

無線 LAN 環境におけるプレゼンテーションのためのマルチキャストプロトコル

宮本 真理子[†] 池田 高志^{†,††} 岡田 謙一[†]

本稿において、無線 LAN 環境におけるプレゼンテーション支援システムで利用するマルチキャストプロトコルについて述べる。プレゼンテーションはスライドや OHP、プロジェクタなどを用いて対面状態で行われる会議である。そこで、1つのグループの参加者に対して同報通信が可能であるマルチキャスト通信はプレゼンテーション支援に有効かつ、適切であると考えられる。しかし、マルチキャストでは一般にトランスポート層として UDP を用いるため、信頼性を必要とするデータなどを送信する際には、マルチキャスト通信を利用することは適さない。そこで、信頼性を保証する機能が必要である。一方、実際の会議においては、途中参加が考えられ、途中参加者は発表されているページの資料を速やかに受信する必要がある。これらの問題を解決するために資料をページ単位で繰り返し送信することにより信頼性を保証する信頼性マルチキャストプロトコル MPFP (Multicast Protocol For Presentation) を提案し、その上で動作するプレゼンテーション支援システムのプロトタイプシステムの設計、実装を行った。また、評価を行った。

Multicast Protocol for Presentation in Wireless LAN Environment

MARIKO MIYAMOTO,[†] TAKASHI IKEDA^{†,††} and KEN'ICHI OKADA[†]

In this paper we describe a multicast protocol for supporting presentation system in wireless LAN environment. A presentation is a kind of meeting where a presenter gives a lecture using slides, OHP transparencies or a projector. In this presentation, the presenter and participants can look at each other in a same room. Since multicast communication protocol can distribute data to multiple participants in a group at the same time, it is effective and suitable for a presentation support system. However, IP multicast uses UDP (User Datagram Protocol) as the transport layer protocol. Thus, the applications that handle the data which needs reliability for the communication, can't use multicast communication. Therefore, it is necessary to add the mechanism that can guarantee a reliable transmission. In the actual meeting, on the other hand, some participants may be late for the meeting and some may leave before it is out. Therefore, a person who arrives late needs to receive data which was presented before promptly. In order to solve these issues, we proposed MPFP (Multicast Protocol For Presentation) which transmits each page repeatedly so as to be able to guarantee the reliability of data distribution, and implemented a prototype of presentation support system. Furthermore, we carried out some experiments to evaluate MPFP.

1. はじめに

コンピュータの低価格化、小型化、無線通信技術の発達により、モバイルコンピューティングに注目が集まっている。そこで移動という観点から新しいグループウェアの形態が考えられるようになった。廊下を歩いて偶然会った人と仕事について話すこともあるだろうし、有線ネットワークに接続されたデスクトップ・

コンピュータがない所でも協調作業支援システムを使いたいという要求も考えられる。このような要求に応えるのが、無線データ通信機能を持った携帯情報機器を利用した新しいグループウェアの形態であり、これらはモバイルグループウェアと呼ばれている。

一方、同期対面型グループウェアの1つとして、情報伝達の会議であるプレゼンテーションについて考える。講演会会場や会議室などの対面状態における既存のプレゼンテーション方法は、OHP やスライド、コンピュータを用いてスクリーンに投影するものである。しかし、資料としては紙面によるものしか残らないことや、共有画面を用いて講演を聴講するため、途中参加者は発表済みの資料を参照できないなどという様々

[†] 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

^{††} 現 NTT 情報流通プラットフォーム研究所

Information Sharing Platform Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation

な問題点がある。

そこで会議参加者がそれぞれコンピュータを持ち、協同作業用スペースとしての共有スクリーンや電子黒板を備え、それぞれがネットワークで結ばれており、ユーザはコンピュータによる支援機能を利用するという形態の対面コラボレーションを支援するシステムが多く研究されている。初期の研究としては、Xerox PARC Colab¹⁾から始まり、最近では、NECの「なかよし」²⁾などがある。「なかよし」はモバイルグループウェアシステムとしてPHSを用いたアドホックネットワークの構成により不特定多数のメンバにより構成されるグループの協同作業を支援している。NTTソフトウェア研究所の「ComComWare」³⁾では、プレゼンテーションを主体とした会議を支援している。

