

モバイルコンピューティング環境における協調作業を支援する電子会議システム

太田 賢[†] 山田 善大[†] 水野 忠則^{††}

モバイル通信環境において協調作業、個人的なコミュニケーションを行う場合、参加者の行動的状況、社会的状況、通信路の状態などの制限により、参加者はネットワーク、会議システムから切断する機会が多くなる。本研究は会議発言情報の蓄積機能と非同期会議機能を持つモバイル電子会議システムを提案する。会議発言情報の蓄積機能により、モバイルユーザが会議に遅れて参加したり、途中で退席しても後から切断機間の会議発言情報を取得できるようにする。また、リアルタイムの会議だけでなく、モバイルユーザにとって都合のよい非同期会議機能をサポートし、会議のコンテキストを保ったまま動的に会議形態を同期、非同期会議に切り替えることを可能にする。会議情報の蓄積に関して、協調作業利用においては共有の会議サーバに蓄積する集中型、個人コミュニケーション利用においては各個人のホームエージェントに蓄積する分散型のシステム構成を提案する。さらに、ユーザが蓄積した会議発言情報に効率的にアクセスするための機能として、会議進行のグラフ表示、フィルタリング、音声短縮の機能を提供する。

Mobile Teleconference System Supporting Cooperative Work in Mobile Computing Environment

KEN OHTA,[†] YOSHIHIRO YAMADA[†] and TADANORI MIZUNO^{††}

This paper proposes a mobile teleconference system, DYNAMITE, to support cooperative works and private communications in mobile computing environment. Mobile users often disconnect themselves from conference systems or networks. DYNAMITE has the ability to record the process of a meeting in its storage as digital data, and to switch a form of communication from synchronous or real-time to asynchronous. A mobile user can retrieve videos, voices, and whiteboard data from the conference server storage to understand the process of a meeting. In addition, DYNAMITE provides users with efficient access to server storage by the filter, the digest and the shortening voice.

1. はじめに

コンピュータにより人間の協調作業を支援するシステムはグループウェアと呼ばれ、コンピュータネットワークの発展と端末のマルチメディア化と共に発展を遂げてきた。相手との物理的な距離の制約を受けず、かつ映像、音声を使ってコミュニケーションをとりながらの文書の協同執筆、ソフトウェアの共同開発、電子会議などの協調作業が可能になった¹⁾。

そして近年、携帯電話、PHSなどワイヤレス通信機器の普及により、必要なときに所望の人と接続することのできるモバイル通信環境が整備されつつある²⁾。ワイヤレス通信機器と小型、軽量化された携帯端末を利用

すればオフィスや学校、家庭のデスクトップコンピュータの前に座らなくともその場で、すなわち人間の位置的制約なしに迅速に協調作業に参加することができる。メンバーの一人が出張のため会議を開くことができないということがなくなる。

モバイル通信環境におけるマルチメディア電子会議システムを実現するには、マルチメディア電子会議システムに対する要求に加え、ワイヤレスマルチメディア通信、モバイルホストを含む多地点通信、切断中の操作、非同期会議、蓄積機能などのモバイル電子会議システムに対する要件を満たす必要がある。

本研究は、非同期会議と蓄積機能に焦点を当てる。モバイルコンピューティング環境においては、ユーザは自分の都合、通信路、端末、通信コストなどにより会議システムから切断する機会が多い。モバイルユーザの行動的状況(車の運転中、電車の乗り換えなど)、社会的状況の変化(得意先の人に出会った、公共の場でパソコンを操作するのがはばかれる)により、いったん会

[†] 静岡大学大学院理工学研究所
Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

^{††} 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

議から切断し、また後で再参加する必要があるかもしれない。高速移動中やサービスエリア外に移動した場合など通信路が頻りに途切れたり、通信不可能になるかもしれない。端末がバッテリー駆動である場合、長時間の通信を行うのは難しい。他にも通信コストの面から、長時間接続するのではなく、間欠的に会議をのぞきたいという要求があるかもしれない。

そこで、ユーザが会議システムから切断しても後から切断機間の会議発言情報を取得できるように、会議発言情報の蓄積を行う。また、リアルタイムの会議（同期会議）だけでなく、モバイルユーザにとって都合のよい非同期会議機能をサポートし、会議のコンテキストを保ったまま動的に同期・非同期会議の切り替えを行えるようにする。

