

# SIP による集中制御型会議システムの開発

吉内 英也<sup>†</sup> 星 徹<sup>††</sup> 武田 幸子<sup>†</sup>

IP ネットワークにおいて、テレビ会議システムに代表されるような、双方向コミュニケーションシステムの開発がさかんである。一方、従来のテレビ会議システムでは、会議の参加申込、あるいは途中参加等の際に、現在利用可能な会議室の情報を知る手段がない、あるいはユーザをサーバから召集できない等の問題がある。これらの問題を解決するために、SIP (Session Initiation Protocol) の応用技術として標準化が進められている 3PCC (3rd Party Call Control) に機能拡張を行い、サーバからユーザを召集する集中制御型の会議方式を提案する。IPv6 ネットワーク上で本方式を用いた会議システムの構築、評価を行い、有用性を示した。

## Development of Center Controlled Conferencing System Based on SIP

HIDEYA YOSHIUCHI,<sup>†</sup> TOHRU HOSHI<sup>††</sup> and YUKIKO TAKEDA<sup>†</sup>

We can enjoy much faster IP network than ever used. Therefore, bidirectional communication systems, especially video conferencing systems, over IP network are rapidly improved. However, conventional video conferencing systems have some problems about providing conference information for subscription and participation and also inviting participants to the conference by conferencing server. In this paper, we propose center controlled conferencing system based on 3PCC (3rd Party Call Control) standardized as SIP (Session Initiation Protocol) applied technology. We implemented and evaluated this system over IPv6 network and showed the usefulness.

### 1. 緒 論

一般家庭における IP ネットワークへのブロードバンドアクセス環境が急速に普及し、ユーザの利用可能な通信帯域が増加したことを受け、VoIP による音声通話サービス、さらには映像を併用した双方向コミュニケーションシステムの検討が行われている。ISP (Internet Service Provider) やサーバのベンダは、双方向コミュニケーションシステムの付加サービスの 1 つとして、3 人以上の多人数によるテレビ会議システムを検討している。テレビ会議の基本機能は「多人数でのコミュニケーション」である。多人数コミュニケーションは参加人数、状況等に応じて様々な形態での開催が考えられる<sup>1)</sup>。たとえば親しい知人同士の会話と業務用途での会議では開催方法、会議の運用方法は大きく異なるが、いずれの形態においても「誰が」「どこで」「誰と」コミュニケーションをとるのか、すな

わち会話の場をどのように提供するのが問題となる。

テレビ会議システムのような多者通話におけるコミュニケーションの場を“会議室”と呼ぶことにすると、多者通話においては会議室の提供方法が課題となる。会議室の提供とは作成、参加、閲覧等の機能を備えることを意味し、現在では一般ユーザに会議室の管理機能を提供する方式が主流を占めている<sup>2)</sup>。ユーザは生成された会議室に入室することで会議に参加できるが、従来の多者通話システムでは、ユーザは指定の日時に会議室に入室する必要がある。このため、ユーザは事前に会議室の識別子を URL (Uniform Resource Locators) 等の形で知らなければならない。また定例ミーティングのように日時が固定の場合にも、ユーザが能動的に会議に参加する必要があり、たとえば参加を忘れたユーザを会議に召集することはできないという問題が発生する。これらは会議の利便性低下の要因となる。

これらの問題を解決する技術に、呼制御処理を行うサーバからユーザを通話に召集する 3PCC (3rd Party Call Control)<sup>3)</sup>がある。3PCC は 2 者間の呼制御を行う技術である。他方、多者通話は多人数に音声・映像を送信するために、メディアストリームの合成、あるい

<sup>†</sup> 日立製作所中央研究所  
Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

<sup>††</sup> 東京工科大学コンピュータサイエンス学部  
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

は複製配信等の特有の処理を必要とするため、3PCCを適用する際には、これらの処理を追加する必要がある。そこで本研究では、多者通話システムに拡張した3PCCを適用し、サーバ駆動で会議を開催できる集中制御型会議システム<sup>4)</sup>を提案する。システムの実装に際してはアドレス枯渇、NAT (Network Address Translation) による P2P (Peer-to-Peer) 型通信の阻害等の問題解決を視野に入れ、IPv6 を採用した。

以下、2章では多者通話の方式について、アーキテクチャ、用途、プロトコルの観点から比較検討し、集中制御型会議方式を採用した根拠を示す。3章では集中制御型会議について詳説し、4章で評価結果を示す。最後に5章で結論と今後の課題を述べる。

