高信頼マルチキャストを利用した True-push 型コンテンツ配信システムとその試行サービスおよび評価

長田孝彦† 木下真吾†
佐野哲央† 城下輝治†

1996 年以来インターネット上において，PointCast に代表される Push 型サービスが注目されている．これらのサービスでは，ニュース等のコンテンツが自動的にユーザ宛に配信されてくるように見える．しかし，実際の動作は，あらかじめ指定されたスケジュールに従ってクライアントがサーバへアクセスしてコンテンツを得る，いわゆる Pull 型の形態である．1 対 1 の Pull 型である以上，新たに発生したコンテンツを即座に得ることが困難であるという即時性の問題や，ユーザ数の増加とともにサーバやネットワークへの負荷が増大するというスケーラビリティの問題が生じる．今回筆者らは，本当の意味で Push 型の形態をとるコンテンツ配信システム “RealPush Network” を開発した．このシステムは，高信頼マルチキャストを利用して，コンテンツを多くのユーザへ同時に，効率良く，確実に配信することを可能にする．さらに筆者らは，1997 年末から一般のインターネットプロバイダネットワーク上で，ニュースや Web 雑誌の記事を一般ユーザに配信する試行サービスを，本システムを利用して行ってきた．配信したコンテンツは，新聞社 2 社，通信社 1 社，Web 雑誌社 1 社から提供された記事を使用した．本論文では，Push 型コンテンツ配信システムに対する要求条件を述べるとともに，RealPush Network，本システムを利用した試行サービスと評価について報告する．

True-push Contents Delivery System Using Reliable Multicast and Its Trial Service and Evaluation

Takahiko Nagata,† Shingo Kinoshita,† Tetsuo Sano† and Teruji Shiroshita†

The Push-type services such as PointCast Network and BackWeb have got much attention on the Internet since 1996. In these services, the contents of news etc. seem to be deliver to users automatically. However, they are actually the pull-type and point-to-point services, because the its clients access to the server to obtain the contents according to the specified schedule. So they cause the following problems: difficulty of immediate obtaining fresh contents, and increase of the load to the server and network with users accessing more. The authors have developed the RealPush Network which is a true-push-type content delivery system. This system can deliver a content to many users simultaneously, efficiently and certainly by using the reliable multicast. And using this system the authors have presented the delivery service of the news and magazine on the general internet provider since Dec. 1997. These contents have been provided by the two newspaper companies, the news agency and the web magazine company. This paper reports about the requirement for push-type content delivery system, the RealPush Network, and its trial service and evaluation.

1. はじめに

インターネットにおける情報サービスは，急速に拡大している．Web ブラウザを利用すれば，様々な情報を入手することができ，また，雑誌や新聞よりも新鮮な情報を得ることができる．ただし，ユーザが意識して Web サイトにアクセスしない限り，最新の情報を得ることはできない．たとえば，頻繁に内容が更新される新聞社の Web サイトの最新のニュースを得るためには，ユーザは頻繁にそのサイトにアクセスする必要がある．またアクセスしてもニュース内容が更新されていない場合もある．このような問題を克服するサービスとして，PointCast [1] や BackWeb [2] に代表される Push 型サービスがある．これらのサービスは，ユーザ側の視点では最新の情報が自動的に配信されてくるように見える．しかしながら，実際にはクライアントソフトウェアが，あらかじめ決められたスケジュール

† NTT 情報流通プラットフォーム研究所
NTT Information Sharing Platform Laboratories

に従ってサーバへアクセスし，情報が更新されていれば取得する，いわゆる Pull 型（Smart-Pull）の形態をとっている．このような Pull 型の情報配信サービスは，1 対 1 のユニキャスト通信を利用しているため，ユーザ数の増加とともにサーバやネットワークの負荷が増大するといったスケーラビリティの問題が生じる．また，新しく発生した情報がただちに配信されないといった問題もある．

このような問題を解決する手段として，IP マルチキャスト[3)]の利用が考えられる．IP マルチキャストでは，サーバは一度の配信処理で同時に各クライアントに届けることができるため，サーバやネットワークの負荷が軽減される．さらに，情報の配信契機はサーバ側にあるため，情報が発生すると即時に配信することが可能となる．

しかしながら，IP マルチキャストは，サーバがそれぞれのユーザとコネクションを張るものではなく，コネクションレス型の UDP（User Datagram Protocol）を使用する．そのため，データが正しく転送されたか保証されず，信頼性に欠ける．音声や映像のようなストリーム系のコンテンツを扱う場合は，多少の伝送エラーが生じても影響は少ないが，パケットのロスが許されないドキュメントやソフトウェア等のファイル系のコンテンツを配信する場合に問題となる．

今回筆者らは，IP マルチキャスト上で信頼性のある情報配信を行うことを可能にする True-Push 型コンテンツ配信システム（RealPush Network）を開発した．本システムは，複数のユーザに対して同時に効率良くコンテンツを配信することが可能であり，またチャネルやコンテンツの制御・管理，コンテンツ配信履歴の収集等，様々な機能を備えている．

本論文では，2 章で Push 型コンテンツ配信システムに対する要求条件をあげるとともに開発した RealPush Network について述べる．その後，3 章で試行サービスおよび性能評価について，4 章で衛星実験について述べ，最後に 5 章でまとめる．