高速の無線LANが発達してきたことにもない、今まで有線で行われていた会議システムを無線環境に適應させる場合、特に無線環境下で行われるプレゼンテーションを支援するシステムにおいては、効率的な資料の送信方法や途中参加者への対応などを考慮する必要がある。そこで、我々は、対面状態におけるプレゼンテーション会場を想定し、1対多数の形式でプレゼンテーションを行うためのプロトコルを提案するとともにその動作確認を行うためのアプリケーションを作成した^{4)~6)}。提案プロトコルとアプリケーションの使用法としては、発表資料を参加者個人の携帯型コンピュータに直接配布し、共有画面ではなく個人のコンピュータ上で資料を表示し発表を聴講するものである。資料の送信方法としては、特定多数の参加者に対して資料を同報通信することからIPマルチキャストを利用する。マルチキャスト通信では一般的にはトランスポート層としてUDPを用いるため、通信においては信頼性を保証していない。そこで様々な信頼性マルチキャストプロトコルが提案されている。既存の高信頼性マルチキャストプロトコルはデータサイズが比較的大きなものを短時間で転送することを目的としたものが多いが、プレゼンテーションにおいて用いるデータサイズは比較的小さいこと、発表までに発表ページが受信されればよいことから、さほどリアルタイム性を要求されないという相違点がある。そこで我々はデータ送信において信頼性を保証するため、また、プレゼンテーションにおいて想定される途中参加者に対応するために、マルチキャストプロトコルMPFP(Multicast Protocol For Presentation)を開発した。

MPFPにおいては資料がページごとに1ファイルで独立構成されていること、1ページに対する発表時

間が比較的に長いことなどのプレゼンテーションの特徴を考慮し、信頼性保証のために1つの資料を繰り返し送信する方法を用いる。また、発表中のページを繰り返し送信し続けることにより途中参加者に速やかに対応することを可能にする。このようなMPFPの実用性を確認するために、MPFP上で動作するアプリケーションのプロトタイプシステムとして、資料を参照するためのブラウザ機能を持つ「まぶあ」を実装した。

2章では本システムの支援対象と技術要件を述べ、3章で提案プロトコルとその詳細な動作について、4章で評価について述べ、最後に5章で本稿のまとめと、今後の課題について述べる。

2. 支援対象と技術要件

本システムが支援対象とするプレゼンテーションとは以下のような環境で行われるものを想定する。

- 各自ノートパソコンなどの携帯端末を会場に持ちより参加。
- 会場では複数のプレゼンテーションが同時に開催される。その各々のプレゼンテーションに対してグループを特定のメンバにおいて動的に構成。
- 通信媒体としては無線LANを用いることにより、参加者は自由に会場内を移動可能。
- 1つのプレゼンテーショングループの参加者は50人程度。
- 対面環境で互いの声が聞こえる。
- プレゼンテーション資料は複数のページ(ファイル)から構成され、1ページあたりのサイズは比較的小さい。

このようなプレゼンテーション環境において、複数のプレゼンテーショングループに対して個別の資料を各参加者に送信するためには、1度に効率的に特定のメンバに対して同報通信が可能であるIPマルチキャストを利用することが考えられる。しかし、マルチキャストはUDP上で行われるため、プレゼンテーション資料が確実に参加者に受信される保証がないため、再送などを行うことが要求される。また、プレゼンテーションにおいては、遅刻者などそのプレゼンテーションに対する途中参加が考えられる。途中参加者が速やかにプレゼンテーションに参加するためには、現在発表されているページを参加と同時に受信する必要がある。しかし、少数の途中参加者達のために何度も重複した資料送信をすることを回避し、無駄なく効率的に送信を行う機構が必要である。

以上のような点を考慮すると、以下のような技術要件が整理できる。

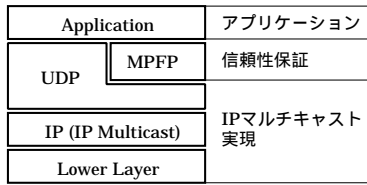


図 1 MPFPプロトコル・スタック

Fig. 1 MPFP protocol stack.

(1) 信頼性

- 情報が確実に受信端末に届くこと。
- 低い回線品質である無線環境に対応していること。そのため、少なくともパケットエラー率 (PER) が 10^{-2} まで対応可能であること。

(2) 端末とデータ量の規模

- 50 端末程度。
- データ量は 1 ページあたり最大でも 50 KByte 程度とし、複数ページから構成されている。
- 対面環境のため音声を送信する必要はない。

(3) プレゼンテーション適応

- データであるページは、そのページが発表される前までに確実に全参加者に受信されること。
- 途中参加者は参加すると同時に、発表ページを速やかに確実に受信できること。また、すでに他の参加者に送信されたページを速やかに受信できること。

これらの要件を満たすために、無線 LAN 環境におけるプレゼンテーションを通信面から支援する必要があり、我々はプレゼンテーションに適応した高信頼性マルチキャストプロトコル MPFP (Multicast Protocol For Presentation) を提案する。MPFP は図 1 に示すように UDP 上に実装するものとする。

3. プレゼンテーション適応型マルチキャストプロトコル MPFP

プレゼンテーション資料を同報通信することから IP マルチキャストを用いるが、その際、トランスポート層プロトコルとして使用される UDP は best-effort 型のトランスポート層プロトコルであり、通信における信頼性を提供していない。よって、データをマルチキャスト送信する際、データ転送に信頼性を保証するために、TCP/IP プロトコル体系においてはトランスポート層レベルで誤り制御に対応する必要がある。