## 2. 多者通話方式比較

多者通話方式は電話交換網におけるシステム以来さまざまな形式が提案<sup>5)~7)</sup>されている。これはシステムに対して、目的に沿った複数の評価軸が存在することに起因する。多者通話システムには、ユーザビリティを備えたアーキテクチャ、多様な目的に対応できるスケラビリティ、これら2つの要件に最適なインフラストラクチャとなるプロトコルが必要である。本章ではアーキテクチャ、用途、プロトコルの観点から多者通話方式の比較を行った後、ターゲットとするシステム構成について述べる。

### 2.1 アーキテクチャによる比較

多者通話方式のアーキテクチャについての議論はこれまでに幾度も行われているが、とりわけ参加者の召集方法、メディアストリームの処理方法に着眼すると、多者通話は以下の3つの方式に分類される。

- 端末ミキシング方式
- ダイヤルイン方式
- ダイヤルアウト方式

以下、これらについて詳述する。

#### 2.1.1 端末ミキシング方式

会議サーバを用いずに端末間ですべての呼制御を行い、メディアのミキシングも端末側で行う方式である。端末ミキシング方式ではユーザが他のユーザを会議に召集する形で参加者が増加する。呼制御信号、メディアストリームはともにすべての端末間で送受信される。端末ミキシング方式の構成を図1に示す。

#### 2.1.2 ダイヤルイン方式

会議サーバにより呼制御を、メディアサーバによりメディア配信の集中制御を行う方式である。ダイヤルイン方式においては会議サーバがユーザからの要求を受けて呼制御用の会議室を準備し、各ユーザが会議室

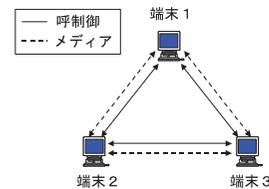


図1 端末ミキシング方式

Fig. 1 Client mixing method.

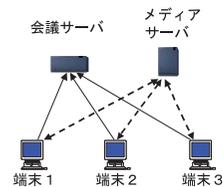


図2 ダイヤルイン方式

Fig. 2 Dial-in method.

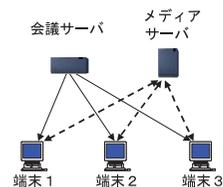


図3 ダイヤルアウト方式

Fig. 3 Dial-out method.

にログインすることで会議が形成される。ダイヤルイン方式の構成を図2に示す。

#### 2.1.3 ダイヤルアウト方式

会議サーバにより呼制御を、メディアサーバによりメディア配信の集中制御を行う方式である。ダイヤルイン方式に対してダイヤルアウト方式では会議サーバが会議の初期参加者リストを所有しており、会議サーバがユーザを会議室に召集する。各ユーザは会議サーバからの召集を受けてメディアサーバとの間にメディア通信セッションを確立する。ダイヤルアウト方式の構成を図3に示す。

#### 2.1.4 アーキテクチャ比較結果

多者通話を円滑に行う会議システムを実現するための課題を以下に示す。

- (1) 多者通話は事前に話す内容、会議の時間、参加者等が決定していることが多いため、会議室を事前に予約し、参加者を把握する必要がある。
- (2) 途中から通話に参加するには、現在開催中の多者通話に関する情報を、通話に参加していない人間が閲覧できなければならない

これらの課題は、ユーザに会議室管理機能を提供することで解決できる。会議室管理機能の一覧を下記に

表 1 多者通話方式比較

Table 1 Multiparty communication method comparison.

	端末 Mix	Dial-In	Dial-Out
会議室作成			
会議室管理	x		
ユーザ召集		x	
タイマ駆動	x	x	

示す．

- 会議室生成
- 会議室削除
- 会議室へのユーザ登録
- 会議室からのユーザ削除
- 会議召集
- 会議への途中参加

これらの会議室管理機能、およびユーザの招集方法に着目した、多者通話方式の比較結果を表 1 に示す．

端末ミキシング方式は、会議室を作成する端末が他端末を直接会議に召集する手法であり、会議サーバが介在しない．このため、会議室の管理は不可能であり、他のユーザが会議に途中参加する場合には、開催中の会議に関する情報をユーザに別の手段で提供する必要がある．ダイヤルイン方式は会議サーバで会議室を管理するため、会議室管理と途中参加に関する問題は解決するが、開催時間に合わせたユーザの自動召集が難しい．