2. RealPush Network

2.1 システム要求

前章で述べた問題点をふまえ，理想的な Push 型コンテンツ配信システムを開発する際の要求条件を以下のようにまとめた．

(1) 即時性
コンテンツが発生すると，即時にそのコンテンツの配信が可能であること．

(2) スケーラビリティ
1 サーバあたり同時に数千のクライアントをサポートできること．

(3) 性能
サーバやネットワークへの負荷が可能な限り軽減されること．

(4) 信頼性
正しいユーザに誤りなくコンテンツを配信できること．

(5) チャネル管理
配信するコンテンツをグルーピングしたチャネル構造を有し，サーバ側ではチャネルの作成，変更，削除が動的に行えること．一方ユーザ側では受信するチャネルを選択できること．

(6) コンテンツ管理
コンテンツごとに配信スケジュールや有効期限，著作情報，更新日時，種類，概要等の属性情報を管理できること．

(7) ネットワークへの適用性
アナログ電話網，ISDN，移動体通信網，インターネット，衛星回線，ATM 回線，LAN 等の様々なネットワークに適用できること．

(8) プラットフォーム
Windows 系 OS，MacOS，UNIX 系 OS 等の様々なプラットフォーム上で動作可能であること．

2.2 構　　成

筆者らは，前述した要求条件を満たすシステムとして RealPush Network を開発した．RealPush Network は，サーバソフト（RealPush Server）とクライアントソフト（RealPush Reader）と IP マルチキャストネットワークから構成される（**図 1**）．

(1) RealPush Server

RealPush Server は，チャネルやコンテンツの管理・制御を行う．コンテンツ配信者は，RealPush Server を利用して，チャネルを作成し，そのチャネル宛にコ

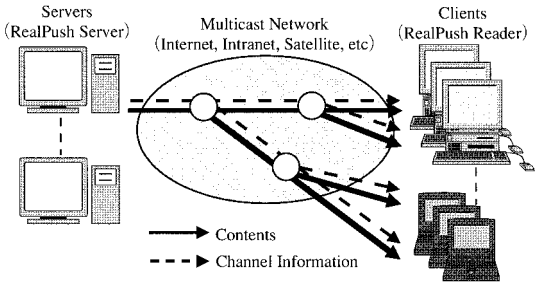
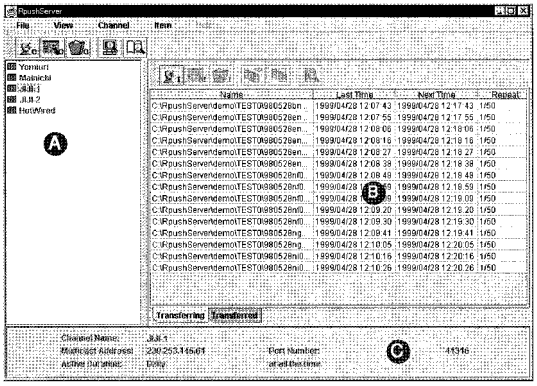
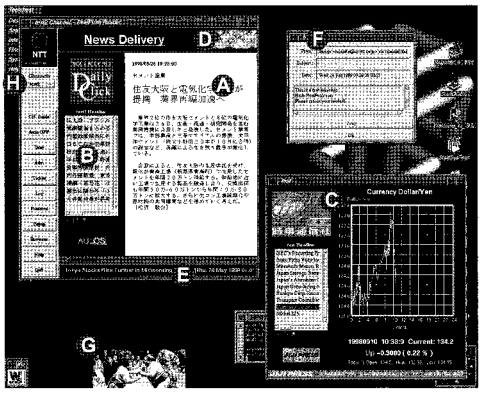


図 1 RealPush Network のシステム構成
Fig. 1 Configuration of RealPush Network.



A: Channels list and selector, B: Delivery contents list,
C: Channel imformation(JIJI-1)

図 2 RealPush Server メイン画面の表示例
Fig. 2 GUI example of RealPush Server main window.



A: News aritticle, B: Received news list, C: Exchange rate and stock market updates,
D: Advertisements, E: Ticker infomation, F: Emergency message,
G: Pop-up animation, H: Channel selector

図 3 RealPush Reader の表示例
Fig. 3 GUI example of RealPush Reader.

ンテンツを配信することができる．複数のチャネルを管理することや，作成したチャネルを変更・削除することも可能である．また，コンテンツごとにその属性情報の管理や配信スケジュールを制御できる．チャネルおよびクライアントユーザごとに配信統計情報も管理する．さらに，特定のディレクトリを監視し，新規追加/変更のあったコンテンツを自動的に即座に配信する機能や，誤って配信したコンテンツを回収する機能を有する．配信するコンテンツは，記事（HTML ドキュメント，グラフデータ），広告（画像ファイル，動画ファイル），メッセージ（テキスト）等様々なタイプをサポートする．RealPush Server のメイン画面の表示例を**図 2** に示す．

（2）RealPush Reader

ユーザは，RealPush Reader を利用してサーバからのチャネルアナウンスを受信し，購読を希望・非希望するチャネルの選択が可能である．また，購読を希望したチャネルのコンテンツを受信，受信したコンテンツの閲覧をすることができる．複数のチャネルの購読を希望することも可能であり，あるチャネルのコンテンツの閲覧中であったとしても，他のチャネルのコンテンツはバックグラウンドで受信する．チャネルごとに閲覧ウィンドウを表示することも可能である．クライアント画面での RealPush Reader 表示例を**図 3** に示す．