また、プレゼンテーションにおいてデータである資料は複数のページから構成されており、さらに、発表においてもページ単位で行うことより、MPFP では、

ページ単位でデータを管理し、ページ単位で繰り返し送信を行うことで、データ送信に信頼性を保証する。繰り返し送信する方法はデータを送信するタイミングにより 2 方法 (ページ順番送信、発表ページ送信) あり、また、プレゼンテーションの状態によって 2 つの送信方法の組合せが異なり、それにより 3 つの送信モード (グループ加入モード、通常モード、途中参加者対応モード) に分類される。以下にその送信方法と送信モードについて詳しく述べる。

3.1 ページ単位管理

従来の高信頼性マルチキャストプロトコルでは、データサイズが数 MByte から数 100 MByte 程度のデータを短時間で転送することを想定しているため、パケット単位で応答や再送を行っている。

しかし、プレゼンテーションにおいて転送データである資料は、複数ページで構成されており、1 ページあたりのサイズが比較的小さいという特徴があるため、よりシンプルなプロトコルを利用することが可能であると同時に適切である。

一方で、プレゼンテーションにおける資料は、その発表ページが発表されるまでに参加者に受信されればよいので資料送信において厳密なリアルタイム性は要求されない。また、途中参加者は、発表ページを迅速に受信する必要があるため、複数のページの中からある目的のページが確実に送信できることが重要である。さらに、無線回線の特性により、あるパケットが喪失された場合、その近辺のパケットについても回線品質の劣化などによるビット誤りによって喪失されている可能性が高く、UDP ではデータ転送における信頼性は保証されないことを考慮すると、Ack や Nack などの応答を用いた再送を行う必要がある。しかし、連続的にパケットが喪失した場合は、応答数が増加することから、パケット単位でなくプレゼンテーション資料のページ単位で管理してデータ送信を行うほうが効率的であるといえる。

そこで、MPFP では再送や応答など送信管理をページ単位で行う。これにより、複数のページの中で特定ページだけの送信や再送、また応答などを的確に行うことが可能になる。

一方、マルチキャストにおいては、1 対 1 通信の場合と異なり、受信端末から送信端末への応答が、多数の受信端末から 1 つの送信端末へと集中する。これをフィードバック集中 (Feedback implosion) という。フィードバック集中により、送信端末に転送遅延や応答処理の大きな負荷がかかる。さらに、連続的に送信端末に対するフィードバックが発生した場合、状況は

さらに悪化する．したがって、それを解決するために、確認方法として Ack や Nack を用いるもの、確認送信先が送信者か中継者かマルチキャストグループか、再送者はだれかなどの面から様々なプロトコルが提案されている^{7)~14)}．

我々が想定するプレゼンテーション環境においても、無線利用時におけるバースト的なエラーが考えられること、さらに、プレゼンテーション資料のページ数は多数であるため、パケット単位で応答を返すと応答数が増大し、それにともない負荷が大きくなり、スムーズな転送ができないという問題点がある．そこでパケット単位ではなく、ページ単位で Nack を返すことにより解決することができる．アプリケーションレベルにおけるデータ構造を利用し、Nack ベースで再送を行う点においては SRM (Scalable Reliable Multicast)⁵⁾でも類似の提案がなされている．しかし、MPFP は大規模ネットワークにおける利用ではなく無線 LAN が届く範囲での利用を想定しているため、ルーティングなどの必要性はなく、よりシンプルに構築できると考えられる．

MPFP ではページ単位で Nack を送信すること、ページを繰り返し送信することにより、フィードバック集中を回避するとともにデータ送信において信頼性を提供する．これをページ単位繰返し送信方式という．ページ単位繰返し送信方式では、転送時間は長くなるが、1 ページあたりのサイズが小さいこと、一般的にプレゼンテーションの発表速度は 30-60 (s/枚) と長いこと、また最近では無線回線速度が 10 Mbps 以上であることから、ページを繰り返し送信することによる転送時間のロスはプレゼンテーションにおいてはまったく問題にならないと考えられる．ページ単位繰返し送信方式は、データを送信するタイミングと送信内容によってページ順番送信と発表ページ送信の 2 種類の送信方法により構成されている．

3.1.1 ページ順番送信

ページ順番送信では、プレゼンテーション資料を 1 ページから順番に最後のページまで各ページを n 回ずつ繰返し送信する．つまり、図 2 左図に示すように、 n を 3 とした場合、1 ページを 3 回送信した後、2 ページを 3 回送信する．これを最後のページまで繰り返す．この送信方式は、プレゼンテーションが開始される前にプレゼンテーション参加者への資料配布の際に用いられるとともに、途中参加者が来た場合に、すでに他の参加者に対して送信してしまっている資料を送信する際に用いる．ここで、繰返し回数 n はすべての端末が資料を受信可能と予測される回数である．各

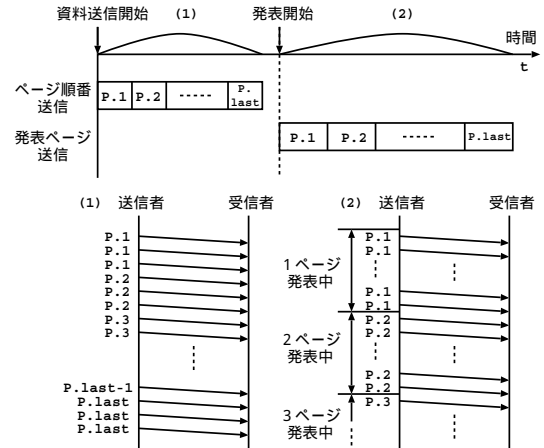


図 2 ページ単位繰返し送信方式

Fig. 2 Transmission per a page repeatedly.