また、蓄積された会議発言情報に効率的にアクセスするための手法についても論じる。ビデオ、ボイス、ホワイトボード、ホームページ参照などの会議発言情報をストレージに蓄積する際に、誰がいつ、どれだけ発言したのか、どんな操作を行ったのかという会議発言記録を作成し、その時間的構造に着目したグラフ表示、フィルタリングの機能、ボイス発言の参照時間を減らすために音声短縮機能についても検討する。

以下、2章でモバイルマルチメディア電子会議システムに対する要件とその関連研究について述べ、3章でモバイル電子会議システムのシステム構成、4章で会議発言の蓄積機能、非同期会議機能について述べる。5章で会議発言情報の効率の提供について論じ、6章でまとめとする。

2. 背景

初期のマルチメディア電子会議システムは高価なワークステーション、ビデオカメラを使うもので、利用ネットワーク環境もISDN、LANなどに限られていた⁴⁾。近年、パソコンのマルチメディア化、低価格化、インターネットの普及により、CU-SeeMe、NetMeetingな安価なインターネットパソコン会議システム³⁾が登場し、個人ユーザにもマルチメディア電子会議システムを利用することが可能になった。

本研究の提案するモバイルマルチメディア電子会議システムも対象ネットワーク環境をインターネットとする。移動中や移動先から会議システムにアクセスしようとするユーザ（モバイルユーザと呼ぶ）は通信メディア、手段を問わず、とにかくインターネットに接続すればよいという自由度の高さを得ることができ、品質、通信コスト、使い易さなどで通信メディア、手段を選ぶことができる。

以下でマルチメディア電子会議システム、モバイル電子会議システムのシステム要件を明らかにし、それに関する関連研究についてふれる。

2.1 マルチメディア電子会議システムの要件

マルチメディア電子会議システムには基本的に以下のような機能が必要である。

- R1 ビデオ、ボイス機能：キャプチャ、圧縮、実時間（マルチキャスト）転送、同期（リップシンク）再生
- R2 データ会議機能（ホワイトボード、アプリケーション共有）：トークン処理、操作の順序保証を行う信頼性のある（マルチキャスト）転送、全参加者の共有情報の一貫性保証。
- R3 マルチメディア同期：R1とR2の同期、例えばホワイトボードの書き込みとボイスの同期など⁴⁾。
- R4 多地点通信機能：MCU(Multipoint Control Unit)を利用する集中型、各端末が複数の宛先に配送する分散型、LAN型の3種類の実現方法がある⁵⁾。
- R5 相互接続性：データ会議の国際標準としてITU-T T.120やビデオ会議標準のH.320シリーズがある。他にもセキュリティの機能や、会議を始める際のアナウンスや参加者を呼び出す機能なども必要になる。

2.2 モバイル電子会議システムの要件

- R6 ワイヤレスマルチメディア通信：有線に比べ伝送速度が遅く、誤り率が高く、スループット、誤り率などが頻りに変化するワイヤレス通信上でマルチメディア情報を配送すること。伝送速度の問題に関しては、ITU-T勧告の低ビットレートのビデオ会議用映像符号化方式H.263や、ボイス符号化方式G.729などを利用できる。通信品質の変動に適応するビデオ会議システムの例として、H.261符号化方式のパラメータを調節して出力データ量を増減したり⁶⁾、マルチエージェントを利用してユーザ要求や計算機資源の状況に応じてQoSを自律的に調整するものがある⁷⁾。
- R7 モバイルホストを含む多地点通信機能：インターネットにおけるモバイルホストを含むマルチキャストの議論がある⁸⁾。
- R8 切断中の操作、切断からの回復：ネットワークから切断中にも発言、操作を行えること。例えば、切断中でもキャッシングによりファイルアクセス可能なファイルシステム⁹⁾を利用できる。また、接続時に複数の書き込みによる衝突を検出、解決すること¹⁰⁾、送受信中にユーザが自発的に切断したり、意図しない切断が起きても再接続時に途中から転送

を開始するようなモバイルミドルウェア機能のサポート¹¹⁾等も必要である。

R9 非同期会議、蓄積機能：会議から切断する可能性のあるモバイルユーザーのために、同期会議だけでなく、不在期間の会議情報の蓄積機能や非同期会議機能をサポートすること。

本稿はR9に焦点を当てる。協同作業やコミュニケーションにおける会議形態には、電話やビデオ電子会議システムのように参加者が同じ時間に会議に参加し、リアルタイムに発言を交換する同期会議と、NetNews、メーリングリストのように各参加者が必ずしも同じ時間に会議に参加する必要のない非同期会議がある。モバイルユーザーにとっては同期会議よりも自分の都合の良いときに参加することのできる非同期会議が使いやすい。しかし、すぐに物事を決めたい場合、リアルタイムにインタラクティブに議論したい場合もある。