2.3 プロトコル

プロトコルは，チャネル情報をアナウンスするチャネル制御系とそのチャネルにコンテンツを送出するコンテンツ配信制御系で構成され，それぞれ IP マルチキャスト上で動作する（**図 4** 参照）．コンテンツの配信は，筆者らが開発した RMTP（Reliable Multicast Transport Protocol）[4] と IPP（Item Publishing Protocol）を利用する．

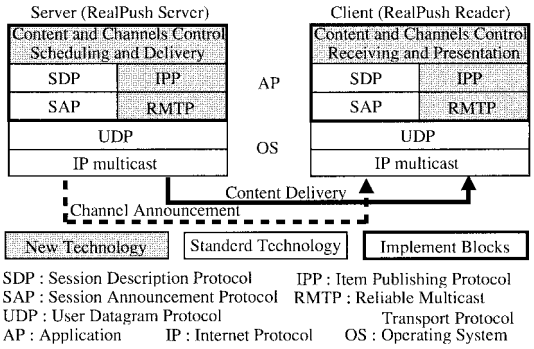


図 4 RealPush Network のプロトコルおよびソフトウェア構成
Fig. 4 Configuration of protocol and software.

2.3.1 RMTP

RMTP は，IP マルチキャストを利用して，数千のクライアントに対してコンテンツを確実に一斉配信するためのプロトコルであり，RealPush Network のコア技術である．IP マルチキャストは，コネクションレス型の通信であり，パケットロス，データ誤りおよびパケット到着順序が保証されない．これに対して，RMTP では，IP マルチキャストの上位のトランスポートレイヤにおいて，各クライアントから通信履歴を収集し，正常に配信できなかったクライアントに対して再送することにより，IP マルチキャストに信頼性を補完する．

2.3.1.1 RMTP の主要機能

RMTP の実現する主な機能は，以下のとおりである．

（1） コネクション管理：コネクションの設定，維持，

開放を管理する．

(2) コンテンツ転送：マルチキャストにより，コンテンツを転送する．

(3) 順序制御：送出された順序で，クライアントに届ける．

(4) 誤りの検出：順序番号の抜けを検出し，サーバに再送を要求する．

(5) 再送制御：誤ったパケットのみを選択再送する．

(6) 応答のバックオフ制御：サーバへの応答の集中を回避するため，応答の送信時刻を制御する．

(7) ビジー制御：ビジー状態となった場合，それをサーバに報告する．

(8) パケットスクランブル：IP パケットの送信順序を入れ替えて，受信側で復元する．

2.3.1.2 RMTP の動作概要

RMTP の基本的な動作は，コネクションの確立，コンテンツ転送/再送および個別再送の 3 つのフェーズに分かれる（**図 5** 参照）．

(1) コネクション確立フェーズ

通信に先立ち，クライアント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，クライアントの確認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．

(2) コンテンツ転送/再送フェーズ

サーバは，データを順序番号を付与した複数のパケットに分割してマルチキャストで転送する．クライアント側は，最後のパケットの受信後，受信状況（肯定/否定応答）を返答する．サーバは，肯定応答を送出したクライアントとのコネクションを開放する．否定応答を送出したクライアントには，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．これらをすべてのクライアントから肯定応答を得るまで繰り返す．なお，クライアントからの応答は，サーバでの応答の集中を回避するためにバックオフ制御により分散させることが可能である．

(3) 個別再送フェーズ

ビジー状態になったクライアントに対して，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．

2.3.1.3 RMTP の性能

RMTP による通信と FTP（ユニキャスト，Pull 型）による繰返しによる通信とのサーバ処理負荷およびデータ転送時間の性能の比較を行った[5]．データ転送時間は，FTP では 3 時間要したのに対して，RMTP では，3 分で配信を完了した（**図 6** 参照）．また，サーバの CPU 処理負荷は，2 MByte のファイルを 5,000 クライアントに配信する場合に，FTP による繰り返し配信時の 1/100 に減少した（**図 7** 参照）．ただし，1 サーバで収容できるクライアント数は，サーバマシンの処理能力の限界による制約があり，1 サーバあたりで 10,000 クライアント程度と想定される．

2.3.2 IPP

IPP は，サーバが配信するコンテンツの属性情報をクライアントに通知し，配信コンテンツを管理するためのプロトコルであり，機能としては，HTTP（Hyper Text Transfer Protocol）を IP マルチキャスト用に拡張したものである．属性情報は以下に示すとおりである．

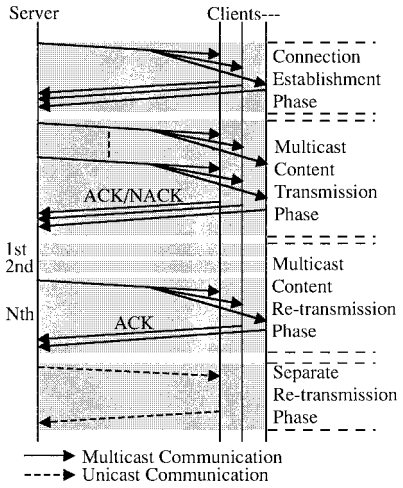


図 5 RMTP の基本シーケンス
Fig. 5 RMTP communication sequence.