ダイヤルアウト方式はダイヤルイン方式と同様に会議サーバで会議室を管理する．加えて会議サーバからの会議開催、すなわちサーバ駆動によるユーザ召集が可能である．サーバ駆動ユーザ召集の利点は、会議の自動召集機能を提供することと、他ユーザの招集を可能にすることにある．ダイヤルイン方式では、会議に参加するユーザが自分でログインしない限り、多者通話に参加することはない．このため、ユーザが会議の日時を忘れる等の理由で通話に参加しなかった場合、当該ユーザに、電話、メール等の別の手段で参加を促す必要がある．これに対しダイヤルアウト方式では、会議サーバが定期的にユーザを自動召集することが可能であり、ユーザの不注意による不参加を防ぐことができる．召集時にユーザが応答できなかった場合でも、サーバ駆動でユーザを招集できるので、別のコミュニケーション手段でユーザに参加を促す必要もない．

自動召集機能は、ユーザが不在の場合に、無関係の第三者が召集に回答して、通話を盗聴できるという欠点もあるが、音声・映像を併用したコミュニケーションにおいて他者になりすますことは困難であり、運用で解決できる範囲の問題であると考えられる．以上の

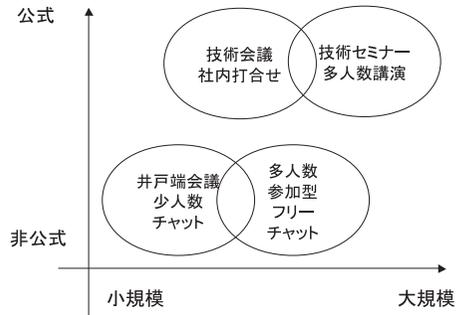


図 4 多者通話方式分類マップ

Fig. 4 Multiparty communication classification.

検討結果をふまえ、ダイヤルアウト方式をアーキテクチャとして採用する．

## 2.2 用途による比較

多者通話はその用途に応じて様々な形式に分類される．たとえば、会議の 1 つの分類方法として伝達、創造、調整、決定会議が提案されているが<sup>(1)</sup>、今日のネットワーク環境では、少人数チャットのようにこの分類にあてはまらない通話形態も存在する．そこで、多者通話方式を以下の 2 つの評価軸で分類することを考える．

- 公式/非公式  
多者通話は公式なものか非公式なものか．前者の例としては事前予約型の企業内での打合せ、後者の例としては知人同士の ad hoc 会議等がある．
- 規模  
多者通話の参加人数による評価．小規模 (2~5)、中規模 (5~10)、大規模 (11~100) と分類する．

これらを縦軸、横軸にとり、多者通話方式を分類した様子を図 4 に示す．評価軸の縦軸は多者通話の公式、非公式を示す度合いであり、単純に数値化できるものではないが、公式：事前予約型（企業のビジネスユース等）、非公式：ad hoc 型（知人、不特定の相手によるプライベートユース等）を想定している．横軸は会議室の規模を示しており、参加人数に関する想定は先述のとおりである．

図 4 に示すように、多者通話には 4 つの形態が存在する．

- (1) 小規模・非公式コミュニケーション  
親しい知人同士の会話
- (2) 小～中規模・公式コミュニケーション  
業務打合せ
- (3) 中規模・非公式コミュニケーション  
大人数参加型チャット
- (4) 大規模・公式コミュニケーション

### 技術セミナー等の講演

小規模会議は公式、非公式によらず、日時を定めずに、その場にいる参加者が ad hoc 的に会話を始める場合が多い。この点で、小規模会議にはサーバレスの端末ミキシング方式が適していると考えられる。会議サーバを用いる集中制御型会議は、中～大規模会議に適しているが、数十人規模の会議は議論よりも一方的な意思伝達の要素が強く、加えて、端末の処理性能の制約から、数十人分の音声・映像を1つの端末で処理するのは困難である。これらの点を考慮して、技術会議、社内打合せ等を対象とした10人程度の中規模会議を対象とする。

#### 2.3 プロトコルの選定

会議等、音声、映像によるリアルタイムコミュニケーションにおいては、P2Pでの接続性、相互運用性の確保を図りつつシステムを実現することが重要であり、呼制御プロトコルの選定が課題となる。プロトコルの選定に際しては下位プロトコル、呼制御プロトコルの双方について検討する。

##### 2.3.1 下位プロトコル

呼制御プロトコルの基盤となる通信プロトコルはTCP/IPである。現在広く普及しているのはIPv4であるが、IPv4はセキュリティ面での脆弱性、アドレス枯渇問題等の問題をかかえる。他方、IPv6はIPSecによるセキュリティの強化、膨大なアドレス空間による枯渇回避、IPヘッダの簡素化による処理速度の向上等が利点としてあげられる。

コミュニケーションシステムは、端末どうしが直接メディア通信を行う、P2Pアプリケーションの代表例である。将来的にはユーザが所有する端末が多様化し、豊富なアドレスを必要とすることを視野に入れ、提案システムではIPv6を採用する。