そこで、モバイル電子会議システムは同期会議と非同期会議の両方をサポートし、都合の良い会議形態をユーザに選ばせることを提案する。同期通信と非同期通信を統合したシステム例として、電子メールと電話を統合したLANベースのシステムTalkware¹²⁾や携帯電話、PHSの文字メッセージやりとりサービス、同期、非同期、部分非同期という3つの形態の通信を行うことのできる同期・非同期電子会議システムPARCAE¹³⁾がある。

さらに、モバイル電子会議システムは同期会議においても会議発言情報の蓄積を行うことを提案する。一般に、会議の途中から参加したり、一度会議から席を外した後、再び参加するような場合、周りの他の参加者に自分の不在期間にどんな発言が行われたかを質問し、会議に追い付く。しかし、それにより会議の進行が妨げられるかもしれないし、議論の過程を詳しく知ることは難しい。電子会議システムは、ビデオ、ボイス、ホワイトボードの書き込みをデジタルデータとしてストレージに蓄積し、それと共に誰がいつその発言、書き込みを行ったかを記録しておくことで、会議進行を保存できる。この会議進行情報をインデックスとして利用して、蓄積された会議発言情報に効率的にアクセスできると考える。

類似研究として、ビデオ会議システムの模様を記録したビデオに対し、音声認識と辞書チェーン (lexical chaining) に基づいてインデックスをつけるシステムJabber¹⁴⁾がある。このシステムは、会議発言情報を議事録として利用したり、ノートとして利用することを考えている。

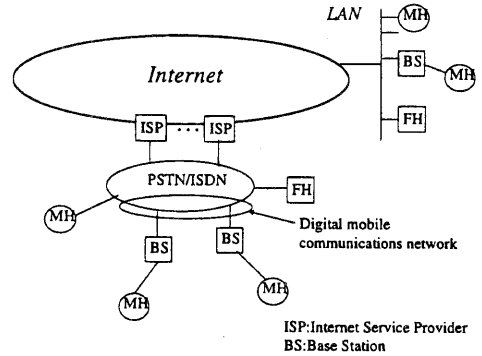


図1 ネットワーク環境
Fig. 1 Network environments.

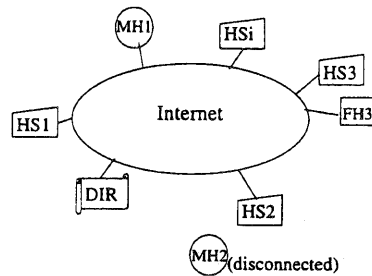


図2 システム構成
Fig. 2 System configuration.

3. モバイル電子会議システム

本章では、我々が提案しているモバイル電子会議システム DYNAMITE の対象とするネットワーク環境、システム構成、プロトコルスタックについて述べる。

3.1 ネットワーク環境

DYNAMITEは2で述べたようにインターネット環境に基づく(図1)。モバイルユーザーの端末MH(Mobile Host)は移動中や出先において、PHS、携帯電話、衛星などの公衆無線通信ネットワークやアナログ電話、ISDNなどの公衆有線ネットワークを介してインターネットサービスプロバイダや、属する組織のネットワークに接続し、インターネットにアクセスする。あるいは出先の組織の無線、有線LANに接続する。MHだけでなく、オフィス、家庭のデスクトップマシンの固定宿主FH(Fixed Host)も会議に参加するかもしれない。MHはインターネットに接続しているかもしれないし、切断しているかもしれない。

図2にシステム構成を示す。仮定として、すべてのユーザは自分の会社、学校、あるいはプロバイダなどの

ホームネットワークにホームサーバ HS(Home Server)を所有するとする。HSは郵便受け、あるいは留守番電話のように常に存在し、その参加者へのアクセスポイントを提供するアプリケーションである。HSがMHを呼び出すことができるように、MHはホームネットワーク以外に接続(移動)したとき、常に現在のIPアドレスをHSに伝えるとする。Mobile IPを利用している場合、HSはMHの位置を管理する必要はないが、IPとDHCPを利用している場合は必要になる。

また、インターネット上にはユーザ名とHSを結びつけるようなディレクトリサービス DIR(Directory Service)が存在すると仮定する。DIRの詳細については本稿では扱わない。

3.2 クライアント、サーバ、ホームサーバ

DYNAMITEはクライアントアプリケーション DC(Dynamite Client)、サーバアプリケーション DS(Dynamite Server)、ホームサーバ HSの3つから構成される。