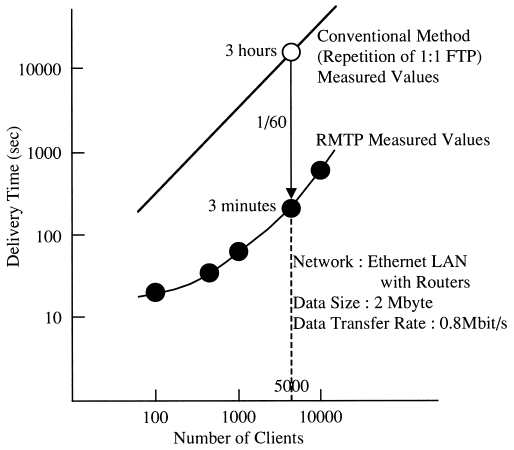


図 6 クライアント数に対するデータ転送時間
Fig. 6 Date delivery time versus number of clients.

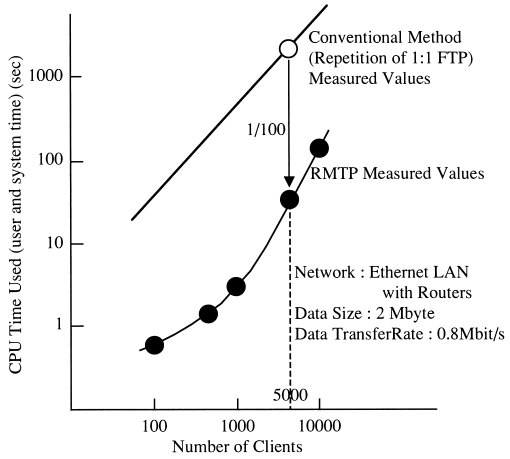


図 7 クライアント数に対するサーバ処理負荷
Fig. 7 CPU proccessing load versus number of clients.

(1) リクエスト種別：配信または回収
(2) バージョン：IPP バージョン
(3) general ヘッダ：リクエスト時刻
(4) コンテンツ属性：コンテンツ名，概要，チャネル名，データ長，メディアタイプ，リンク先 URL，著作権情報，有効期限，更新日時，サーバプログラム名

2.3.3 SDP[6]/SAP[7]

マルチキャストアドレスは，ユニキャストアドレスと異なり，恒久的に与えられるものではない．そのため，新しくチャネルを作成する場合には，マルチキャストアドレス，ポート番号，到達範囲（TTL: Time To Live）等のチャネル情報をユーザに告知する必要がある．本システムでは，このチャネル情報をアナウンスするために SDP（Session Description Protocol）と SAP（Session Anouncement Protocol）を利用する．SDP は，チャネルの属性情報を表現するためのプロトコルであり，一方 SAP は，そのチャネル情報を定期的にアナウンスするためのプロトコルである．これらのプロトコルは，MBone（virtual Multicast Backbone On the interNEt)[8]で広く利用されている．

2.4 実　　装

RealPush Reader は，Java1.1 で実装した．したがって，様々なプラットフォーム上で動作が可能である．一方 RealPush Server は，RMTP 処理部のみ性能面の問題から C 言語で，その他は Java1.1 で実装した．

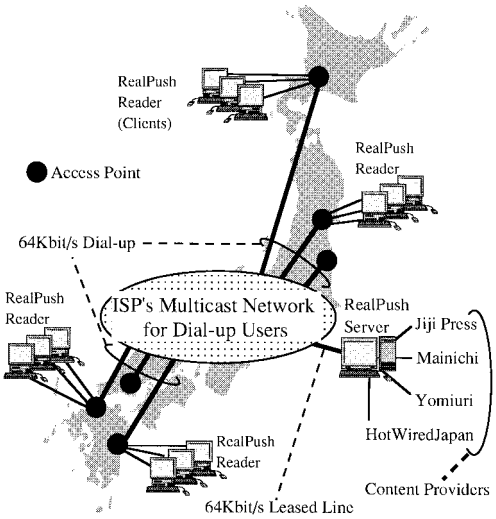


図 8 試行サービスのシステム構成
Fig. 8 Configuration of trial service system.

3. ダイヤルアップネットワークにおける試行サービス実験

3.1 概　　要

米国では，UUnet 等複数のインターネットプロバイダ（ISP）が IP マルチキャストのサービスを開始している．一方，国内では 1 つの商用 ISP がダイヤルアップユーザ向けに IP マルチキャストサービスを行っている．筆者らは，1997 年末からこの国内の ISP の IP マルチキャストネットワーク上で，本システムを利用したニュース配信試行サービスを行っている．本試行サービスでは，毎日新聞社，読売新聞社，時事通信社，HotWiredJapan の 4 社から届けられるニュースや雑誌記事のコンテンツをいったん RealPush Server が受信し，それらをマルチキャストを用いて複数のユーザに瞬時に配信する．筆者らが知る限り，商用 ISP におけるマルチキャストを利用した Push 型ニュース配信サービスとしては，世界で初めての試みである．

3.2 システム構成

本試行サービスのシステム構成を**図 8** に示す．RealPush Server は，64 Kbit/s の専用線で ISP に接続され，一方ユーザは，マルチキャスト対応アクセスポイントにダイヤルアップ〔ISDN64 kbit/s（同期）〕接続する．RealPush Server と ISP 内マルチキャストルータ間および ISP のマルチキャストネットワーク内のプロトコルは，DVMRP（Distance Vector Multicast Routing Protocol)[9]を利用し，クライアントとアクセスポイント間のプロトコルは，IGMP（Internet

表 1 チャネルごとの情報と配信スケジュール
Table 1 Information and delivery schedule of each channel.

