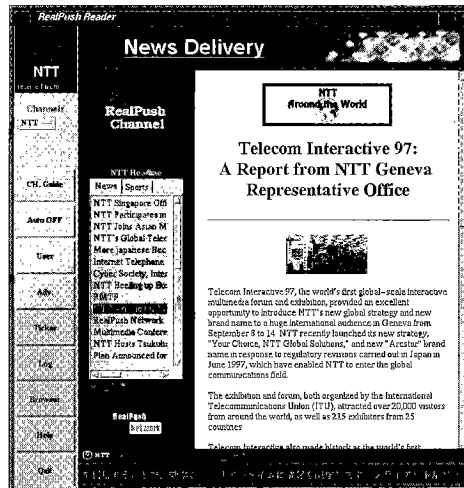


図-11 RealPush Reader画面例

コンテンツ属性（ファイル名、チャンネル名、リンク先URL、有効期限、最終更新日時など）が設定される。

クライアントは、これらの情報により、有効期限の切れたコンテンツの削除、更新日時に基づくコンテンツのソーティング、キーワードによる検索、コピーライト情報に基づくプリンタ出力許可制御を実現する(図-11)。

今後の展望

リアルプッシュ情報配信サービスの普及のポイントは2つある。IPマルチキャストネットワークインフラの整備と、魅力的なコンテンツを増やすことである。

米国では、UUNET, MCI, @HomeなどのISPがすでにIPマルチキャスト商用サービスを開始しており、日本でもIJが商用サービスを本年春より開始した。また、デジタル衛星を利用した衛星インターネットサービスですでにIPマルチキャストインターネットサービスが始まっている。さらに、地上波や、CATVもIPマルチキャストを容易にサポート可能なインフラである。IPマルチキャストは、ネットワークベンダにとってもトラフィックを減らし、効率よくネットワーク資源を利用することが可能となるため、今後種々のISPで整備され、それらが相互接続されることが期待されている。また、米国では、IPマルチキャストの普及促進を目的にIP Multicast Initiativeが1996年に結成されており、種々の普及活動が進められていることもあり、本格的な普及がもうすぐ始まると思われる。さらに、多数のユーザが購読する魅力的なコンテンツが登場し、それがIPマルチキャストでないと快適に見ることができなくなれば、一気に普及すると予想される。

また、プロトコルの標準化が進み、各社製品間の相互接続が可能となることも普及のための必須の条件となる。

リアルプッシュサービスは、放送と通信を融合する新しいアプリケーションである。これにより、誰でも、簡単に情報の発信者になれたり、また誰でも、いつで

も、どこでも必要な情報を簡単に入手することが可能になる。リアルプッシュサービスは、21世紀に向けての情報流通基盤を構成する重要なサービス/技術に位置付けられ、さらに信頼性が高く、かつ高効率なサービス実現技術の研究・開発が期待されている。

参考文献

- 1) Shiroshita, T. et al.: Performance Evaluation of Reliable Multicast Transport Protocol for Large-scale Delivery, Proc. IFIP PHSN96, pp.149-164 (Oct. 1996).
- 2) Deering, S.: RFC 1112, Host Extensions for IP Multicasting (Aug. 1989).
- 3) Deering, S. et al.: RFC 1075, Distance Vector Multicast Routing Protocol (Nov. 1988).
- 4) Moy, J.: RFC 1584, Multicast Extensions to Open Shortest Path First (May 1994).
- 5) Estrin, D. et al.: Internet Draft, Protocol Independent Multicast-Dense Mode: Protocol Specification (Jan. 1996).
- 6) Ballardie, A. et al.: Internet Draft, Core Based Trees (CBT) Multicast - Protocol Specification - (Nov. 1996).
- 7) Deering, S. et al.: Internet Draft, Protocol Independent Multicast - Sparse Mode: Protocol Specification (June 1996).
- 8) Miller, K. et al.: Internet Draft, StarBurstst Multicast File Transfer Protocol (MFIP) Specification (Apr. 1998).
- 9) Speakman, T. et al.: Internet Draft, PGM Reliable Transport Protocol Specification (Aug. 1998).
- 10) Shiroshita, T. et al.: Internet Draft, Reliable Multicast Transport Protocol Version 2 (May 1997).
- 11) 木下他: RealPush Network: 高信頼マルチキャストを利用した新しいプッシュ型コンテンツ配信システム, DICOM (July 1998).
- 12) Handley, M.: Internet Draft, SAP: Session Announcement Protocol (Nov. 1996).
- 13) Handley, M. et al.: RFC2327, SDP: Session Description Protocol (Mar. 1997).
- 14) 山内他: 高信頼同報バルク転送機構, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.6 (June 1998).
- 15) Berners-Lee, T. et al.: RFC 1945, Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.0 (May 1996).

関連するWebサイト一覧

- PointCast Network Homepage, <http://www.pointcast.com>
- marimba Homepage, <http://www.marimba.com>
- BackWeb Homepage, <http://www.backweb.com>
- Microsoft Homepage, <http://www.microsoft.com>
- Netscape Homepage, <http://home.netscape.com>
- W3C Homepage, <http://www.w3.org>
- IETF Homepage, <http://www.ietf.cnri.reston.va.us>
- MBone Homepage, <http://www.mbone.com>
- RealPush Network Homepage, <http://infocast.isp.ntt.co.jp>
- The IP Multicast Initiative (IPMI) Homepage, <http://www.ipmulticast.com>

(平成10年9月24日受付)