

投稿型動画視聴におけるユーザ間 リアルタイムコミュニケーション支援システムの提案

高野祐太郎^{†1} 田島孝治^{†2}
大島浩太^{†3} 寺田松昭^{†3}

^{†1} 東京農工大学 工学府 情報工学専攻

^{†2} 東京農工大学 工学府 電子情報工学専攻

^{†3} 東京農工大学 共生科学技術研究院 先端情報科学部門

近年、投稿型動画視聴において、動画に対してコメントを投稿することで視聴者間のコミュニケーションを可能にするサービスに注目が集まっている。しかし、各ユーザの動画視聴時刻は異なるため、コメントを用いた非同期コミュニケーションでは、双方向・リアルタイムに会話を行なうことは難しい。そこで本稿では、他ユーザと同じ部屋の中で会話を交えながら、共にTVを視聴しているような臨場感を持つ動画視聴を可能にするシステムを提案する。システムの実現にあたり、各ユーザの視聴シーンを常に同期する必要がある。提案システムでは、ユーザ間の利用回線の違いに起因するバッファリング時間の違いを考慮し、同期制御用のサーバを用いた一括制御により視聴シーンの同期を可能にしている。提案システムのプロトタイプを実装し、動画再生の同期精度の評価を行なった。評価の結果、スムーズな会話が成り立つ精度である200ms以内で同期制御が実現できていることを確認した。

A Real Time Communication Service for Audiences in Video Program Simultaneous Watching

YUTARO TAKANO^{†1} KOJI TAJIMA^{†2}
KOHTA OHSHIMA^{†3} MATSUAKI TERADA^{†3}

^{†1} Tokyo University of Agriculture and Technology Dept. of Computer and Information Sciences

^{†2} Tokyo University of Agriculture and Technology Dept. of Electronic and Information Engineering

^{†3} Tokyo University of Agriculture and Technology Institute of Symbiotic Science and Technology

This paper describes a service to enable simultaneous watching video programs for users and real-time communications each other in a video sharing service. Recently, a video sharing website where users can upload, view and share and comment video clips increases the number of users. However, it is difficult to communicate bi-directionally in real time with comments because audiences watch a video program in different time each other. Proposed service enables users to communicate with other audiences as if they watched video programs in the same room. To make it come true, it is necessary to display the same scene to audiences in the same time. We propose the synchronization method by using a synchronizing server that is focused on the difference of buffering duration among clients. We evaluated the accuracy of playback synchronization with a prototype system. As a result, we could confirm that the proposed method can provide synchronizing accuracy enough to communicate smoothly.

1. はじめに

近年、CGM(Consumer Generated Media)を用いた動画投稿サイトが次々と登場している。こうした動画投稿サイトの普及は、高速なインターネット回線が整備され、大容量の動画ファイルをインターネット上で扱うことが可能になったためであると考えられる。

世界最大の動画共有サイトである YouTube¹⁾では、誰でも容易に動画を投稿・閲覧できるインタフェースを提供し、動画共有を活性化している。これにより、YouTubeは膨大な利用者数の獲得に成功し、現在もその利用者数は増え続けている。

共有動画の特定のシーンに向けて投稿されたコメントを対応するシーンに重ねて流すことで、視聴者同士のコミュニケーションを可能にし、多くの利用者を集めているサービスも登場している²⁾。これは、投稿型の動画視聴における視聴者間交流の重要性を示していると考えられる。しかしコメントを用いた会話で

は、各ユーザの動画視聴時刻が異なるため非同期コミュニケーションになり、リアルタイムな同期コミュニケーションは実現できていない。

また、投稿型の動画共有では、動画提供者が不特定多数であり、TV放送のような番組表が存在しない。このため、利用者は自分にとって有益な動画を探し出しにくい。膨大な数の投稿動画から、ユーザにとって有益な動画を容易に探し出せるシステムが求められる。

そこで、本稿では同期コミュニケーション可能な投稿型動画視聴システムを提案する。提案システムは、各クライアントの動画再生を同期制御することで、各視聴者が常に同じシーンを視聴可能にする。さらに、動画を視聴しながらリアルタイムに音声とテキストによる会話を可能にすることで臨場感ある動画視聴を実現している。また、会話により視聴者それぞれが動画の視聴提案をすることができ、膨大な動画から有益な動画を探し出す効果も期待できる。