Channel Name	Multicast Address	Port No.	TTL	Data Trasfer Rate	No. of Repeat	Repeat Interval
Yomiuri	239.253.145.21	46119	127	8Kbit/s	50	10 minutes
Mainichi	239.253.145.31	36456	127	8Kbit/s	26	30 minutes
JIJI-1	239.253.145.61	41316	127	8Kbit/s	50	10 minutes
JIJI-2	239.253.145.71	37873	127	8Kbit/s	50	10 minutes
HotWired	239.253.145.81	38158	127	8Kbit/s	250	10 minutes

表 2 コンテンツの特徴
Table 2 Characteristic of content of each channel.

Content Provider	File Format	Receive Intervals	Receive Method	No. of Article/day	Article Genre	Article Size
Yomiuri	HTML	Irregular	FTP (Internet)	~25	Top News	1～3KBytes
Mainichi	SGML	Regular	FTP (Dial-up)	~120	General News	1～5KBytes
JIJI Press	TEXT	Irregular	JIJI System (Leased Line)	~40	Society/Sports	1～2KBytes
HotWiredJapan	HTML	Regular	FTP (Internet)	7~8	Technology Business etc.	2～8KBytes

Group Managemet Protocol)[3]を利用している．

3.3 サービスの流れ

配信サービスは，以下のように行われる．

（1）チャネルアナウンス

① RealPush Server を利用して，チャネルを作成する．このとき，以下の情報設定する．
- チャネル名
- チャネルの概要
- コンテンツ配送範囲
- マルチキャストアドレス
- ポート番号
- チャネルの有効期限
- チャネルの作成者情報

② RealPush Server は，チャネル情報をチャネルアナウンス用のマルチキャストアドレス宛に一定間隔で配信する．

（2）コンテンツ配信

① コンテンツが提供社から RealPush Server の下に届けられる．

② 専用プログラムにより，各社から届いたコンテンツのファイル形式を本システムで用いる形式に変換する（3.4.2 項で説明）．さらに，以下の情報を付与し，RealPush Server に渡す．
- コンテンツ概要
- 繰り返し配信回数
- 繰り返し配信間隔時間
- コンテンツ作成者情報
- コピーライト情報

③ RealPush Server は，コンテンツの到着を確認するとそのコンテンツに付与された情報から配信スケジュールを設定し，ただちに配信する．

④ RealPush Server は，そのコンテンツを指定された間隔で指定された回数繰り返し配信する．

（3）コンテンツ受信

① RealPush Reader は，アナウンスされてくるチャネル情報を受信する．

② ユーザは，受信したチャネル情報を確認し，購読希望または購読非希望を選択する．

③ RealPush Reader は，ユーザが購読希望したチャネル宛に配信されてくるコンテンツを受信する．

④ ユーザは，チャネルごとに届いたコンテンツを閲覧する．

3.4 番　　組

3.4.1 チャネル構成

本試行サービスでは，コンテンツの提供会社およびジャンルごとにグルーピングしたチャネルを形成している．各チャネルは，マルチキャストアドレスとポート番号で識別できる独立なマルチキャストグループに対応しており，チャネルごとにコンテンツの到達範囲（TTL）や送出レートの制御を行う．本試行サービスでは，**表 1** に示す値を用いている．

3.4.2 コンテンツの特徴

各提供会社から RealPush Server に届けられるコンテンツは，提供会社ごとにそのファイル形式，届けられるタイミングや手段等が異なっている（**表 2** 参照）．ファイル形式は，SGML，TEXT，HTML の 3 種類に分かれる．本システムでは，HTML を利用するため，コンテンツを配信する前に形式を変換している．コンテンツが届けられるタイミングは，朝刊や夕刊のように定期的に複数のコンテンツがまとめて届けられ

る場合と不定期にコンテンツが発生するたびに届けられる場合とがある．また，届けられる手段では，専用線経由で提供社独自のシステムを利用して届けられる場合とインターネットあるいはダイヤルアップ経由でFTP を利用する場合とがある．提供されるコンテンツのジャンルもそれぞれ異なっており，ジャンルの範囲により 1 日あたりの届けられるコンテンツ数に差が生じている．コンテンツのサイズについては，各社とも 2〜3 KByte のものが大半を占めている．

3.4.3 コンテンツ配信スケジュール

本システムでは，コンテンツの配信スケジュールをチャネルごとに管理している．コンテンツの第 1 回目の配信は，その到着が確認され次第開始される．さらに，本試行サービスの対象ユーザは，常時接続ユーザではなくダイアルアップユーザであることを考慮して，すなわちユーザがいつ接続しても，新規コンテンツに限らず過去のコンテンツも受信できるようにするため，コンテンツを一定間隔で複数回繰り返し配信している．これらの繰り返し配信間隔と回数は，コンテンツの届けられるタイミングと 1 日あたりのコンテンツ数を考慮して設定している．本試行サービスにおける各チャネルの配信スケジュールを表 1 に示す．毎日新聞社チャネルの繰り返し間隔が長いのは，一度に届けられるコンテンツ数が 70 件前後と多く配信が一巡するまでに時間を要するためである．HotWired チャネルの繰り返し配信回数が多いのは，1 回に届けられるコンテンツ数が少なく，またコンテンツが届けられない土日をカバーするためである．毎日新聞社以外のチャネルの繰り返し配信間隔を 10 分としている．したがって，ユーザは 10 分以内でこれらのチャネルのコンテンツをすべて受信することができる．