DCはユーザインタフェースの提供や、ビデオ、ボイスデータのカメラ、マイクからの入力、送受信、表示、再生を行う。また、マウス、ペンによるホワイトボードの書き込みデータの送受信、表示更新、ユーザの入力したURLの送信、受信したURLのホームページの表示などを行う。なお、DCはHAからの呼び出しを受けるため、常に各参加者のMH、FHで起動されているものとする。

DSはFHに配置され、参加者の参加(退席)状況の管理等の会議制御を行う。また、ホワイトボードの書き込みなど参加者間の情報の一貫性をとるために順序保証、信頼性保証が必要な操作は、順番付けを行って複数の全参加者に配送する。また、非同期会議、会議発言情報の蓄積機能として、ビデオ、ボイス、ホワイトボードの書き込み、URLの参照などをストレージに蓄積し、ある参加者が会議サーバにアクセスしたときに配送する。

HSは各ユーザの位置情報管理や、ユーザの代理人として会議発言情報を蓄積(DSと同様)する機能を持つ。HSはユーザのホームネットワーク内のFHで常に走っている。

会議の開始手順を図3に示す。モバイルユーザのユーザ1がユーザ2,3と会議を始めようとしたとする。また、インターネット上にいくつかのDSが配置され、動いているとする。ユーザ1はユーザ2,3のHSを知っていればすぐに呼び出し、知らない場合はDIRに問い合わせをする(図3(1))。呼び出しは会議を行うDSiのアドレス情報を含む。HS2, HS3はユーザ1からDSi

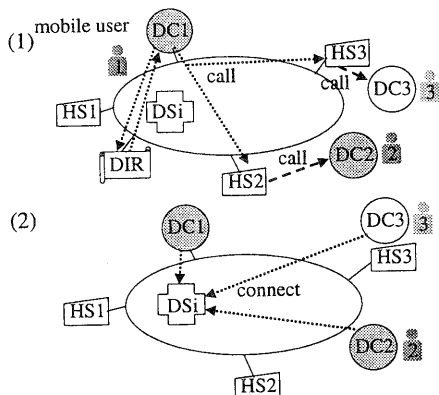


図3 会議の開始手順

Fig. 3 Procedure for starting a meeting.

で会議をやりようという呼び出しがあったことを、DC2, DC3を通じてユーザ2,3に伝える。ユーザ2もモバイルユーザであるが、HS2はユーザ2がどこにいるかを把握している。

次にユーザ1,2,3がDSiに接続し(図3(2)), DSiを共有サーバとして協同作業を行ったり、個人的なコミュニケーションを開始する。なお、利用するDSを選ぶ際は、参加者全員から見て公平な、あるいはもっとも近いネットワーク上の位置にあるDSを選ぶのが望ましいが、その探索は今後の課題とする。

3.3 プロトコルスタック

DYNAMITEのプロトコルスタックを図4に示す。DCが扱うビデオ、ボイスは多少のデータの誤り、損失を許す実時間マルチキャスト転送を要求するので、トランスポートプロトコルとしてRTP/RTCP, UDPを利用し、IP Multicast¹⁵⁾を用いて送信する。

ビデオ、ボイスデータ以外の会議制御やユーザの位置情報管理などはTCPを用いて通信を行う。DCが発行するホワイトボードの書き込み、参照URLの指定などは、DS内のMCUモジュールにより順序付けされ、複数のTCPコネクションを使って順々に配送される。DCとDS間のMCUモジュールを利用する手順をDYNAMITEMCU Protocolと呼ぶ。

MCUモジュールはDCがn個のとき、n個のTCPコネクションを管理し、1つのメッセージをn回転送しなくてはならないので、スケラビリティに問題がある。しかし、本研究は、4,5人程度の参加者を想定しているので大きな問題にはならないと考えている。

4. 会議発言情報の蓄積と非同期会議

DYNAMITEの特徴は会議から切断する可能性のあ

Video, Voice	Whiteboard URL	Conference Control User Management
	DYNAMITE MCU Protocol	
RTP/RTCP		
UDP		TCP
IP Multicast	IP, Mobile IP	
LAN interface(802.), PPP		

図4 プロトコスタック
Fig. 4 Protocol stack.

