

Web ブラウザベースの P2P ライブ映像配信システムの試作

長尾 拓弥* 奥本 隼* 川上 賢十* 吉田 光男* 梅村 恭司*

概要. 情報通信技術の発達にともなって、時間や距離の制約が緩和され、聴講者が一箇所に集まる必要のない遠隔授業が多くの教育機関で導入されている。ライブ映像配信を活用した遠隔授業において、講師と聴講者がインタラクティブにやり取りを行うためには、低遅延なライブ映像配信を行う必要がある。また、多人数へのライブ映像配信システムの導入には、トラフィック分散のために、多数のサーバが必要となるなどの問題がある。本稿では、Web ブラウザを通した P2P 方式による低遅延なライブ映像配信システムを試作した結果について報告する。本研究によって、特別なクライアントプログラムを必要とせず、小規模なサーバであっても多人数へのライブ映像配信が可能となった。

1 はじめに

ライブ映像配信を活用した遠隔授業では、講師と聴講者がインタラクティブにやり取りができるシステムであることが望ましい。インタラクティブな授業を行うためには、少ない遅延時間で映像を配信する必要がある。たとえば、質問をしたときに数秒程度の遅延があるだけで両者の話が噛み合わなくなるおそれがある。しかし、多くのライブ映像配信システムは、数秒から数十秒程度の遅延時間が発生する。また、多数の視聴者に映像を配信するためには、トラフィック分散のために、多数のサーバが必要となり、映像配信システムの設置には大きなコストが掛かる。

本稿では、P2P 方式による低遅延かつサーバトラフィックを抑えたライブ映像配信システムを実現する。さらに、特別なクライアントプログラムをインストールせずに映像を視聴できるようにするために、Web ブラウザを使用する。

2 関連研究

HTML5 の Video API の普及によって、Web ブラウザのみでライブ映像配信をおこなう手法が確立されている。Apple が実装して普及させた HTTP Live Streaming (HLS) のほかに、国際標準化されている MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) などの方式が多く利用されている [1]。HLS や DASH では、撮影映像を数秒程度の動画ファイル（セグメント）に分割してサーバに記録、配信する。Web ブラウザではポーリングして最新のセグメントを取得しながら再生するため、性質上、セグメントのサイズ以上の遅延が生じることになる。セグメントの長さを短くすれば遅延時間も小さくなるが、サーバへの問い合わせ回数が増えることになる。

Wei ら [2] は、DASH におけるライブ映像配信において、HTTP 2.0 のサーバプッシュを利用する手法を提案している。クライアントからサーバへの問い合わせを減らすことで、DASH において 3 秒程度の遅延時間での配信を実現している。しかし、インタラクティブなやり取りのためには 3 秒程度でも遅延が大きいことと、多人数への配信にはトラフィックを分散するために多数のサーバを用意する必要がある。

多数のサーバを用意せずにトラフィックを分散する方法として、P2P 方式によるクライアントを中継した分散の方法が考えられる。P2P 方式を用いて低遅延なライブ映像配信を実現したものとして、Baccichet ら [3] の手法がある。この手法は、Stanford P2P Multicast (SPPM) プロトコルを使用したライブ映像配信システムである。SPPM は、多重のツリーネットワークで構成されており、なんらかの理由によって切断された場合には、別のツリーに再接続することで接続の信頼性を保証したシステムを実現している。しかし、この手法では、聴講者は特別なクライアントプログラムをインストール必要がある。

我々の提案手法では、P2P 方式でクライアントを中継する低遅延なライブ映像配信システムを Web ブラウザのみで動作するシステムとして実現する。

3 システムの設計

我々は、将来的に本システムを講義ツールとして利用することを想定している。そのため、ユーザの環境に影響されない Web ブラウザで動作可能なシステムを構築する。Web ブラウザで P2P 方式によるライブ映像配信システムを実現するために、リアルタイムコミュニケーション用 API である WebRTC [4] を使用する。WebRTC は、ビデオ会議システムなどに利用され、クライアント同士が直接接続する P2P 方式で低遅延な双方向通信が実現されている。また