3.5 実験結果

3.5.1 サービス利用状況

1998 年 11 月〜1999 年 3 月末までの期間のユーザの受信状況について述べる．

（1）ユーザ数

日ごとの試行サービス利用ユーザ数の推移を**図 9** に示す．1 日あたりの平均ユーザ数は，2.75 ユーザ/日であった．また，この期間中の総ユーザ数は，42 ユーザであった．これらの結果から分かるように，ユーザ数が伸びなかった．この理由としては，次のようなことがあげられる．

① ISP のダイヤルアップユーザ限定サービス．

② ISDN64（同期）のみサポート．

③ マルチキャスト対応アクセスポイントが限られ，場合によってはアクセスポイントの変更が必要．

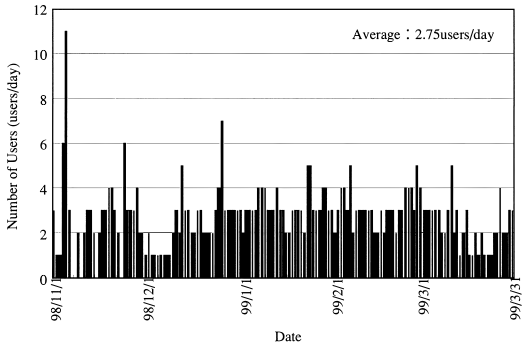


図 9 日ごとのユーザ数の推移
Fig. 9 Daily change in number of users.

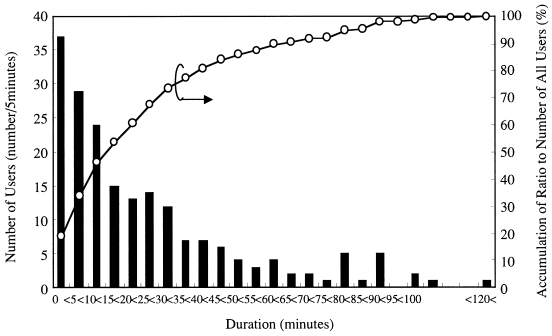


図 10 サービス利用時間別の利用回数
Fig. 10 Number of users 5 minutes duration.

④ ユーザにとってマルチキャストサービスの利点が見えにくい．

（2）サービス利用時間

ユーザが 1 回あたりにサービスを利用する時間別のサービス利用回数を**図 10** に示す．1 回のサービス利用時間が 10 分未満であるサービス利用回数は，全利用回数中の 33.8%であり，一方 30 分以上利用は，26.2%を占めた．ここで，たとえば 60 繰り返し間隔を 10 分程度にする必要があることが分かる．

（3）ユーザ情報

本システムでは，各クライアントごとの ID が最初の起動時に割り当てられ，以降の通信においてその ID を利用する．これによって，図 10 に示すようなユーザごとにサービス利用時間や利用回数，ユーザ使用 OS 等の詳細な情報を取得することができ，将来課金をともなうサービスへの利用も可能となる．特に，接続ごとに IP アドレスが変更するようなダイヤルアップ環境でのユーザの識別に有効となる．

3.5.2 コンテンツ配信

（1）記事の発生頻度とユーザ数

コンテンツの発生とユーザがサービスを利用する時間帯の関係を評価した．コンテンツの配信スケジュー

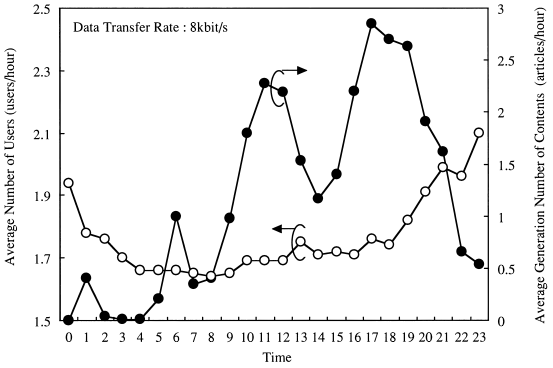


図 11 1 時間ごとの平均ユーザ数と平均記事発生数（JIJI-1 チャネル）
Fig. 11 Average number of users and average generation number of contents.

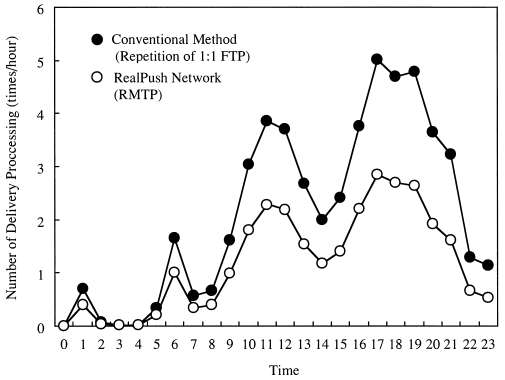


図 12 配信処理回数の比較：マルチキャスト対ユニキャスト
Fig. 12 Comparison between multicast and unicast in number of delivery proccessing.