るモバイルユーザのために、会議情報の蓄積機能、非同期会議機能を持つ点である。電子会議システムは、グループでの協同作業の道具として用いられることもあれば、個人的なコミュニケーションの道具として用いられることもある。この両方の利用形態に対し、非同期会議と会議情報の蓄積機能を検討する。

協同作業利用においては、会議情報を共有の会議サーバに蓄積するような集中型のシステム構成をとる。皆が情報を共有することでストレージを有効利用することができるし、誰かが情報を更新しても常に最新情報を得ることができる。

一方、個人コミュニケーション利用においては、会議情報を各ユーザのホームサーバに蓄積するような分散型のシステム構成をとる。これはユーザが会議情報を自由に加工、削除することができるようにするためと、個人的な情報は共有のサーバに置くよりも自分で所持するためである。情報の共有や一貫性の制御などは行わない。

このように会議が協同作業利用か、個人コミュニケーション利用かにより、蓄積すべき場所が異なるので、会議を開催する際にユーザはどちらかを明示的に指定することとする。

4.1 協同作業利用

協同作業利用における会議情報の蓄積と非同期会議機能は以下の2つである。

A1 発言、操作の会議情報の蓄積

A2 同期・非同期会議の統合

A1は同期会議中に発言や操作をストレージに記録しておくことで、モバイルユーザが会議から切断したとしても、その不在期間の情報を獲得できるようにするものである。モバイルユーザがたとえ会議から不意に切断したとしても他のユーザは議論を止めずに続行できる。モバイルユーザは接続したときに、不在期間の情報を取得することで聞き漏らし、見逃しを防ぐことがで

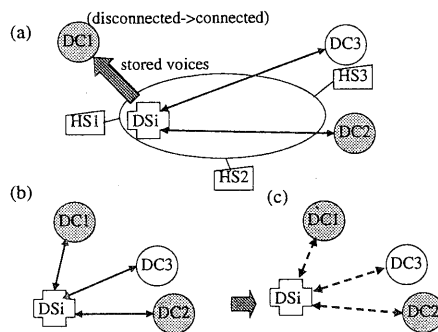


図5 協同作業利用における会議情報の取得と非同期会議
Fig. 5 Retrieving stored voices and an asynchronous conference for cooperative works.

きる。

A2は会議開催時に会議形態を同期か非同期か選ぶだけでなく、会議途中でも同期から非同期、非同期から同期に切り替えることを可能にするものである。例えば、同期会議中にモバイルユーザの都合が悪くなり会議から切断しなくてはならなくなったり、通信状況が悪化し、接続が切れそうになったとする。ユーザ間で切り替えに関して合意がとれば、会議のコンテキストを保ったまま同期会議から非同期会議に移行することができる。従来は、同期から非同期へ会議形態が移行すると、ビデオ電子会議システムや電話から電子メールへとアプリケーション、メディアが変わりコンテキストが保存されなかった。

協同作業利用においては、DSが会議情報を蓄積する。参加者はDSにアクセスして、蓄積された会議発言情報を取得できる。図5の(a)は同期会議に途中から参加するモバイルユーザがDSに情報取得要求を発行し、自分の不在期間の情報を獲得する様子を示している。(b),(c)は3人で同期会議を行っていたものの、参加者の一人のモバイルユーザが会議から切断するため、非同期会議に切り替えて、会議を続行する様子を示している(実線は同期通信、点線は非同期通信を示す)。

同期会議の場合、DCはマルチキャスト(RTP/UDP/IP Multicast)により、他のDC及びDSにビデオ、ボイスを配送し、ホワイトボード、ホームページはユニキャスト(TCP/IP)によりDSに転送した後、DSの疑似マルチキャスト(DYNAMITEMCU Protocol/TCP/IP)により他のDCに配送する。一方、非同期会議の場合、DCはすべてのメディアをユニキャストでDSに転送し、他の参加者は非同期にDSにアクセスし、ユニキャストで

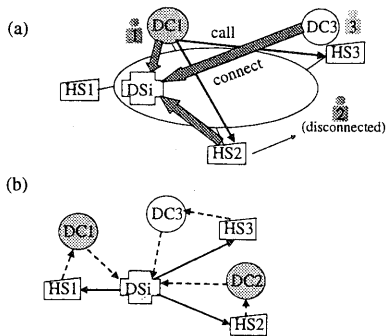


図6 個人コミュニケーションにおける会議情報の代理受信と非同期会議

Fig. 6 Receiving voices instead of a user and an asynchronous conference for private communications.