表 1 未受信端末数 (空欄は 0.00001 以下である)

Table 1 The number of terminals which can not receive the packets.

		e		
k	1	0.0025	0.25	19.7596
	2		0.000025	0.25
	3			0.0025

ページを n 回ずつ繰返し送信することにより、ほぼすべての端末が資料を受信することが可能である．

ここで繰返し回数 n の決定方法について考える．第 k 回目の繰返し送信後のある 1 端末における未受信パケット数を M_k 、そのときの対象となる未受信端末数の総数を N_k とする．したがって、このときに未受信のすべてのパケット数 S_k は、 $S_k = M_k * N_k$ となる．ここで、送信パケット総数は (ページサイズ)/(パケットサイズ) * (ページ数) で定義する．これらのパケットに対し、パケットエラー率 (PER) を e とすると、

$$M_k = \{1 - (1 - e)^{S_{k-1}/M_{k-1}}\} * M_{k-1} \quad (1)$$

$$N_k = \{1 - (1 - e)^{S_{k-1}/N_{k-1}}\} * N_{k-1} \quad (2)$$

となる^{11),16)}．ここで、 $(1 - e)^x$ は 1 パケットが $x (= N_k, S_k/M_k)$ 端末すべてに誤りなく転送される確率であり、 $1 - (1 - e)^x$ は 1 パケットが 1 端末以上で誤る確率である．

端末数 (N_0)50、パケット数 (M_0)50、パケットサイズ 1 KByte、PER $e = 10^{-2} - 10^{-6}$ (対応するビットエラー率 BER $1.22 * 10^{-6} - 1.22 * 10^{-10}$) において、式 (2) より、 N_k は表 1 のようになる．

表 1 より、PER が 10^{-6} 、 10^{-4} 、 10^{-2} に対してそれぞれ 1 回、2 回、3 回繰返し送信することで 99% 以

上の確率ですべての端末にデータが誤りなく受信されることが分かる。

MPFP では無線環境を想定しているため、PER が最悪でも 10^{-2} であると考えられ、この想定条件においてすべての端末が確実に情報を受信する繰返し回数 n を 3 回とし、各ページ 3 回ずつ送信する (図 2 左図) 。

3.1.2 発表ページ送信

プレゼンテーション中は、発表ページ送信により現在の発表中のページをつねに繰り返し送信する。発表ページが次ページに移った際に、送信ページもその発表ページに変える (図 2 右図)。つまり、5 ページを発表中にはつねに 5 ページを送信し続ける。これによって、次の 2 つのことが可能となる。

- (1) ページ順番送信において n 回で受信できなかったページを受信。
- (2) 途中参加者が迅速に発表ページを受信することが可能であり、その結果、プレゼンテーションの流れに適応。

ページ単位繰返し送信はページ順番送信と発表ページ送信の組合せにより構成され、実際のプレゼンテーションにおいては、図 2 に示すように、発表開始前にページ順番送信により全ページを送信し、途中参加者に備えて発表中に発表ページ送信により発表ページを送信する。

3.2 プレゼンテーションの状態による送信モード

MPFP では、プレゼンテーションの流れに対応するために、プレゼンテーションに参加するためのグループ加入モード、発表資料を送信する通常モード、途中参加者へデータを送信する途中参加者対応モードがある。

3.2.1 グループ加入モード

グループに加入する際には、参加者は事前に通知されている送信端末のアドレスとポート番号に対して、ユニキャストで参加要求を送信する。参加要求を受信した送信端末は、そのプレゼンテーショングループで用いるマルチキャストアドレスとそのポート番号などグループ参加に必要なデータを参加者にユニキャスト送信する。このデータを受信することにより参加者はプレゼンテーショングループに自動的に参加できる。

3.2.2 通常モード

発表直前に発表者は資料送信を開始する。その際、ページ順番送信を用いて資料を各ページ 3 回ずつ繰り返し送信する。通常はページ順番送信により全データが送信された後、発表が開始される (図 2)。ただし、ページ順番送信が終了していない時点で発表が開

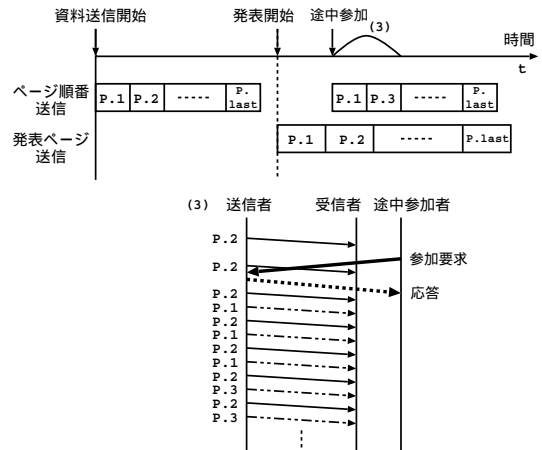


図 3 途中参加者対応モード

Fig. 3 Latecommer mode.