##### 2.3.2 呼制御プロトコル

コミュニケーションシステムにおける代表的な呼制御プロトコルには、H.323とSIPがある。H.323はIPネットワーク上で最初に標準化された呼制御プロトコルであり、多者通話の制御機能をも含む一方で、処理が複雑であるという欠点を持つ。SIPは肥大化したH.323に代わるプロトコルとして、近年急速に標準化されたプロトコルであり、軽量であることを特徴とする。

SIPはテキストベースのプロトコルであり、デバッグが容易、かつWWWとの親和性が高い。また、SIPは呼制御(シグナリング)とメディア制御(メディアのネゴシエーション等)を、一度のメッセージ交換で行うため、H.323と比して処理が単純かつ高速である。

他方H.323はASN.1によるバイナリ表記のプロトコルである。サーバ駆動召集に着目すると、H.323では会議サーバと端末の間でH.225.0による呼制御を行い、メディアサーバと端末の間でH.245によるメディア制御を行うことになるが、H.323では呼制御とメディア制御が独立しているため、メディアサーバがH.245セッションに対し、H.225.0セッションの処理を正常に経ているかを知る手段がないという問題がある。

これらの点を考慮して、呼制御プロトコルにはSIPを採用する。

#### 2.4 ターゲットと技術課題

アーキテクチャ、用途、プロトコルによる比較の結果、本研究では中規模会議を視野に入れ、ダイヤルアウト方式による集中制御型アーキテクチャと、IPv6、SIPを採用した多者通話システムをターゲットとする。SIPによる多者通話方式の議論は活発に行われており<sup>7),8)</sup>、ダイヤルアウト方式はその中の一方式として分類されている。ダイヤルアウト方式では、会議サーバ駆動で端末とメディアサーバの間に音声・映像セッションを確立する必要がある。この要求を満たすSIPの応用技術として、IETFで標準化が進められている3PCCがある。しかし、3PCCは通常の2者通話を念頭に置いて開発された技術であり、多者通話に必要なメディアの合成、複製等の特有の機能には対応していないという課題がある。そこで、3PCCにこれらの機能拡張を行い、多者通話を実現する方式を提案する。

### 3. 集中制御型会議システム

本章では多者通話に3PCCを適用するための拡張方法と、この拡張3PCCによる集中制御型会議システムの実装について述べる。

#### 3.1 システム構成

集中制御型会議システムの構成を図5に示す。

システムは呼制御機能、会議室管理機能と、これらを管理するWWWインタフェースを備える会議サーバ、会議ソフトと音声、ビデオの入出力機構を有するPCからなる端末(1~N)、端末からメディアを受信し、他端末へのメディア配信を行うメディアサーバと会議室管理WWWクライアントからなる。会議サーバが提供する会議室管理機能は2.1節に示したとおりである。ユーザは会議室管理WWWクライアントを通して会議室管理を行う。

提案方式では、端末の呼制御は会議サーバが一手に担う一方、音声・映像メディアストリームの制御はメディアサーバが行う。コミュニケーションシステムにおいては、一般的には呼制御の相手とメディアストリー

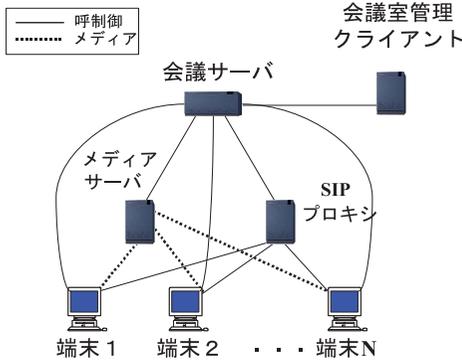


図 5 システム構成  
Fig. 5 System architecture.

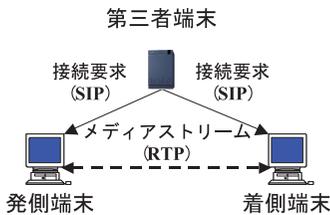


図 6 3PCC レファレンスモデル  
Fig. 6 3PCC reference model.