すべてのメディアを取得する。

4.2 個人コミュニケーション利用

個人コミュニケーション利用における会議情報の蓄積と非同期会議機能は以下の2つである。

B1 ネットワーク切断時にもユーザの代理が会議発言情報を蓄積

B2 同期・非同期会議の統合 (A2と同じ)

B1はメールボックスや留守番電話のように、モバイルユーザがネットワークから切断していても、やってくるメッセージを受けることができるようにするものである。モバイル電子会議システムをビデオフォン、あるいはマルチメディアメールのようにコミュニケーションの道具として利用する場合には、このような機能が必要である。

個人コミュニケーションの場合、各参加者のHSが会議情報を蓄積する。各参加者は自分のHSにアクセスして、その蓄積された情報を取得できる。図6(a)はユーザ1がユーザ2,3を呼び出したものの、ユーザ2が切断状態であったため、HS2が代わりにDSiに接続し、ユーザ1,3の発言を蓄積している様子を示している。

(b)は非同期会議の接続構成を示している。DCは発言をDSに直接送ることができるが、受信の際はHSに蓄積された会議発言情報を取得する。DSはあるDCから受け取った発言をすぐに各HSに送信し、HSがそれを蓄積するからである。MHがネットワークから切断していてもHSは確実に他の参加者の発言の蓄積を行う。

個人コミュニケーションにおける同期会議の場合、DCはマルチキャストにより、他のDC及びHSにビデオ、ボイスを配送し、ホワイトボード、ホームページはユニキャストによりDSに転送した後、DSの疑似マルチキャストにより他のDC,HSに配送する。一方、非同

	Video	Voice	Whiteboard	URL
発言(操作)者	○	○	○	○
発言対象者	○	○	○	○
発言開始時刻	○	○	○	○
発言終了時刻	○	○	○	○
実データ	f_n	f_n	sn	sn

表1 会議発言記録

Table 1 Conference recorded.

期会議の場合、DCはビデオ、ボイスをマルチキャストによりすべてのHSに転送する。他のDCは非同期にHSにアクセスし、ユニキャストでビデオ、ボイスを取得する。ホワイトボード、ホームページはユニキャストによりDSに転送され、DSは疑似マルチキャストにより他のHSに配送する。他のDCは非同期にHSにアクセスし、ユニキャストでその情報を取得する。

5. 会議発言情報の効率的提供

モバイルユーザが例えば協同作業において、不在期間の会議発言情報を取得して誰がどんなことを言ったのか、どんな書き込みを行ったのかを把握しようとしたとする。切断期間のすべての発言を見聞きするには多くの労力と時間を必要とする。テキスト、ホワイトボードは一覧性に優れ、比較的短時間で参照することができるが、音声や映像は取り寄せるデータ量も多く、参照するにも長い時間と手間がかかる。ユーザが効率的に取得する情報を選択できる仕組みが必要である。

本研究は誰がいつ、どれだけ発言したのか、どんな操作を行ったのかという会議発言記録(5.1で述べる)の持つ時間的構造に着目するアプローチをとる。以下の2つの機能を提供する。

- (1) 会議の進行状況のグラフ表示とフィルタリング: ユーザが人、時間、ホワイトボードのオブジェクトなどの興味に基づいて能動的に取得する情報を選ぶ作業をサポートする
- (2) 音声発言短縮,無音スキップ: 音声再生をピッチを変えずに早回ししたり、音声の無音部分を削除することで実質的な参照時間を削減する

5.1 会議発言記録

DS, HSは発言、操作を蓄積する際に、内部の会議発言記録というテーブルに表1のような項目を記録する。以降で各メディアごとに記録方法を述べる。表中の f_n はファイル名、 sn はシーケンス番号を示す。

5.1.1 ビデオ

ビデオの1発言は発言者、開始時刻、終了時刻、ビデオデータファイルから構成される。ユーザがビデオ送信のON/OFFボタンをONにすると、DCはDS,HSに発言開始を通知すると共に、ビデオのキャプチャ、圧

縮、送信を開始する。DS、あるいはHSは新規のファイルを作成し、ビデオを受信し、蓄積していく。ユーザがOFFにするとDCは再びDS、HSに発言終了を通知し、送信をやめる。DS、HSはファイルを閉じ、どのユーザがビデオを送信したのか、ビデオの受信開始時刻、終了時刻、ビデオデータファイル名を会議発言記録として記録する。

ビデオデータは容量が大きいので、利用できるストレージの容量やビデオの必要性に応じて、記録するストリームの選択(ビデオを送信している全員のビデオストリームを記録するのか、そのときボイスの発言、操作を行っている人のみか、あるいは選択した人のみか)、記録品質(時間的解像度、空間的解像度、色数)などのビデオの記録方法を制御する必要がある。