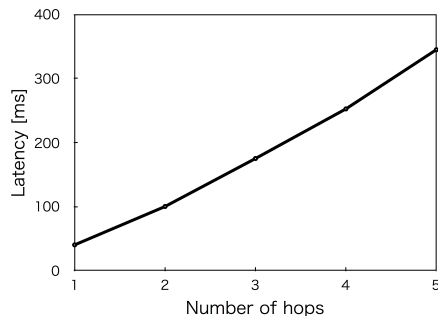


図 1. ホップ数ごとの遅延時間

WebRTC は、一般的にフルメッシュによる双方向通信で利用されることが多い。我々は、この WebRTC を片方向のライブ映像配信に利用する。

トラフィックを分散させるために、ユーザから別のユーザへとリレー方式に映像を配信し、ツリー状のネットワークを構成する。それによって、小規模なサーバでの配信を可能とするともに、ユーザの増加に対応できるスケーラブルなシステムとなる。

4 システムの実装

本システムは、Web ブラウザからクライアント間の通信経路候補やセッション情報の中継をするシグナリングサーバを通して、映像を持つユーザと P2P 方式による接続を行い、クライアントが映像を取得できる。ユーザが映像を視聴する際には、ツリー状のネットワークを構成される。これによって、サーバからすべてのクライアントに配信する場合に比べて、サーバトラフィックが軽減できる。平衡木のようなツリーを形成する必要はなく、すべてのクライアントを直列に接続して配信することも可能である。またそのように、クライアントの階層が深くなったとしても遅延時間は少なくすむ。

本システムでは、将来的に、SPPM のように多重のツリーネットワークを構成すること、ネットワークの状況や帯域幅を考慮した最適な接続先の選択を行うなどの工夫が可能である。

5 実証実験

本システムが、インタラクティブなシステムに拡張した場合に、低遅延で、かつ実用的であるか実証する。本システムは講義ツールとして使用するため、100 人程度の聴講者がいることが想定される。そこで、一つのクライアントから三つのクライアントに対して映像を送信した場合、階層数が 5 のときに十分に少ない遅延時間であれば、講義における使用については実用的であると考えられる。そこで、LAN 内で無線接続された 5 台の端末を直列に接続し、ストップウォッチの画面を撮影することで遅延時間を計測した。その結果を図 1 に示す。なお、映像の解



図 2. システムの動作状況

像度は 1280x720 に設定している。また、実際に動作している写真を図 2 に示す。図 2 では、1 番目から順に 5 番目まで映像をリレーしており、画面に表示されたストップウォッチから遅延の程度が確認できる。

図 1 より、最大でも遅延時間は 400ms に収まっていることがわかる。Wei ら手法 [2] では、数秒程度の遅延が発生しており、対して我々のシステムは十分に遅延時間が少ない。

6 おわりに

本稿では、ライブ映像配信を活用した遠隔授業のための Web ブラウザベースの P2P ライブ映像配信システムについて述べた。本システムでは、Web ブラウザを通して P2P 方式による低遅延な映像配信システムを実現した。実験から、本システムはインタラクションが円滑に行えるように遅延時間を短縮することができたといえる。

現時点では、映像配信を行うことしかできないものの、将来的にはより遠隔授業に適したインタラクションが取れるシステムを実現していく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K00484 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 藤沢 寛. MPEG-DASH とハイブリッドキャスト. NHK 技研 R&D インターネットと放送通信連携技術 特集号, 156:14–21, 2016.
- [2] S. Wei and V. Swaminathan. Low Latency Live Video Streaming over HTTP 2.0. In *Proc. Network and Operating System Support on Digital Audio and Video Workshop*, p. 37. ACM, 2014.
- [3] P. Baccichet, J. Noh, E. Setton, and B. Girod. Content-Aware P2P Video Streaming with Low Latency. In *Proc. IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME'07)*, pp. 2–5, 2007.
- [4] WebRTC. <https://webrtc.org/>. Accessed: 2017-10-18.