ム通信相手は一致する。しかし、多者通話を実現するためにメディア処理用のサーバを別途設けたことにより、呼制御とメディアの通信相手に相違が発生する。

電話交換網には、交換機駆動で2つの電話間に音声セッションを確立する、網内発呼機能がある。これをIPネットワークに適用し、会議サーバ駆動で、端末とメディアサーバ間に音声・映像セッションを確立できれば、前記の問題は解決する。3PCCはこの要求を満たす技術である。

### 3.2 3PCC (3rd Party Call Control)

3PCCは第三者が通話を行う2つの端末間の呼制御をとりもち、端末間で直接呼制御メッセージを送信することなくメディアストリームを確立する技術である。3PCCによる呼制御では、呼制御メッセージは端末間ではなく、各端末と第三者端末との間で交換される。3PCCのレファレンスモデルの構成を図6に示す。

3PCCでは第三者端末が2つの端末に対して呼制御サーバの役割を担うため、厳密には端末には発側・着側の区別はないが、ここでは第三者端末が最初にSIPの召集メッセージであるINVITEを送信する端末を発側、2番目にINVITEを送信する端末を着側と呼ぶことにする。音声、映像等のメディアストリームはRTP (Real-time Transport Protocol) により端末間で直接送受信が行われる。端末間でメディアストリー

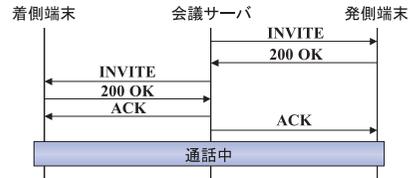


図 7 3PCC シーケンス  
Fig. 7 3PCC sequence.

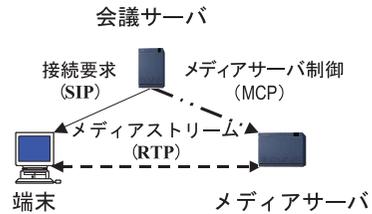


図 8 拡張 3PCC 多者通話モデル

Fig. 8 Enhanced 3PCC multiparty communication model.

ム通信を行うには、端末は相手端末の以下の情報を取得する必要がある。

- 音声・映像の CODEC 種別
- 通信用 IP アドレスとポート番号

これらの情報を以後通話メディア情報と呼称する。3PCCの要点は、発側端末に着側端末の、着側端末に発側端末の通話メディア情報を、それぞれ送信することにある。

SIPではINVITEを主として通話メディア情報の送信に用いるが、通話メディア情報を含まないINVITEにより、端末の通話メディア情報を収集することもできる。この機能を用いた、SIPによる3PCCシーケンスを図7に示す。最初に第三者端末は発側端末にINVITEを送信し、発側端末からの200応答で発側端末の通話メディア情報を収集する。次に第三者端末は着側端末にINVITEを送信し、発側端末の情報を送信するとともに、着側端末からの200応答で着側端末の通話メディア情報を収集する。最後に、着側端末の通話メディア情報を含んだACKを発側端末に送信する。

3PCCは2者通話を前提としており、多者通話へ適用するためには拡張が必要となる。次節では多者通話に必要な機能を拡張する方法について述べる。

### 3.3 集中制御型会議への拡張 3PCC の適用

図8に拡張3PCCモデルを適用した集中制御型会議の構成を示す。

集中制御型会議では会議サーバが第三者端末の役割を担い、端末とメディアサーバ間にメディアストリームを確立するが、3PCCを適用する際に以下の課題が

ある．

- (1) 端末，メディアサーバがメディア通信に使用する通信ポートはランダムに決定されるため，会議サーバは事前にポート番号を知ることはできない．
- (2) メディアサーバはメディアストリームに，多者通話に必要な処理（ストリーム合成，複製配信）を行うが，ストリームの処理方法を指示する必要がある．

課題（1）については，呼制御中に発側，着側両端末の通話メディア情報を収集することで解決を図る．これは図 7 と同様の方法で実現可能である．

次に課題（2）について述べる．多者通話においては，ある端末のストリームを他の全員に複製して配信する，あるいは全端末のストリームを合成して各端末に配信する等，多者通話に特有の処理が必要になるが，このためにはどの端末のストリームを，どのように処理して，どの端末に送信するのかを指示しなければならない．これは，会議の情報を保持する会議サーバがメディアサーバを制御することで実現できる．たとえば，ストリーム 1 を端末 2～5 に複製配信する，ストリーム 1～5 を合成する，等の処理を指示する．ストリームの処理方式に関する制御をすべて SIP で実装することは困難なため，メディアサーバの制御には独自のプロトコルを開発する．これをメディアサーバ制御プロトコル（MCP）と呼び，MCP と，会議サーバと端末間の SIP による，拡張 3PCC 方式を提案する．

MCP を用いた拡張 3PCC シーケンスを図 9 に示す．メディアサーバは通常の端末とは異なり，自身からメディアを送信することはなく，端末から受信したメディアに合成・複製等の処理を施して別の端末へ配信する．メディアを処理するには端末ごとにポートを割り当てる必要がある．そこで，会議サーバはメディアストリームを確立する前にメディアサーバに端末登録メッセージを送信する．端末登録メッセージは SIP の INVITE に相当する．このメッセージを受信したメディアサーバは，端末用のポートを割り当て，登録要求に対する応答でポートを要求元に通知する．ポート番号以外の通話メディア情報については，CODEC 種別はメディアサーバの仕様から，メディアサーバの IP アドレスはシステム構築時に設定することが可能である．端末へは前述のメディアサーバ制御プロトコルで収集したメディアサーバの通話メディア情報を，SIP の INVITE メッセージを用いて送信する．端末からの 200 応答を受信した時点で，会議サーバは端末の通話メディア情報を獲得する．最後に会議サーバ



図 9 拡張 3PCC シーケンス

Fig. 9 Enhanced 3PCC sequence.