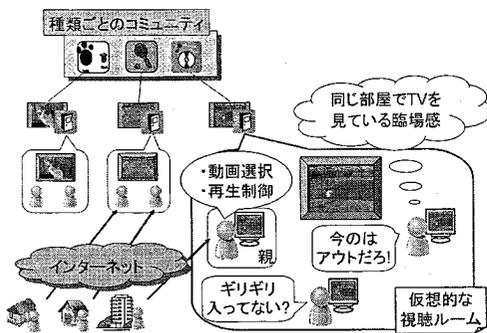


図 1.1 提案システムイメージ

2. 提案システム

2.1 サービス概要

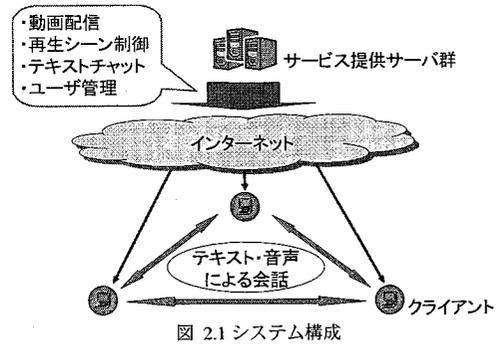
提案システムは、インターネット上の同じ嗜好を持つ他のユーザと、同じ部屋で共に TV を見ているような臨場感を持つ動画視聴の実現を目指している(図 1.1)。他のユーザと「音声とテキスト」によるリアルタイムな会話を交えながら動画を視聴することで、一人での視聴に比べ、会話からも有益な情報を得られる。また、同じ嗜好のユーザ同士で動画共有を行うことにより、動画の制作意欲の増大に繋がり、動画の質・量の向上も期待できる。

本システムでは、動画のジャンルに応じたコミュニティが形成され、動画は各コミュニティ内で共有される。各コミュニティ内には複数の視聴ルームが形成され、ルーム内のメンバは共に、会話を交えながら動画を視聴する。動画視聴時には、ルーム内のメンバが常に同じシーンを視聴できるように、システムが動画再生の同期制御を行う。各視聴ルームには視聴動画の選択や再生位置の指定を担当する「親」が一人だけ存在する。視聴動画の選択権は親のみに与えられるが、他の視聴者は会話機能により親に視聴動画のリクエストを行うことができる。このように、同じ嗜好のユーザと視聴動画を選択できるため、容易な動画選択が可能となる。システムは、親が早送りや一時停止などの再生制御を行った場合にも、ルーム内のメンバの視聴位置が常に一致するように制御する。また、動画を視聴中に新たなユーザが視聴ルームに入室する場合も考えられる。このときシステムは、他のユーザの動画視聴は妨げずに、入室ユーザの視聴開始位置を他ユーザの視聴中位置と自然に同期する。

このように、常に同じシーンを見ながら会話を可能にすることで、臨場感のあるコミュニケーションの実現が可能となる。

2.2 システム構成

提案システムの構成を図 2.1 に示す。クライアントはインターネットを介してサービス提供サーバ群と通信する。サーバは各クライアントに動画配信を行い、クライアント間の再生シーンの同期制御を行なう。ま



た、サーバは動画配信と同時に、テキストチャット機能も提供する。さらに、本システムに音声会話システムを組み込むことで、クライアント間での音声会話を可能にする。

3. 課題と解決方法

提案システムを実現するに当たり、以下の課題が存在する。

(1) 動画再生の同期制御

同じ部屋で共に TV を見ているような臨場感を実現するためには、動画視聴と並行してスムーズなコミュニケーションを実現する必要がある。会話を円滑に成立させるためには、各視聴者が常に同じシーンを視聴していなければならない。このためには、動画の視聴開始時やシークの実行時、視聴ルーム内メンバ全員が同じ位置から同じタイミングで一斉に再生を開始しなければならない。また、動画を視聴中の視聴ルームに新たに入室するユーザや、視聴中に再バッファリングが生じてしまったユーザは、他のユーザの視聴は妨げずに個別に同期を行う必要がある。同期精度については、文献 4)-6)を参考に、音声会話がスムーズに行えるような動画再生の同期精度として 200ms 未満を目標値とした。

(2) コミュニケーション方式

動画視聴と同時に行なうことのできるコミュニケーション方式を検討する必要がある。動画の視聴を妨げないようなコミュニケーション方式の実現が課題となる。

(3) ストリーミングサーバへのアクセス集中

提案システムではルーム内メンバは常に同じ動画を視聴するため、特定の動画へのアクセス集中が起きやすい。特定のストリーミングサーバへのアクセス集中に対応可能なシステム設計を行う必要がある。