ルの決定に重要な情報となる．JIJI-1 チャネルにおける時間帯別の新規記事発生件数とユーザ数の推移を**図 11** に示す．記事の発生するピークは，11 時と 17 時を中心に 2 度ある．一方，ユーザ数は電話料金が安くなる 23 時台にピークを迎える．たとえば，11 時台に発生した記事を 23 時台のユーザが受信可能とするには，12 時間以上配信される必要があり，繰り返し配信間隔を 10 分とした場合，配信回数は 72 回以上となる．

（2）配信処理回数

多数のユーザに同じコンテンツを配信する場合，従来のユニキャストによる配信ではユーザ数に比例して配信処理が増加する．JIJI-1 チャネルを例に，マルチキャストで配信する場合と仮にユニキャストで配信した場合の配信処理回数（再配信は除く）の比較を**図 12** に示す．マルチキャスト利用時の配信処理回数は，ユニキャスト利用時より少ないことが分かる．本システムでの配信処理回数は，ユーザ数に関係なく記事の発生数に依存する．

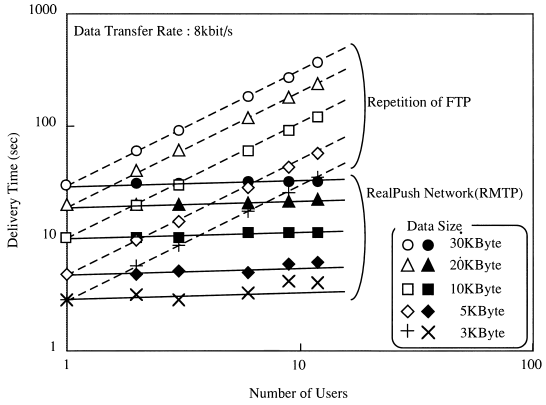


図 13 配信時間の比較：マルチキャスト対ユニキャスト
Fig. 13 Comparison between multicast and unicast in delivery time.

3.5.3 配信性能評価

ISP の IP マルチキャストダイヤルアップネットワーク上で，最大 12 台のクライアント端末を接続して，本システムのデータ配信性能評価を行った．サーバマシンには，SunUltra1 を，クライアント端末には，PC（OS: Windows95/WindowsNT，CPU:120〜300 MHz）を利用した．配信データとして，試行サービスで扱った HTML ドキュメント（3，5，10 KByte）と，画像ファイル（20，30 KByte）を利用した．サーバからのデータ送出速度は，8 kbit/s で一定とした．

（1）配信時間

本システムによるマルチキャストで配信する場合と従来のユニチキャスト（FTP）で配信する場合との配信時間の比較を**図 13** に示す．本システムよる配信時間は，接続クライアント数の増加にともなって増加の傾向にある．これは，配信時間に各クライアントからの応答処理時間を含むため，クライアント数に依存して，配信時間が若干長くなる．しかしながら，ユニキャスト配信と比較した場合，最大 12 クライアントの小規模な配信であるが，いずれの配信データサイズにおいても，配信時間が短縮されていることが分かる．

（2）信頼性

完全配信成功率は，平均 98.9%であった．完全配信成功とは，全クライアントに対して配信が成功した場合で，1 クライアントでも失敗した場合は含まれない．一方 Ethernet 環境で同様の評価を行った場合の完全配信成功率は，100%であった．ダイヤルアップネットワークの品質が Ethernet に比べて悪いことを考慮すれば，満足できる信頼性と思われる．RMTP のタイマ値や再送回数を調整することにより，さらに信頼性を高めることが可能であると考える．

3.6 問 題 点

本試行サービスを通して，本システムの配信処理における問題が幾つか明らかになった．これらの問題をあげるとともに，その対策について述べる．

（1）シリアル配信処理による問題

本システムおいて，新規コンテンツも繰り返し配信コンテンツも同一チャネルを利用して逐次的（シリアル）に配信しており，配信要求順に処理している．このため，連続して複数の配信要求が出た場合，要求順が後ろのコンテンツの配信処理の開始が，それより前に要求されたコンテンツの配信が終了するまで待たされる問題がある．特に即時配信を要求されるコンテンツの配信開始が遅れることは問題である．この解決方法として，即時配信要求の程度によってコンテンツに配信優先度を付加し，さらに複数のチャネルを利用する方法を考えている．配信優先度の高いコンテンツから配信処理を開始し，そのコンテンツを空チャネル宛に配信する．そして，その配信終了を待たず，次のコンテンツを別のチャネル宛に配信する．この方法により，即時配信性を一段と向上させることが可能となる．ただし，サーバやクライアントの処理能力，ネットワークの容量等を考慮してチャネル数を決定する必要がある．

（2）繰り返し配信処理による問題

本試行サービスでは，ダイヤルアップユーザがいつ接続しても，新規コンテンツに限らず過去のコンテンツも受信可能にするため，コンテンツを一定間隔で複数回繰り返し配信する方法を採っている．しかしながら，IP マルチキャストを利用する場合，繰り返し配信するコンテンツは接続しているユーザすべてに配信されてしまう．そのため，すでに受信済みのユーザ側の受信処理やネットワークの負荷を増大させる問題が生じる．この解決策としては，繰り返し配信コンテンツ専用のチャネルを用意する方法を考えている．この方法によって，ユーザは，受信開始時点では最新のコンテンツとあわせて繰り返しコンテンツも受信するが，繰り返し配信コンテンツを一通り受信した後は最新コンテンツのみを受信できるようなる．