5.1.2 ボイス

ボイスの1発言には、ビデオの項目に加え、発言対象者の項目がある。発言対象者とは参加者が発言する際、画面上の顔写真をクリックして、明示的に受け手として指定した参加者のことである。電子会議システムでは目線などの情報の欠如により、誰に話しているのかわかりにくいときがあるので、発言対象者を指定することは有用である。指定のなかった場合は全員に発言をなげかけたとする。

ボイス発言もビデオと同様にユーザがON/OFFすることにより、キャプチャ、送信が開始されるが、ビデオのように常に垂れ流しをするのではなく、DCがキャプチャしたボイスデータの一定時間以上の無音期間を検出して送信を自動的にやめるか、ユーザが積極的に発言送信のON/OFFを切り替えてくれると仮定する。これは、トラフィックを減らすためだけでなく、発言のひとまとまりをDS、HSが検出することができるようにするためである。

5.1.3 ホワイトボード

ユーザはホワイトボードを使って、テキスト、線、円、四角などの図形を色を指定して書き込んだり、ポインタを動かすなどの操作を行うことができる。ユーザがポインタを動かしたり、書き込みを行うと、DCはその操作の種類、座標、色、大きさ、文字列などの属性をDSに送る。DS、HSは受信した操作をシーケンス番号と共にホワイトボード専用のファイルに保存する。会議発言記録に、発言者(操作者)、開始時刻、シーケンス番号が記録される。

5.1.4 ホームページ

ユーザは専用の入力ボックスにURLを入力することで、皆で同じホームページを閲覧することができる。ユーザがURLを入力すると、DCはそのURLをDS

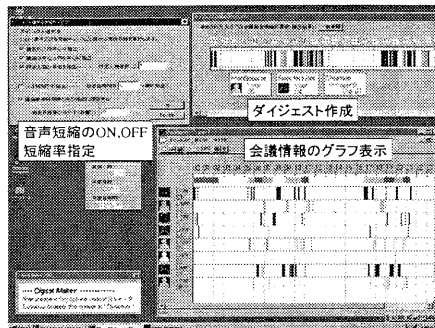


図7 会議発言蓄積情報の取得ユーザインタフェース
Fig. 7 User interface for retrieving conference data.

に送る。DSはURLをシーケンス番号と共にホームページ専用のファイルに保存する。会議発言記録に、発言者、開始時刻、シーケンス番号が記録される。

5.2 会議進行のグラフ表示とフィルタリング機能

会議発言記録に基づき、縦軸に参加者、横軸に時間をとって、発言、操作をグラフにプロットする。ホワイトボードの場合、書き込んだオブジェクトを含むホワイトボードの一部、ホームページの場合そのURL、ビデオ、ボイスの場合その発言の長さを表示する。発言対象者が指定されていた場合、それも表示する。図7に開発中のアプリケーション画面を示す。

このグラフにより、誰がどれだけしゃべったか、発言が誰に対するものかということを視覚的に理解でき、ホワイトボードの一部表示、URL表示により、会議のおおよその流れをつかむことができる。ユーザはこの発言の中から実際に取得し、閲覧する発言、操作を選ぶことができる。

さらに、時間範囲と発言者、発言対象者の3つをキーとして、それにマッチする発言を会議サーバより抽出して、グラフを表示させることもできる。例えば、今から10分前までの発言、Aさんの発言、自分に対する発言の一覧が欲しいといった要求ができる。他にも、ホワイトボード上の文字、図形、画像などのオブジェクトを選択し、そのオブジェクトが書き込まれたときの前後の発言を取り出すといったことも考えられる。

5.2.1 音声短縮機能

音声の短縮機能を提供することにより、非同期通信時の取得データ量の削減と参照時間(ボイス発言を聞く時間)の削減をはかる。ユーザがサーバから蓄積されているボイス発言を取り寄せる際に、音声短縮を要求すると、即時にその短縮処理を行い、ユーザに配送する。また、音声の無音部分を検出し、取り除くことも考えられる。

	短縮前	80% 短縮	60% 短縮
データ量	118KB	94KB	71KB
再生時間	15 秒	12 秒	9 秒

表2 音声短縮機能の効果
Table 2 Effect of shortening voice.