実際の利用では、1 視聴ルームあたりの視聴者数は最大 8 人、全体の同時利用者数は 1 万人程度を想定している。また、配信する動画については、動画形式は FLV(Flash Video)、ビットレートはある程度高画質で閲覧できる 300Kbps 以上のものを想定している。

想定環境における課題の解決方法について、以下に述べる。

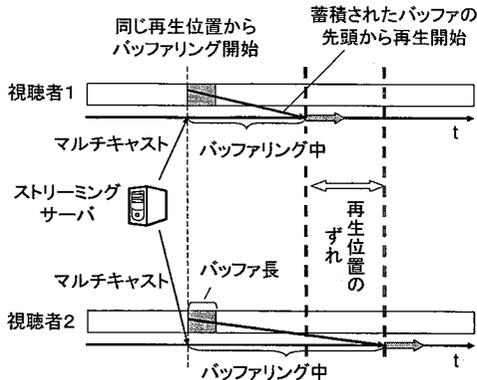


図 3.1 ライブ配信における再生位置のずれ

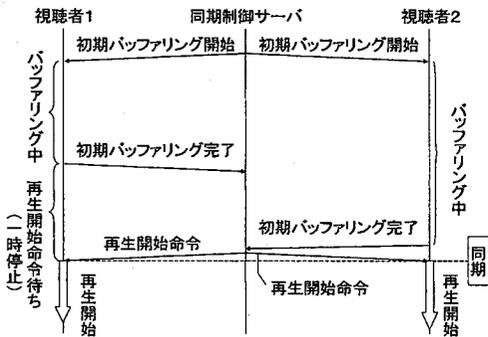


図 3.2 一斉同期の流れ

3.1 動画再生の同期制御方式

動画再生同期方式として、一斉同期と個別同期の 2 つの手法を提案する。

(a) 一斉同期

動画の視聴開始時や特定の再生位置へのシーク実行時、視聴ルーム内メンバは同じ再生位置から同じタイミングで一斉に再生を開始しなければならない。このような同期を一斉同期と定義する。動画はストリーミング配信されるため、視聴開始時やシーク実行時、各クライアントは再生開始前に初期バッファリング処理を行なう。ここで、ネットワーク環境はクライアントごとに異なるため、初期バッファリングに要する時間もクライアントごとに異なる。このため、ライブ配信方式のストリーミングでは、同じタイミングで動画ストリームの受信が開始されるにもかかわらず、視聴者間の再生位置のずれが生じてしまう(図 3.1)。

提案システムでは、同期制御サーバを用いて、各クライアントのネットワーク環境の違いを考慮した同期制御を行う。視聴開始時やシーク実行時の一斉同期のタイムチャートを図 3.2 に示す。各クライアントは初期バッファリング完了後、すぐには再生を開始せず一時停止状態に入り、同期制御サーバへの初期バッ

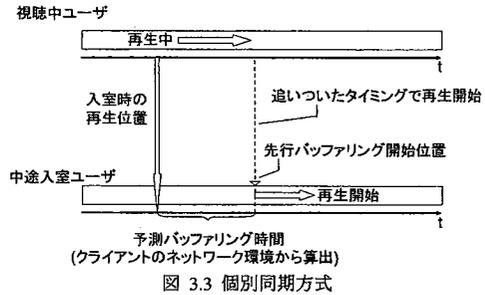


図 3.3 個別同期方式

ファリング完了通知を行う。同期制御サーバは、視聴ルーム内の全クライアントの完了通知受信後、各クライアントに向けて再生開始命令を一斉に送信する。クライアントは、再生開始命令を受信したタイミングで一時的停止を解除し、再生を開始する。このように同期制御サーバを用いた一括制御を行うことで、バッファリング所要時間の差から生じる再生位置のずれを排除し、同じタイミングでの再生開始を可能にする。