は端末の通話メディア情報をメディアサーバに通知する．端末の処理負荷を軽減するために，メディアサーバは音声については合成を行う．映像の合成はメディアサーバの負荷を大きく増加させるため，映像は合成を行わず，複製配信を行う．これを実現するために，会議サーバはメディアサーバにメディア種別と，ストリームの配信先アドレスを通知する．たとえば，10 人の会議において，端末 1 へのストリーム処理に関する指示は下記ようになる．

- 端末 1 の音声受信ポートへの，合成音声ストリーム送信を指示する．
  - 端末 1 の端末 2～10 映像受信ポートへの，端末 2～10 の映像ストリーム送信をそれぞれ指示する．
- 端末 1 は音声受信ポートを 1 つと，映像受信ポートを 9 つ開く．このため，音声ストリームの指示は 1 メッセージで完了するが，映像ストリーム処理の指示は，自端末を除いた台数分（9 台）必要になる．以上の処理を経て，各端末はメディアサーバとの通信が可能になる．

次に，拡張 3PCC による会議開始のシーケンスを図 10 に示す．会議サーバは MCP により，メディアサーバに多者通話に参加する端末 1, 2, 3 を登録する．メディアサーバは登録要求を受け，各端末に対応するポート 1, 2, 3 をそれぞれ割り当て，要求に対する応答でこれを会議サーバに通知する．次に会議サーバはメディアサーバの通話メディア情報を INVITE を用いて端末に送信する．

INVITE には音声ポート 1 つと，人数分の映像ポートを通話メディア情報として含める必要がある．これを実現するため，SDP によるオファー/アンサ方式<sup>9)</sup>を採用する．オファー/アンサ方式は，メディア種別のネゴシエーションを行うために必要な情報を，SDP (Session Description Protocol) により記述する方式であり，複数のメディアストリームに関する情報を単一の INVITE メッセージで送信することを可能にする．

端末は INVITE を受け，自身の通話メディア情報

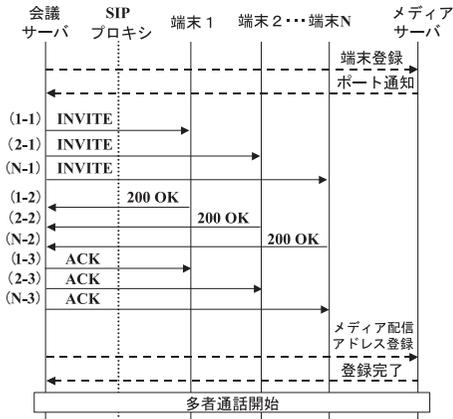


図 10 多者通話シーケンス (通話開始)

Fig. 10 Multiparty communication sequence (connecting phase).

を 200 応答を含めて会議サーバに送信する。これらのシーケンスは端末ごとに送受信が行われる。200 応答を受信した会議サーバは、SIP の規定に従い ACK を端末に送信して、通話セッションが確立したことを端末に通知する。通話セッション確立後に会議サーバは、MCP を用いてメディアサーバに各ストリームを配信するアドレスを登録する。以上の処理を経て会議が開始される。

次に終了シーケンスを図 11 に示す。終了処理は端末からの退出通知を受けて始まる。端末 1 が最初に退出するものとする。端末 1 は BYE を会議サーバに送信する。会議サーバは 200 応答で端末 1 に退出完了を通知すると同時に、メディアサーバに対して端末 1 へ配信していたすべてのメディア配信を停止させるために、メディア配信アドレス削除を送信する。メディアサーバは端末 1 のアドレスをポート 2, ポート 3 から削除し、同時にポート 1 から端末 2, 端末 3 へのメディア配信も停止させる。端末 1 が再度会議に参加する可能性があるため、この時点ではメディアサーバから端末の削除は行わない。

不要なメディアの配信を停止させた後、会議サーバは端末 2, 端末 3 に INVITE を送信して、各端末が端末 1 との通信用に解放していたポートを閉じるように要求する。これは、端末 1 との通信用のポートに対するメディア配信を停止させたことにもなう処置である。各端末は 200 応答を返し、メディアを受信しなくなったポートを閉じる。

次に、端末 2 が退出を要求し、会議サーバは 200 応答を返送する。この時点で会議の参加者は端末 3 のみとなり、二者通話も維持できない状態になる。そこで



図 11 多者通話シーケンス (終了)

Fig. 11 Multiparty communication sequence (terminating phase).