始された場合は、発表ページ送信により発表中のページと、ページ順番送信の途中のページを交互に送信する。ページ順番送信による送信が終了した場合は、発表ページ送信のみを行う。

3.2.3 途中参加者対応モード

途中参加者は、現在発表されているページを速やかに受信すると同時にプレゼンテーション参加者にすでに送信済みのページを速やかに受信する必要がある。

(1) 発表ページの受信

MPFP では現在発表しているページをつねに繰り返し送信しているため (3.1.2 項)、途中参加者は参加すると同時に発表ページを速やかに受信できる。また、参加してすぐに次のページに発表が移った場合においても、発表ページ送信により、そのページを受信することが可能であり、途中参加した場合でもスムーズに資料を参照しながら聴講することができる。

(2) 送信済みページの受信

発表開始前に全資料はページ順番送信により送信済みのため、途中参加者は発表ページ以外の資料を受信できない。そこで MPFP においては、途中参加者のために資料の再送を行う。送信端末は加入モードにおいてグループ参加要求を受信し、メンバ管理を行っているため、その管理情報をもとに、途中参加者の未受信ページを検知し、そのページをページ順番送信を用いて再送することにより、途中参加者は全ページを受信することができる。図 3 に示すように、2 ページを発表中に参加した途中参加者は、まず最初に発表ページである 2 ページを発表ページ送信により受信する。そして、参加要求を受

信した送信端末は、すでに参加者に送信済みのページを1ページからページ順番送信により送信する。この際、メンバ管理において、途中参加者が2ページ目は受信済みであることは既知であり、1ページ、3ページ…の順で送信する。この際も、発表ページ送信と、ページ順番送信は交互に行われる。

途中参加者が複数いる場合でも、送信端末側のメンバ管理により、重複して同じページを何度も再送することがないようにする。このことにより、効率的に資料配布を行うことが可能である。

3.3 再 送

3.1.1 項で述べたようにページ順番送信により99%以上の確率ですべての端末が情報を誤りなく受信することが可能である。しかし、MPFPは無線環境での利用も想定しているため、パースト的にパケットエラー率が 10^{-2} 以上になることも考えられ、端末によっては繰返し回数 n 回で受信できない可能性もある。そのため、MPFPではNackを用いた再送もあわせて行いさらに信頼性向上を図る。

エラーの検出方法は、ページ順番送信において本来ページ番号どおりに送信されたはずのデータが順番どおりに受信されなかった場合にエラーが生じたと思わずことにする。エラーが検出された場合、その受信端末はエラーページを通知するNackを送信する。Nackを受信した送信端末はそのページをページ順番送信の終了後に再送する。再送の際にもそのページについて繰返し送信を行う。図4に示すように、エラーにより3ページが受信できなかった場合、Nackを用いて3ページの再送要求を送信する。Nackを受信した送信端末はページ順番送信により最後のページまで送信が終了した後、再送要求のあった3ページを3回繰返し送信する。万が一再送要求が喪失した場合は、タイムアウトにより再度再送要求を送信する。

一方、再送の際にフィードバック集中を回避/軽減する必要がある。フィードバック集中の影響は、一時に到着するAck/Nackの個数と、その大きさに依存する。したがって、これを軽減するために、MPFPでは次のような回避方法をとる。

(1) Nackベースでエラーを回復する

Ackベースでは、フィードバック集中を助長してしまう可能性が高い。MPFPでは、Nackベースでエラー回復を行うことにより、それを回避している。さらにNackベースで通信を行うと、送受信端末間で同期をとる必要がないため、エラーが起こるたびに送信端末が転送を中

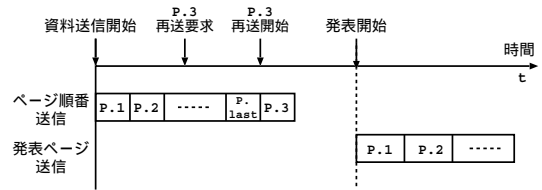


図4 エラーのための再送方法
Fig. 4 Resending mechanism.