音声短縮機能は前述のフィルタリングと組み合わせて利用できる。ただし、2のR3で述べたホワイトボードの書き込みとボイス発言の同期のようなマルチメディア同期を保つのは難しくなる。

音を間引きしながら重ね合わせる方式¹⁶⁾で音声短縮機能を実装し、実験を行った結果、表2のように音声の再生時間、データ量が削減されることが確認できている。また、元の音声の長さの3分の2程度までが内容を理解する限界であることがわかった。なお、Pentium MMX 200MHzのマシンで15秒の発言を短縮するのに約500ms程度の時間がかかる。リアルタイム通信での利用は難しいが、非同期通信に利用するには十分高速である。

6. まとめ

本稿では、モバイル通信環境における協同作業、コミュニケーションを支援するモバイル電子会議システムDYNAMITEを提案した。DYNAMITEは同期、非同期形態の通信をまたがったシームレスな通信環境の提供、モバイルユーザの切断を考慮した会議発言情報の蓄積、会議情報の効率的提供などを行う。また、協同作業においては集中型、個人コミュニケーションにおいては分散型の会議情報の蓄積構成を提案した。

現在、本稿で提案した会議発言情報の蓄積機能、非同期会議機能がモバイルユーザにとって有用であるかを検証するために、クライアント、サーバ、ホームサーバアプリケーションを含むプロトタイプシステムをWindows 95上に実装中である。今後の課題は、実際に電子会議を行って会議発言情報を蓄積し、それに対してフィルタリング、音声短縮機能を適用して、有効性を評価する。また、会議発言情報の蓄積は大量のストレージを要求するので、蓄積する情報を選択したり、古い情報を一部削除するなどして蓄積情報量を削減する手法を考察する。

参考文献

- 1) 渡部和雄, 坂田史郎, 前野和俊, 福岡秀幸, 大森豊子: マルチメディア分散在籍会議システムMERMAID, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 9, pp.1200-1209 (1991).
- 2) 村田嘉利: 人を場所・時間的制約から解放するモ

バイルコンピューティング, 電子情報通信学会誌, Vol. 80, No. 8, pp. 844-849 (1997).

- 3) Vetter, R. J.: Videoconferencing on the Internet, *computer*, Vol. 28, No. 1, pp. 77-80 (1995).
- 4) Ahuja, S. R. and Ensor, J. R.: Coordination and Control of Multimedia Conferencing, *IEEE Communications Magazine*.
- 5) Clark, W. J.: Multipoint Multimedia Conferencing, *IEEE Communications Magazine*.
- 6) Turletti, T. and Huitema, C.: Video conferencing on the Internet, *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol. 4, No. 3, pp. 340-351 (1996).
- 7) 菅沼拓夫, 藤田茂, 菅原研次, 木下哲夫, 白鳥則郎: マルチエージェントに基づくやわらかいビデオ会議システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 6, pp. 1214-1224 (1997).
- 8) Xylomenos, G. and Plyzos, G. C.: IP Multicast for Mobile Hosts, *IEEE Communications Magazine*.
- 9) Kistler, J. J. and Satyanarayanan, M.: Disconnected Operation in the CODA File System, *Mobile Computing* (Imielin'ski, T. and Korth, H.(eds.)), Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 537-570 (1996).
- 10) Satyanarayanan, M., Kistler, J. J., Mummert, L. B., Ebling, M. R., Kumar, P. and Lu, Q.: Experience with Disconnected Operation in a Mobile Computing Environment, *Mobile Computing* (Imielin'ski, T. and Korth, H.(eds.)), Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 537-570 (1996).
- 11) 重野寛, 清松和明, 岡田謙一, 松下温: モバイル・コンピューティングをサポートするMC² Platform, 電子情報通信学会論文誌, No. 2, pp. 49-57 (1998).
- 12) 星徹, 松井進, 高田治, 岩見直子, 高原桂子, 小山俊明: リアルタイム・蓄積統合マルチメディアコミュニケーションシステムト・プラットフォーム, 情報学グループウェア研報, Vol. 95, No. 87, pp. 25-30 (1995).
- 13) 太田賢, 渡辺尚, 水野忠則: モバイルユーザのための同期/非同期電子会議システム, 情報学モバイルコンピューティング研究グループ研報, Vol. 96, pp. 13-18 (1996).
- 14) Kazman, R., Al-Halimi, R., Hunt, W. and Mantei, M.: Four Paradigms for Indexing Video Conferences, *IEEE MULTIMEDIA*, Vol. 3, No. 1, pp. 63-73 (1996).
- 15) Deering, S.: Host Extensions for IP Multicasting (1989). Internet RFC 1112.
- 16) 戸田浩: サウンドエフェクト, *C MAGAZINE*, Vol. 8, No. 12, pp. 22-50 (1996).