会議サーバは端末 3 に BYE を送信し、会議の終了を通知する。端末 3 からの 200 応答を受信した会議サーバは、メディアサーバに端末の削除を要求し、会議の終了をメディアサーバに対して通知する。以上で会議が終了する。

拡張 3PCC による集中制御型会議では、呼制御の負荷が会議サーバに集中すること、端末の増加にともない呼制御時間が増加すること、およびメディアサーバにメディア処理の負荷が集中することが懸念される。そこで、提案手法による会議システムを構築し、会議サーバにおける呼制御時間とメディアサーバのパケット処理時間を測定して、検証・評価を行うこととする。

#### 4. 実装・評価

本研究の有用性を示すために、提案手法の実装を行い、呼制御に必要な時間を測定した。ネットワークは 100 Base-T の LAN で構築し、システムの各要素には表 2 に示す機器を用いた。会議室制御 WWW インタフェースについては、会議サーバ上で WWW サーバを動作させ、Java Servlet による管理アプリケーションとして実装した。

図 12 に会議室管理 WWW クライアントの画面を、図 13 に多者通話クライアントの画面をそれぞれ示す。会議室管理 WWW クライアントは画面左側にメニューを備え、選択した機能に応じた画面をユーザに提供する。多者通話クライアントの画面は 4 者通話の様子を示している。

このシステム構成において 10 台の端末に対して WWW ブラウザから会議召集を行った。表 3 に接続時間を測定した結果を示す。表中の数値は図 10 におい

表 2 評価システム構成機器  
Table 2 Prototype system elements.

	仕様
会議サーバ	ブレードサーバ Intel Xeon 2.0 GHz RedHat Linux 9.0 SIP ( RFC3261 ) メディアサーバ制御プロトコル 会議室収容人数 10 名
SIP プロキシ	ブレードサーバ Intel Xeon 2.0 GHz RedHat Linux 9.0 SIP ( RFC3261 )
メディアサーバ	ブレードサーバ Intel Xeon 2.0 GHz RedHat Linux 9.0 RTP ( RFC1889 ) メディアサーバ制御プロトコル
端末	PC Intel Pentium IV 2.8 GHz WindowsXP SIP, RTP

表 3 接続時間測定結果  
Table 3 Connection time measurement result.

	INVITE	自動接続遅延時間
端末 1	0	1.048075
端末 2	0.0036	1.062942
端末 3	0.0072	1.182572
端末 4	0.0108	1.231156
端末 5	0.0144	1.150662
端末 6	0.0302	1.506863
端末 7	0.0338	1.205260
端末 8	0.0376	1.059733
端末 9	0.0412	1.124622
端末 10	0.0448	1.116933

[単位: sec]

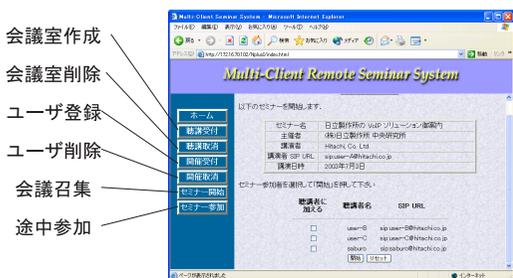


図 12 会議室管理画面

Fig. 12 Conference room management interface.



図 13 クライアント画面

Fig. 13 Client interface.

て会議サーバでパケットをキャプチャした結果であり、会議サーバが端末 1 に INVITE を送信した時刻(図 10 の (1-1)) を 0 として、各端末に INVITE を送信した時刻と、自動接続遅延時間を示している。自動接続遅延時間は接続時の性能を評価する数値の 1 つであり、

発信者が相手の電話番号を送出後、その相手から応答が返るまでの時間を指す。自動接続遅延時間の計算においては端末内遅延を 0 と想定しているため、実際に応答が返るまでに要した時間から端末内遅延を引いた値、すなわち「200 OK を受信した時刻」-「INVITE を送信した時刻」-「端末内遅延」で算出できる。上記 10 端末についてこの値を計算したところ、平均値は 1.1689 秒であった。また、10 端末に INVITE を送信するのに要した時間は 0.0448 秒であった。