断しなくてすみ、転送効率が向上することが期待される。

(2) エラーページごとにNackを返す

1つのページは複数のデータに分けて転送される。しかしながらMPFPでは、ページ単位管理方式を採用しているため、送受信端末間において各データの同期をとったり、データ到着の順序性を確保したりする必要がなく、Nackはエラーページを検出するたびに返せば十分であるといえる。これにより、データが失われるたびにNackを返す方式よりも、送信端末に集中するNackの数を減少させることが期待できる。

(3) Nackをマルチキャスト送信する

Nackを送信端末にユニキャストで送出することは、フィードバック集中の原因となる。MPFPでは、受信端末がNackをマルチキャストで送出することにより、送信端末にエラー回復を要求しつつ、同時に他のNackを送出したい受信端末に対して当該エラーページの回復のためのNackがすでに送出されたことを知らせるようにしている。これにより、すべての受信端末がNackを送出する必要がなくなり、結果としてNackの数を減少させることが期待できる。

以上の方法を採用することにより、フィードバック集中の回避/軽減が可能になると考えられる。

4. 評 価

4.1 シミュレーションによるMPFP評価

端末数50(最初から参加している参加者49人,途中参加者1人),全ページ数20,単位ページサイズ50KByte,パケット損失率0.01,応答受信バッファ50KByte,UDPパケットサイズ1KByte,通信速度4Mbpsで実行レート2Mbpsとし,シミュレーションを行った。その結果,以下ようになった。各グラフ中の数字はその時点で受信したページのページ番号とする。

(1) 初めから参加している参加者の場合(図5)

- 1ページから順番に20ページまで受信して

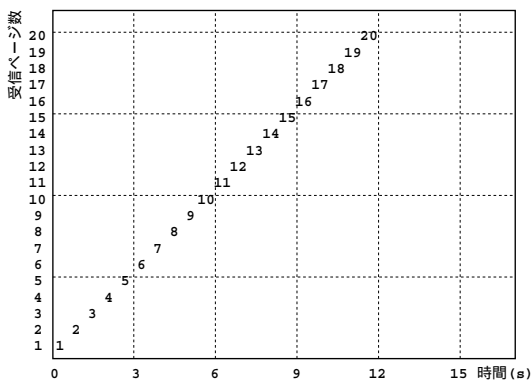


図5 MPFP 評価1
Fig.5 Evaluation of MPFP 1.

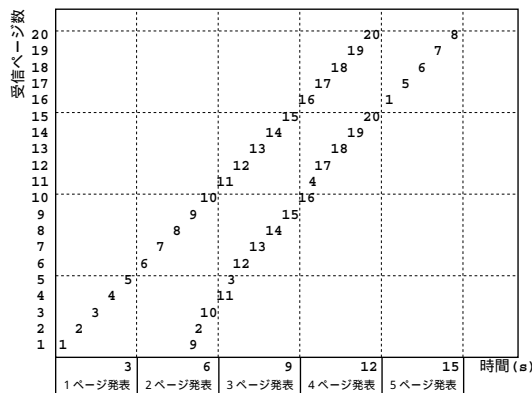


図7 MPFP 評価3
Fig.7 Evaluation of MPFP 3.

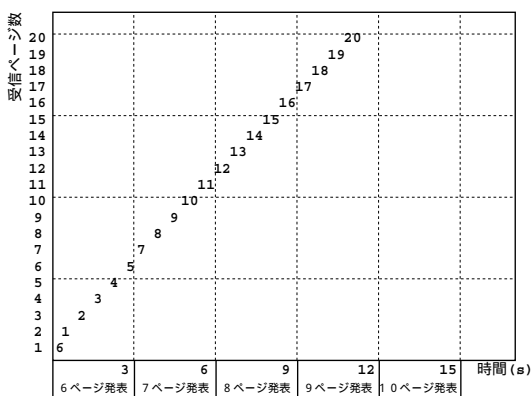


図6 MPFP 評価2
Fig.6 Evaluation of MPFP 2.

いることが分かる。

- 受信者は平均して 12 秒弱で全ページを受信できる。
 - 受信者は平均して 0.6 秒弱で単位ページを受信できる。
- (2) 6 ページ目を発表中に参加した途中参加者の場合 (図 6)
- 参加するとともに発表ページである 6 ページを受信し、その後、すでに送信されているページを 1 ページから順に受信していることが分かる。
 - 途中参加者は平均して参加してから 10 秒程度で全ページを受信できる。
 - 単位ページを受信するまでの時間は 0.5 秒程度である。
- (3) 発表とともに送信を開始し、2 ページ目を発表中に参加した途中参加者の場合 (図 7)
- 最初から参加している参加者は 12 秒程度で全ページを受信できる。

- 途中参加者は 10 秒弱で全ページを受信できる。
- 最初からの参加者の受信時間は途中参加者がいても変化しない。

上記の条件では、無線環境を想定し、パケット損失率を高く設定したが、図 5 に示されるように、ページを順番どおりに受信していることより再送要求は起きなかったことが分かる。

また、同様の環境で TCP を用いてユニキャスト送信する場合、全員が全ページを受信するためには 200 秒程度必要となることが分かる。この結果より、途中参加者はページ順番送信と発表ページ送信により資料を受信するため、全ページを受信する時間は最初からの参加者が要する時間よりも早いことが分かる。つまり、遅れて来た場合でも、スムーズにプレゼンテーションに参加することができるといえる。以上のことより、MPFP は信頼性の保証、途中参加者への対応を兼ね備えた、プレゼンテーションに適したマルチキャストプロトコルであるといえる。