(b) 個別同期

中途入室時や再バッファリング発生時は、特定のクライアントだけが、ルーム内で視聴中の再生位置と個別に同期する必要がある。このような同期を個別同期と定義する。提案システムでは、視聴中の再生位置よりも先の再生位置を先行してバッファリングすることで、個別同期を実現する。中途入室時の個別同期方式を図 3.3 に示す。再バッファリング発生時も同様に個別同期を行う。個別同期を行なう際、システムはクライアントのネットワーク環境から、初期バッファリングに要すると思われる予測バッファリング時間を算出する。動画のビットレートを br 、クライアントの通信速度を bw 、初期バッファリング量を t 秒間分とすると、予測バッファリング時間 bt は下式(1)のように求められる。この式では、codec による動画の decode 時間をパラメータに含めていないが、内部処理的に decode 終了後の状態を対象としているためである。実装によっては、(1)式に decode 時間も含める必要がある。

$$bt = br \times t / bw \quad (1)$$

算出した予測バッファリング時間と視聴中クライアントの視聴中位置から、先行バッファリングの開始位置を決定する。先行バッファリング完了後、視聴中クライアントの再生が追いつくまで再生は開始せず、追いついたタイミングで再生を開始することで個別同期を実現する。この方式により、視聴中ユーザの視聴を妨げず、個別に同期を行うことが可能となる。中途入室時の個別同期のタイムチャートを図 3.4 に示す。再バッファリング発生時も同様に個別同期を行う。視聴中クライアントは、他ユーザの中途入室後、同期制御サーバに一定間隔で視聴中の再生位置を 1 秒間隔で通知し続ける。同期制御サーバは通知された再生位置を基に、さらにタイマを用いて再生位置を計測し続ける。このように、個別同期処理中、同期制御サー

期も可能となる。このように、提案システムではストリーミングサーバの多重化による動画の分散配信も可能にしており、配信された動画の再生同期を実現している。このため、同一視聴ルームに所属しているユーザが異なるストリーミングサーバから動画を受信することも可能である。

4. 実装

4.1 開発環境

プロトタイプシステムの開発環境を表 4.1 に示す。

表 4.1 プロトタイプシステムの開発環境

項目	仕様	利用対象
OS	Windows XP Professional SP2	
ストリーミングサーバ	Windows Media Services 9.01.013814	
コンテンツサーバ	IIS 6.0 MySQL	
開発ツール	Microsoft Visual Studio 2005	
開発言語	C 言語	クライアント 同期制御サーバ
	PHP	コンテンツサーバ
API	SkypeAPI	クライアント
	Windows Media Format SDK 11	

4.2 ユーザインタフェース

プロトタイプシステムのクライアントの動作画面を図 4.1 に示す。視聴動画はクライアントウィンドウ下部から選択される。また、動画の再生制御は再生ボタンやシークバーから行うことができる。このとき、動画選択や再生制御が行われた場合でも、視聴ルーム内の視聴者は常に同じシーンを視聴することが可能となる。動画視聴と同時に、発言コメントや音声を用いた会話を行なうことができる。これにより、同じ部屋の中で共に TV を見ているような臨場感のある動画視聴を可能にする。

4.3 音声会話

クライアント側では、P2P 型インターネット電話システム：Skype³⁾の機能である会議通話機能を用いて、音声会話を可能にする。提案システムのクライアントソフトは Skype とアプリケーション間通信を行っており、ユーザがクライアントソフト側で音声会話への参加要求を行なうと、Skype 側の操作不要で視聴ルーム参加者間で会議通話が開始される。

5. 評価

実装したプロトタイプシステムにおいて、動画の再生同期が課題となる 200ms 未満の精度で実現できているかについて評価を行なった。評価は LAN 内の場合とインターネット回線を用いた場合の 2 種類について行った。また、評価に用いたストリーミングサーバの仕様上、インターネット回線を介した接続において再生可能な動画が 300Kbps のもののみとなつてし

まったため、これを評価用の動画として用いた。より大きなビットレートを用了としても、方式的に同期精度には影響がないと思われる。

コミュニケーション方式については実際に多人数で利用したところ、テキスト及び音声により円滑なコミュニケーションができていることを確認した。ストリーミングサーバについては Microsoft 社のものをそのまま用いており、新規に開発していないため評価は行なっていない。

5.1 LAN 内での評価

LAN 内において、同期制御サーバへのクライアントの接続数と、クライアント間の動画再生同期のずれの関係を調査した。評価用のシステム構成を図 5.1 に示す。接続するクライアント数の増加には、同期制御サーバとのメッセージ交換のみを行ない、動画の再生は行わない擬似クライアントを用いた。擬似クライアントには同期信号のみでストリーミングは流れておらず、スイッチングハブ自体の負荷はほとんどない状態である。実際の利用環境を想定し、擬似クライアントは 1 秒から 60 秒のランダムな頻度で、「test comment」という発言コメントを同期制御サーバに送信する。同期制御サーバはコメントの転送も担当するため、これにより同期制御サーバの負荷を実用の際の負荷に近づけることとした。この環境で同期制御サーバに 2 台のクライアントを接続し、実際に動画再生同期を行った際の同期ずれを計測した。ここで、WAN を介した利用を想定し、片方のクライアントと同期制御サーバとの間に伝送遅延発生用の端末を設置した。遅延発生