INS ネットでは、ISDN 端末の通話モードにおける自動接続遅延時間の参考値を 2 秒と指定している<sup>10)</sup>。上記の値はこれを満たすものであり、接続品質に問題ないことが示された。また、INVITE 送信に必要な時間は、100 端末に対し約 0.45 秒であり、呼処理上問題のない数値であることが示された。

次に、メディアサーバの処理能力の測定結果を示す。10 人会議においては、1 つの映像パケットが他の 9 人に複製されて配信される。そこで、1 つのパケットを処理するのに必要な時間を測定した。測定は、メディアサーバがパケットを受信した時刻から、9 台の端末へのパケット送信が完了した時刻までの時間を計測することで行った。結果、平均で 0.917 ミリ秒という数値が得られた。この数値は端末～端末間の遅延における、メディアサーバのサーバ内遅延を表すが、1 ミリ秒弱という数値が得られており、実用上問題のない数値であると考えられる。

### 5. 結 言

本研究では、従来の会議システムがかかえていた会議室情報の提示、ユーザ召集方法に関する課題を解決するために、ダイヤルアウト方式による多者通話に、MCP による拡張 3PCC を適用した集中制御型会議システムを提案し、実装と評価を行った。評価においては、会議サーバとメディアサーバに処理が集中するこ

とを鑑みて、2つのサーバの性能を評価した。その結果、会議サーバ、メディアサーバ、端末10台によるシステム構成において、会議サーバでは平均1.1689秒の自動接続遅延時間が確保され、INS ネットサービスのガイドラインを十分満たしていることが示された。またメディアサーバのサーバ内遅延は0.917ミリ秒であり、性能上問題のないことが示された。これにより本方式が性能的にも遜色なく機能していることが示された。

今後の課題としては、スケーラビリティを確保し、システム全体の収容者数を増加させるための、会議サーバ、メディアサーバ等の性能向上、および負荷分散機能の検討があげられる。

### 参 考 文 献

- 1) 黒須正明, 山寺 仁, 三村 到, 炭野重雄: 実会議の分析(1) グループウェアによる支援可能性の検討, 情報処理学会研究報告, Vol.1995, No.11, pp. 25-30 (1995).
- 2) <http://bizmate.adnet.or.jp/index.html> (2003).
- 3) Rosenberg, J., Peterson, J., Schulzrinne, H. and Camarillo, G.: Best Current Practices for Third Party Call Control in the Session Initiation Protocol, Technical report, Internet Draft, Internet Engineering Task Force (2003).
- 4) 吉内英也, 武田幸子, 松木譲介, 星 徹: WWW管理インターフェースを備えたIPv6とSIPによる集中制御型会議システムの開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2003, No.106, pp.109-114 (2003).
- 5) 大久保榮, 川島正久: 要点チェック式 H.323/MPEG-4 教科書, IE インスティテュート (2001).
- 6) 山田秀昭, 小田稔周: IP ネットワークを活用した分散型音声会議通話システム構成手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-I, No.6, pp. 809-818 (2001).
- 7) Rosenberg, J. and Schulzrinne, H.: Models for Multi Party Conferencing in SIP, Technical report, Internet Draft, Internet Engineering Task Force (2002).
- 8) Sinnreich, H. and Johnston, A.B.: *Internet Communications Using SIP*, chapter "SIP Conferencing", pp.179-185, Wiley (2001).
- 9) Rosenberg, J. and Schulzrinne, H.: An Offer/Answer Model with the Session Description Protocol (SDP), Technical report, RFC3264, Internet Engineering Task Force (2002).
- 10) <http://www.ntt-east.co.jp/ISDN/tech/spec/1.0pdf/1-06.pdf> (2003).

(平成 16 年 5 月 1 日受付)

(平成 16 年 11 月 1 日採録)



吉内 英也 (正会員)

2000年京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻修士課程修了。同年(株)日立製作所入社。リアルタイムコミュニケーション、多者通話システムの研究開発に従事。現在、(株)日立製作所中央研究所研究員。



星 徹 (正会員)

1969年東京工業大学工学部電気工学科卒業。同年(株)日立製作所入社。1975年カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)大学院コンピュータサイエンス修士課程修了。2003年東京工科大学コンピュータサイエンス学部教授。グループウェア, VoIP, マルチメディア通信応用システム, ユビキタスネットワーク等の研究に従事。博士(工学)。情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会主査, 電子情報通信学会, ACM, IEEE 各会員。



武田 幸子

1992年お茶の水女子大学理学部数学科卒業。同年(株)日立製作所入社。中央研究所において、インテリジェントネットワーク, IP テレフォニシステム, 移動通信システムの研究開発に従事。現在(株)日立製作所中央研究所研究員。電子情報通信学会会員。