4.2 プロトタイプシステムによる MPFP の動作確認

MPFP の動作確認を行うために、プレゼンテーション資料を参照するためのブラウザ「まぶあ」を実装した。実装画面は、(1) ツールバー、(2) 資料表示欄、(3) メモ欄、(4) 受信質問表示欄の 4 部分から構成されている (図 8)。発表者、参加者ともに「まぶあ」を用いることにより、プレゼンテーションをスムーズに進めることが可能である。以下に各部分の説明をする。

4.2.1 ツールバー

ブラウザを操作するための様々なボタンがあり、ファイルを開く、保存するという一般的なボタンと質問要求を行うボタン、資料を進めるボタンなどが配置され

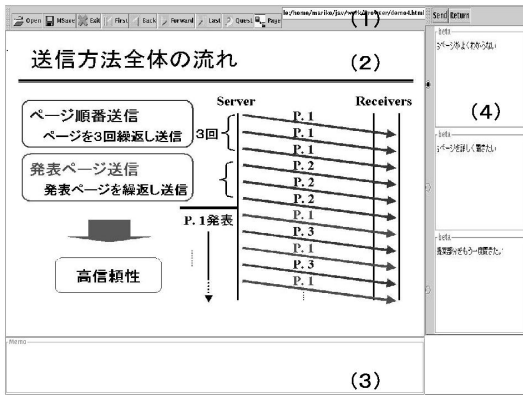


図8 ブラウザ実装画面

Fig. 8 Screen of implementation browser.

ている。また URL 入力することにより、インターネット上にある資料を参照することも可能である。

また、発表者がページ切替えボタンをクリックすることにより、各参加者にページ切替え命令がマルチキャストで送信され、その命令を参加者側アプリケーションで処理をし、自動的にページを切り替える。この機能により発表者の操作だけで参加者全員のページを発表者の画面と同期させて切り替えることができ、プレゼンテーションをスムーズに進めることができる。

さらに、自由に表示資料を切り替えることができる機能があるが、発表効率を低下させないために、まだ発表されていないページは表示できないようになっている。

4.2.2 資料表示欄

プレゼンテーション資料を表示する部分であり、ここに送信された HTML ファイルが表示されるとともに、テレポインタ機能により、発表者の注目点が表示される。また、資料中にリンク表示がされている場合にはそれを用いて、他参考資料表示に切り替えることが容易に可能である。

4.2.3 メモ欄

ここにはテキスト入力ができ、さらに、テキストファイルとして保存ができるため、発表中におけるメモ取りが容易に行える。

4.2.4 受信質問表示欄

この欄は発表者の画面のみに表示される。

共有画面での会議の場合における質疑応答の際の問題点としては、質問者が質問箇所を提示する際にどのページについての質問かを発表者に伝え、再度そのページを発表者に表示してもらう必要がある。しかし、この手続は手間がかかり、質疑応答の進行に遅れを生じさせるものとなるため、質問者の意志により質

問ページを切り替えることができるように、画面操作権を考慮した機能を実装した。

質問者は質問内容を簡単に入力して発表者へ送信する。これを受信した発表者側には図8の右側のような画面に質問内容が表示される。複数の質問を受信した場合には内容などを吟味したうえで、質問許可者を決定し、ボタンをクリックすることで画面操作権を与える。許可された質問者は自身の画面上のページ切替え操作ボタンを操作することで、全員の画面をいっせいに質問画面に切り替えることが可能である。

質問が終了したと見なした場合は発表者は操作権を取り戻す操作を行う。また、発表者にはつねにページ切替え機能进行操作する権利を与える。

4.2.5 動作確認結果

「まぶあ」を用いて実際に MPFP の動作確認をしたところ、データはすべて正確に送信され、プレゼンテーションを順調に進めることができたことが確認された。また、「まぶあ」を用いるにあたって、制御情報として現在発表中のページとそのページを「まぶあ」に表示させる命令を発表者から参加者に対して一定間隔で送信しているため、途中参加者でもプレゼンテーションに参加するとほぼ同時に自動的に資料を見ることができることも確認された。以上のことより、MPFP は実際のプレゼンテーションに有効であることが示された。

5. おわりに

無線環境におけるプレゼンテーション支援システムにおいて、帯域を無駄使いない、同報通信が可能であるといった面で、マルチキャスト通信を利用することを考えた。マルチキャスト通信において、データ転送における信頼性を保証すること、途中参加者への対応を充実させることを目的として、ページ単位で管理し、送信方法としてページ単位繰返し送信方式を用いる、マルチキャストプロトコル MPFP を提案、実装し評価を行った。また、プロトタイプシステムとしてブラウザ機能を持つ「まぶあ」を実装し、MPFP が実際にプレゼンテーションの場で動作することを確認した。発表者が複数いる場合や、司会者などがいる場合など様々な状況の会議への適応や、参加者の認証、セキュリティに関する問題の解決、実際に無線環境においての実験を積み重ね、支援できる規模などを明確にすることが今後の課題である。そして、実際のプレゼンテーションにおいて MPFP と「まぶあ」を用い、ユーザフィードバックなどを行うことにより、実用的なプレゼンテーションシステムにしていきたい。