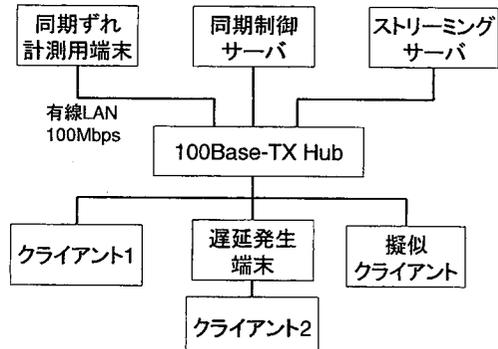


図 5.1 LAN 内での評価環境

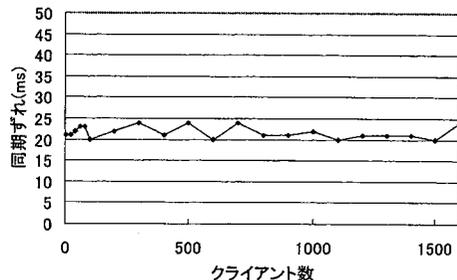


図 5.2 LAN 内における一斉同期の同期ずれ

端末には FreeBSD の dummynet を用い、同期制御サーバからクライアントへのパケット送信において、遅延時間：20ms、揺らぎ：±5ms を発生させた。

(a) LAN 内における一斉同期

動画選択やシーク制御を行なった際の、2 台のクライアント間の再生開始タイミングのずれを計測した。調査は各条件で 10 回ずつ行い、計測値の最大を評価結果とした。LAN 内における一斉同期の同期ずれ計測結果を図 5.2 に示す。

LAN 内における一斉同期では、接続クライアント数に関わらず、20ms から 25ms の間で安定した同期精度を実現している。ここで、片方のクライアントと同期制御サーバの間に設置された遅延発生端末では 20ms ±5ms の伝送遅延を発生させている。このため、一斉

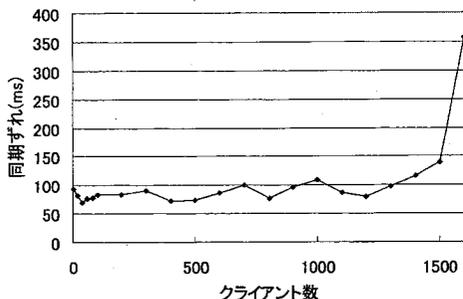


図 5.3 LAN 内における個別同期の同期ずれ

同期における同期ずれ発生は、パケットの伝送遅延であると考えられる。一斉同期の際、同期制御サーバは視聴ルーム内の全クライアントに向け、同じタイミングで一斉に再生開始メッセージを送信する。このため、同期制御サーバから各クライアントへの伝送遅延の差が、直接同期ずれに影響するものと考えられる。

(b) LAN 内における個別同期

クライアント 1 が動画を視聴している視聴ルームにクライアント 2 を入室させ、個別同期を行なった。個別同期処理完了後、同じ再生時間に到達したタイミングのずれを同期ずれと見なし、調査を行なった。調査は各条件で 10 回ずつ行い、計測値の最大を評価値とした。LAN 内における個別同期の同期ずれ計測結果を図 5.3 に示す。

LAN 内における個別同期では、クライアント数が 1500 人を越えた時点で、同期ずれが急激に増大している。個別同期の際、同期制御サーバは視聴ルーム内の動画視聴中ユーザの再生位置を、タイマを用いて常に計測している。タイマ計測は 10ms 間隔で行っているが、クライアント数が 1500 人を越えた時点で、同期制御サーバの負荷増大により 10ms 間隔での計測処理が間に合わなくなったと考えられる。また、クライアント数が 1500 人以下の場合も、80ms 前後の同期ずれが生じている。個別同期の際も、視聴中ユーザからの再生位置通知メッセージや中途入室者への再生開始メッセージは、伝送遅延の影響を受ける。また、再生位置通知の際、クライアント上での再生位置取得はフレーム単位となる。評価実験では 30fps の動画フ