4. 衛星ネットワークにおける配信実験

ダイヤルアップネットワーク以外に衛星（JCSAT-3）を利用したコンテンツ配信実験を行っている．本実験のシステム構成を**図 14** に示す．データ量の大きいコンテンツは，衛星経由で配信し，データ量の小さい制御データ（RMTP の応答 ACK，NACK）は，地上回線を利用している．サーバは日本に設置し，フィリピンとマレーシアと日本に配置したクライアント宛にコンテンツを配信している．

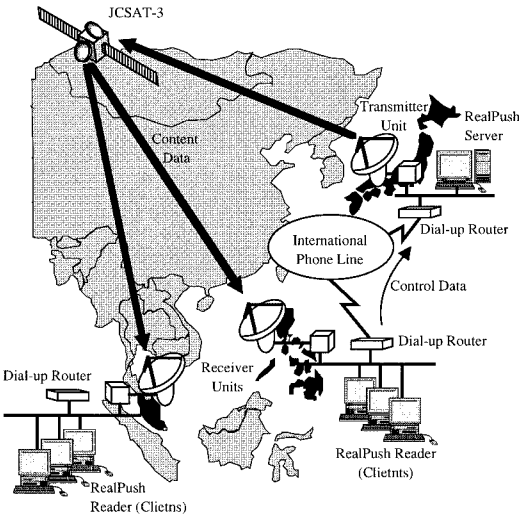


図 14 衛星を利用した配信実験のシステム構成
Fig. 14 Configuration of experimental delivery system using satellite.

5. おわりに

Push 型コンテンツ配信システム開発への要求条件と，RealPush Network の構成，試行サービスおよび衛星実験について述べた．試行サービス等を通して，本システムが，従来の Push 型コンテンツ配信システムに比べ，効率が良くかつ即時性の高い配信が可能であることを確認した．

現在，米国では複数の ISP が，IP マルチキャストサービスを開始している．また，衛星を利用するマルチキャストサービスも広まりつつある．ネットワークへの負荷を軽減し，効率的なネットワークの利用を可能にする IP マルチキャストへの期待は高まる一方である．このような状況において，本システムの技術が，IP マルチキャストを利用したマルチメディア通信サービスの実現に向けて大きな前進をもたらすものと考える．

今後は，繰り返し配信等による配信スケジュールの問題の対策を行う予定である．また，より実用的なシステムの開発を目指し，さらに ISP や衛星を利用したサービス実験を進め，本システムの機能および性能の確認を行う予定である．

謝辞 本実験を実施するにあたり，配信用コンテンツの提供にご協力いただいた時事通信社，毎日新聞社，読売新聞社，HotWiredJapan の各担当者の皆様に深謝します．日頃ご指導いただく NTT 情報流通プ

ラットフォーム研究所情報セキュリティプロジェクト松本隆明部長，同研究所セキュリティ制御方式グループ郷原純一リーダに深く感謝します．長期にわたりご指導いただいた元 NTT 情報通信研究所，現在 NTT DoCoMo マルチメディア研究所モバイルインターネット研究室高橋修室長に深く感謝します．

参 考 文 献

1) PointCast Network Homepage, http://www.pointcast.com.
2) BackWeb Homepage, http://www.backweb.com.
3) Deering, S.E.: Host Extensions for IP Multicasting, RFC1112 (1989).
4) Shiroshita, T., Sano, T., Takahishi, O. and Ymanouchi, N.: *Reliable Multicast Transport Protocol Version 2*, Internet Draft (1997).
5) Shiroshita, T., Sano, T., Takahishi, O. and Ymanouchi, N.: Performance Evaluation of Reliable Multicast Transport Protocol for Large-scale Delivery, *Proc. IFIP PfHSN96*, pp.149–164 (1996).
6) Handley, M. and Jacobson, V.: SDP: Session Description Protocol, RFC2327 (1998).
7) Handley, M.: SAP: *Session Announcement Protocol*, Internet Draft (1996).
8) MBone Homepage, http://www.mbone.com.
9) Deering, S.E., Partridge, C. and Waitzman, D.: Distance Vector Multicast Routing Protocol, RFC1075 (1988).

(平成 11 年 4 月 30 日受付)
(平成 11 年 12 月 2 日採録)

長田　孝彦

1970 年生．1993 年広島大学工学部第 2 類卒業．1995 年同大学院博士課程前期修了．同年，NTT 入社．現在，NTT 情報流通プラットフォーム研究所勤務．以来プロトコル高速処理方式，マルチキャスト通信サービスの研究に従事．

木下　真吾

1968 年生．1991 年大阪大学基礎工学部物性物理工学科卒業．同年，NTT 入社．現在，NTT 情報流通プラットフォーム研究所研究主任．以来ネットワーク協調コンピューティングシステム，マルチキャスト通信サービスの研究に従事．電子情報通信学会，IEEE 各会員．

佐野　哲央

1968 年生．1992 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業．1994 年同大学院修士課程修了．同年，NTT 入社．現在，NTT 情報流通プラットフォーム研究所研究主任．以来マルチキャスト通信プロトコルの研究に従事．IEEE 会員．

城下　輝治

1958 年生．1982 年京都大学工学部数理工学科卒業．1984 年同大学院修士課程修了．同年，日本電信電話公社入社．現在，NTT 情報流通プラットフォーム研究所主任研究員．主としてマルチメディア通信処理と通信プロトコルの研究に従事．電子情報通信学会，ACM 各会員．