参 考 文 献

- 1) Stefik, M.: Beyond the chalkboard: Computer support for collaboration and problem solving in meeting, *Comm. ACM*, Vol.30, No.1, pp.32-47 (1987).
- 2) 倉島顕尚, 前野和俊, 市村重博, 田頭 繁, 武次将徳, 永田善紀: 集まったその場での協同作業を支援するモバイルグループウェアシステム「なかよし」, *情報処理学会論文誌*, Vol.40, No.5, pp.2487-2496 (1999).
- 3) 山本隆広, 玉井詩子, 角 隆一, 加来田裕和: プレゼンテーションを主体とした会議支援環境 ComComWare, *グループウェア*, Vol.24, No.9, pp.49-54 (1997).
- 4) 宮本真理子, 池田高志, 岡田謙一: モバイル環境におけるマルチキャスト通信を利用したプレゼンテーション支援システム, *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2000) シンポジウム*, pp.349-354 (2000).
- 5) Miyamoto, M., Ikeda, T. and Okada, K.: Presentation Support System using Multicast in Wireless Environment, *Proc. IASTED International Conference APPLIED INFORMATICS*, pp.181-186 (2001).
- 6) 宮本真理子, 池田高志, 重野 寛, 岡田謙一, 松下 温: 無線 LAN 環境におけるマルチキャスト通信を用いたプレゼンテーションシステムの提案, *情報処理学会第 60 回全国大会*, pp.239-240 (2000).
- 7) Armstrong, S., Freier, A. and Marzullo, K.: MulticastTransport Protocol, Technical Report, RFC 1301 (1992).
- 8) Whetten, B., Montgomery, T., Kaplan, S.: Verification and Validation of a Reliable Multicast Protocol, *Proc. 2nd. Safety Through Quality Conference*, pp.83-96 (1995).
- 9) 城下輝治, 高橋 修, 佐野哲央, 山下正秀, 中村行宏, 串田高幸: インターネットに適応可能な高信頼一斉分配システム, *情報処理学会 AVM 研究会情報研報*, Vol.95, No.11, pp.9-14 (1995).
- 10) 山内長承, 城下輝治, 佐野哲央, 塩川鎮雄: 高信頼同報での再送機能の Ack Implosion の評価, *情報処理学会第 55 回全国大会*, pp.735-736 (1997).
- 11) 山内長承, 城下輝治, 佐野哲央, 高橋 修: 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, pp.2009-2019 (1998).
- 12) Lin, J. and Paul, J.: RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol, *Proc. IEEE INFOCOM'96*, pp.1414-1424 (1996).
- 13) Paul, S., Sabnani, K., Lin, J. and Bhattacharyya, S.: Reliable Multicast Transport Protocol (RMTP), *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.15, pp.407-421 (1997).
- 14) Byers, J., Luby, M., Mitzenmacher, M. and Rege, A.: A Digital Fountain Approach to Reliable Distribution of Bulk Data, *ACM SIGCOMM '98*, pp.56-67 (1998).
- 15) Floyd, S., Jacobson, V., McCanne, S., Liu, C. and Zhang, L.: A reliable multicast framework for light-weight sessions and application level framing, *ACM SIGCOMM '95*, pp.342-356 (1995).
- 16) 城下輝治, 高橋 修, 山下正秀: 高信頼マルチキャスト通信プロトコル (RMTP) の各種ネットワークへの適用性, *信学技法*, Vol.SSE95-196, pp.137-144 (1996).

(平成 13 年 5 月 29 日受付)

(平成 13 年 10 月 16 日採録)

宮本真理子 (学生会員) 2000 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業。現在, 同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻情報通信メディア工学専修修士課程に在学中。グループウェアの研究に従事。



池田 高志

2000 年慶應義塾大学大学院理工学研究科計測工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話 (株) 入社。現在, NTT 情報流通プラットフォーム研究所勤務。位置情報の情報流通技術の研究開発に従事。



岡田 謙一 (正会員)

慶應義塾大学理工学部情報工学科助教授, 工学博士。専門は, グループウェア, コンピュータ・ヒューマン・インタラクション「コラボレーションとコミュニケーション」(共立出版)をはじめ著書多数。GN 研究会運営委員, MBL 研究会運営委員, 日本 VR 学会仮想都市研究会幹事。情報処理学会論文誌編集主査, 電子情報通信学会論文誌編集委員。ECSCW2001 プログラム委員, INTERACT2001 財務委員長。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 人工知能学会会員。1995 年度情報処理学会論文賞, 情報処理学会 40 周年記念論文賞, 2000 年度情報処理学会論文賞受賞。