ァイルを使用したため、再生位置の取得には最大で 33ms の誤差が生じる。さらに、タイマの精度は 10ms に設定したが、プロトタイプシステムの同期制御サーバはタイマの信頼性が低い Windows XP 上に実装したため、実際には 10ms 以上の誤差が生じていると考えられる。

5.2 インターネット回線での評価

より実用的な評価環境として、インターネット回線を用いた評価システムを構築した。インターネット回線での評価では、LAN 内で用いた評価用システムから擬似クライアントと遅延発生端末を排除し、クライアント数が 4 台の場合と 7 台の場合について各クライアント間の動画再生同期ずれを計測した。人数は集めることのできた被験者数に關係するため特に意味は無いが、被験者数 4 人で動作テストを行ない、7 人に増やして本評価を行なった。評価を行なうにあたり、7 台のクライアントと同期制御サーバ間の帯域と揺らぎ、及び往復伝送遅延の計測を事前に行なった。帯域および揺らぎは IPerf[®] を、遅延は Windows の ping ツールを用いて計測した。各クライアントと同期制御サーバ間のネットワーク環境を表 5.1 に示す。回線は、ユーザ 1 がキャンパスネットワーク、他のユーザは FTTH と ADSL である。結果から、評価で用いた 300Kbps の動画は十分に伝送可能である。ユーザ 4 は利用環境の FW の影響で遅延計測ができなかったが、他の ADSL ユーザと同程度だと思われる。

クライアントは Skype と連携し、Skype の会議通話機能を用いて動画視聴中の音声会話を可能にしている。このため、音声会話を行なう場合は Skype に帯域を奪われてしまうと考えられる。そこでクライアント数 7 台の評価においては、Skype による音声会話を行なう場合と行なわない場合のそれぞれについて、再生同期ずれの計測を行った。

再生同期ずれの計測方法は LAN 内の場合と同様であり、ユーザ 1 の再生位置を基準としたときの他ユーザの再生同期ずれを計測した。

表 5.1 各クライアントのネットワーク環境

ユーザ	回線種別	帯域 (Mbps)	揺らぎ (ms)	往復伝送遅延 (ms)
ユーザ 1	専用線	7.5	6.136	1
ユーザ 2	FTTH	2.2	6.346	14
ユーザ 3	ADSL	0.75	3.474	27
ユーザ 4	ADSL	0.6	5.525	—
ユーザ 5	FTTH	3.07	5.716	12
ユーザ 6	FTTH	9.55	5.402	10
ユーザ 7	ADSL	0.54	6.309	33

表 5.2 クライアント数 4 台における一斉同期の同期ずれ

	1 回目	2 回目	3 回目
ユーザ 1	0ms	0ms	0ms
ユーザ 2	12ms	1ms	1ms
ユーザ 3	99ms	17ms	32ms
ユーザ 4	12ms	17ms	15ms

表 5.3 クライアント数 7 台における一斉同期の同期ずれ

	1 回目	2 回目	3 回目
ユーザ 1	0ms	0ms	0ms
ユーザ 2	3ms	3ms	2ms
ユーザ 3	12ms	26ms	21ms
ユーザ 4	9ms	112ms	17ms
ユーザ 5	4ms	7ms	6ms
ユーザ 6	4ms	11ms	10ms
ユーザ 7	88ms	28ms	104ms

(a) インターネット回線における一斉同期

ユーザ 1 からユーザ 4 まで 4 台における、一斉同期の再生同期ずれ計測結果を表 5.2 に示す。クライアント数 4 台においては、一斉同期を高い精度で実現できていると言える。他のユーザに比べて通信環境が劣るユーザ 3 やユーザ 4 においては、伝送遅延により多少の同期ずれは生じているが、コミュニケーションには影響を及ぼさない範囲であると考えられる。

クライアント数 7 台における、Skype による音声会話を行わない場合の一斉同期の再生同期ずれ計測結果を表 5.3 に示す。

クライアント数 7 台においても、クライアント数 4 台の場合と同様、精度の高い一斉同期が実現できた。通信環境の乏しいユーザ 3 やユーザ 4、ユーザ 7 においては多少の同期ずれが生じているが、やはり許容される範囲であると考えられる。

クライアント数 7 台における、Skype による音声会話を行っている状態での一斉同期の再生同期ずれ計測結果を表 5.4 に示す。Skype を用いていない場合と比較すると、一斉同期の精度は Skype による帯域占有の影響を受けていないと考えられる。また、ユーザ 3 とユーザ 7 においては 100ms を越える同期ずれが観測されている。目標値は 200ms 未満なので許容範囲ではあるが、スポーツの得点シーンなど瞬間的な発声が生じるような場合では、音声会話に影響を及ぼす可能性もあると考えられる。

表 5.4 Skype を用いた状態での一斉同期の同期ずれ

	1 回目	2 回目	3 回目
ユーザ 1	0ms	0ms	0ms
ユーザ 2	0ms	14ms	6ms
ユーザ 3	111ms	22ms	27ms
ユーザ 4	13ms	14ms	23ms
ユーザ 5	4ms	11ms	14ms
ユーザ 6	4ms	4ms	10ms
ユーザ 7	17ms	116ms	36ms

(b) インターネット回線における個別同期

ユーザ 1 からユーザ 4 までの 4 台における、個別同期の再生同期ずれ計測結果を

表 5.5 に示す。一斉同期と同様、他ユーザと比べて通信環境の乏しいユーザ 3 とユーザ 4 においては、許容範囲内ではあるが多少の同期ずれが観測された。また、ユーザ 4 において、基準から 5,794ms の同期ずれが観測された。評価実験中は各ユーザが適当な頻度で

テキストコメント発言を行っていたが、このときユーザ 4 において、過去の発言コメントが一度にまとめて受信されるという現象が起きた。通常、発言コメントは即座に同期制御サーバから各クライアントに転送される。これは、インターネットを利用したことにより、輻輳などの影響で急激な遅延が発生したためと思われる。ユーザ 4 の大幅な同期ずれも、この伝送遅延によるものだと考えられる。

表 5.5 クライアント数 4 台における個別同期の同期ずれ

	1 回目	2 回目	3 回目
ユーザ 1	0ms	0ms	0ms
ユーザ 2	1ms	1ms	6ms
ユーザ 3	106ms	13ms	24ms
ユーザ 4	5,794ms	13ms	24ms

クライアント数 7 台における、Skype による音声会話を行わない場合の個別同期の再生同期ずれ計測結果を表 5.6 に示す。クライアント数 7 台の場合においても、ユーザ 2 においてインターネット回線が原因と思われる大幅な同期ずれが発生した。また、一斉同期と同様、ユーザ 3 とユーザ 4、及びユーザ 7 においては他ユーザと比べて大きな同期ずれが観測された。特にユーザ 7 では 211ms の同期ずれが観測されたが、テキストコメントによる会話ではキーボードからのコメント入力時間なども存在するため、許容される範囲内であると考えられる。

クライアント数 7 台における、Skype による音声会話を行っている状態での個別同期の再生同期ずれ計測結果を表 5.7 に示す。ユーザ 2 において、3 度の試行全てについて、5 秒前後の大幅な同期ずれが観測された。ユーザ 2 の PC スペックは、CPU が Athlon 1.16GHz、メモリは 512MB であり、Skype を起動した状態においてクライアントソフトでの動画再生を行なうと、CPU 使用率は常に 100% を維持していた。このとき、動画はコマ送りに再生されてしまい、正しい再生速度での再生を行っていなかった。このためユーザ 2 の動画再生は、再生が進むにつれて他ユーザの再生位置から徐々に遅れてしまったと考えられる。提案方式では動画の再生開始タイミングのみで同期制御を行うため、クライアント端末にはスムーズな動画再生を行えるスペックが必要であることが分かった。ユーザ 5 の 2 回目で計測した 46,806ms については、実装上の問題だと思われる。

表 5.6 クライアント数 7 台における個別同期の同期ずれ

	1 回目	2 回目	3 回目
ユーザ 1	0ms	0ms	0ms
ユーザ 2	3,502ms	33ms	35ms
ユーザ 3	30ms	96ms	44ms
ユーザ 4	80ms	20ms	31ms
ユーザ 5	13ms	19ms	24ms
ユーザ 6	41ms	37ms	27ms
ユーザ 7	211ms	91ms	47ms

表 5.7 Skype を用いた状態での個別同期の同期ずれ

	1 回目	2 回目	3 回目
ユーザ 1	0ms	0ms	0ms
ユーザ 2	5,429ms	6,273ms	4,283ms
ユーザ 3	32ms	136ms	14ms
ユーザ 4	3ms	19ms	26ms
ユーザ 5	29ms	46,806ms	8ms
ユーザ 6	14ms	0ms	4ms
ユーザ 7	84ms	20ms	30ms

6. 関連研究

共に動画を視聴しながら同時にコミュニケーションを図るようなサービス提案, 及び研究が活発に行なわれている。

ニコニコ動画²⁾は, 共有動画に対してコメントを投稿することにより, ユーザ間のコミュニケーションを可能にするサービスである。コメントは動画の各シーンに向けて投稿され, 過去に投稿されたコメントは対応するシーンの再生に合わせ, 動画上をスクロールする形で表示される。このように, ニコニコ動画では動画の再生時間とコメントを対応付けることで, 擬似的な時間共有を可能にしている。しかし一方で, 動画の視聴時刻はユーザごとに異なるため, 双方向に, リアルタイムにコミュニケーションを行なうことは難しい。

蓄積メディアや Web カメラから入力された動画のライブ配信, ワンセグ放送など, ライブメディアを視聴しているユーザ間のコミュニケーションを可能にするサービスも存在する⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。これらのサービスではライブメディアを用いるため, 各視聴者の動画再生時刻はほぼ同期される。ただし, 各ユーザのネットワーク環境の違いから再生時刻にずれが生じてしまう。このため, 音声会話のようなリアルタイム性の高いコミュニケーション方式を適用することは難しいと考えられる。

複数のストリーミングサーバから配信される動画の視聴において, 再生制御の共有を可能にすることで複数ユーザ間の動画再生同期を実現する研究も行なわれている¹¹⁾。これは, ストリーミング再生における再生制御情報の, 視聴者間での共有に関する研究である。コミュニケーション方式はテキストチャットのみとしており, 再生同期の精度は重視していないため, 本論文とは目的が異なる。

7. まとめと今後の課題

本論文では, 他ユーザと同じ部屋の中で共に TV を視聴しているような臨場感のある動画視聴を実現するシステムを提案した。提案システムでは, 同期制御サーバによる一括制御により高い動画再生同期を実現することで, 音声会話も並行して行なえるような同時視聴を可能とする。プロトタイプシステムを実装し, LAN 内及びインターネット回線において, 動画再生の同期精度について評価を行なった。この結果, スムーズな会話が成り立つ精度での再生同期制御を実現

できていることが確認できた。また, 同期精度は伝送遅延に大きく依存することが分かった。さらに, 再生同期制御は初期バッファリング後の再生開始時のみ行なわれるため, クライアント端末にはスムーズな動画再生を維持できるようなスペックが要求されることが分かった。今後の課題として, 伝送遅延による同期精度の劣化問題を解決し, 同期ずれから生じる音声会話品質の劣化を防ぐ必要があると考えられる。また, 利用者数が増大しても同期精度を維持できるよう, スケーラブルなシステムを実現する必要がある。さらに, CPU 負荷による品質低下についても対応を検討している。

謝辞

本研究の一部は, 共生情報工学推進経費の助成を受けている。

参考文献

- 1) YouTube, <http://jp.youtube.com/>.
- 2) ニコニコ動画, <http://www.nicovideo.jp/>.
- 3) Skype, <http://www.skype.com/intl/ja/>.
- 4) 布目敏郎, 田坂修二: 中規模マルチキャスト通信における端末間同期方式のアプリケーションレベル QoS 比較, 信学技報, CQ2002-86 Sep.2002.
- 5) 栗田孝昭, 井合知, 北脇信彦: オーディオビジュアル通信における伝搬遅延の影響, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J76-B-I, No.4, pp.331-339 (1993).
- 6) 鈴木浩, 柳町昭夫: 番組補間型テレミュージック放送の番組映像と同期ずれに関する一検討, テレビジョン学会誌, Vol.43, No.1(1989).
- 7) IPerf, <http://homepage2.nifty.com/protocol/iperf/iperf.htm>.
- 8) みんなで BIGLOBE ストリーム, <http://labs.broadband.biglobe.ne.jp/nco/>.
- 9) Ustream, <http://www.ustream.tv/>.
- 10) おししゃべりテレビ, <http://www.oshaberitv.com/>.
- 11) Giancarlo Fortino, Wilma Russo, Carlo Mastroianni, Carlos E. Palau and Manuel Esteve: CDN-Supported Collaborative Media Streaming Control, IEEE Multimedia, Vol.14, Issue2, pp.60-71 (2007).