

再生途切れ抑制機能を備えた P2P ライブストリーミング

深見 航太†

広島大学 工学部†

藤田 聡‡

広島大学 大学院工学研究院‡

1. はじめに

MyP2P や CLive などの P2P ライブストリーミングシステムでは、ライブ動画を購読するノード(ピア)が動画の配信にも貢献することで、高い規模拡張性が実現されている[1]。その一方で、ネットワークの混雑や参加ピアの過負荷等によって、動画の再生途切れが一時的に発生しやすくなるという問題点もあった。本稿では、P2P ライブストリーミングのための再生途切れ抑制手法を提案する。提案手法では、各ピアが下流ピアの「再生に関する余裕度」の大小を把握し、余裕のないピアへのチャンクの配信を優先的に行うようにすることで、再生途切れの発生を抑制する。提案手法の効果はシミュレーションにより実験的に評価される。

2. モデル

ツリー状のオーバーレイによって接続された P2P ネットワークを考える。ライブ動画は、メディアサーバによって固定長のチャンクの列に分割され、ツリーの根ノードに向けて連続的に送られる。ストリームのビットレートを r [Mbps] とする。各ピア p は、(親ピアから)受け取ったチャンクを転送用バッファと再生用バッファに格納する。もし p が子ピアを持つならば、 p は転送用バッファ中のチャンクを子ピアに転送する(転送方法については後述)。また p は、再生用バッファ中のチャンク数が閾値 θ を超えると動画の再生を開始する。動画の再生はビットレート r [Mbps]で行われ、再生すべきチャンクが再生バッファになくなった時点で、**再生途切れ**が発生する。再生状態への復帰は、再生用バッファに θ 個のチャンクが入った時点でなされる。再生途切れ発生から復帰までの時間のことを**再生途切れ時間**と呼ぶ。各ピア p は固有のアップロード帯域 $u(p)$ を持つ。議論を簡潔にするため、 $u(p)$ は、 p がビットレート r のストリームを同時にアップロード可能なピア数であるとする。

3. 関連研究

BiToS (Enhancing BitTorrent for Supporting Streaming Applications) [2]では、動画コンテンツはピースに分割して送受信される。各ピアは、未受信ピースを再生位置に近いピースからなる優先セットとそれ以外のピースからなる低順位セットとに分類し、受信ピースの選択時に優先セットを確率 p で選択する。選択したセットからのピースの取得はレアレストファスト方式で行われる。これにより、動画のスムーズな再生が可能となる。[2]では、メッシュ型 P2P ストリーミングを対象としているが、本研究では、木構造 P2P ライブストリーミングについて考察する。

4. 提案手法

4-1. 基本アイデア

アップロード帯域 2 を持つピア p が、オーバーレイ上で二つの子ピア q_1, q_2 を持つとする。 p の転送用バッファの先頭チャンク c に注目する。チャンク c を子ピアに転送するとき、

- 1) q_1 に転送した後で q_2 への転送を行うか
- 2) 二つのピアへの転送を並行して行うか

によって子ピアがチャンクを受け取り終わるタイミングが異なる。具体的には、ピア q_2 が受け取り終わるタイミングはいずれのケースでも変わらないが、最初のケースでは、 q_1 には q_2 への倍の速度でチャンク c の転送が行われることになる。

同様の優先度付けは、単一のチャンクに対してだけでなく、転送用バッファの先頭にある複数のチャンクたちに対しても適用することができる。もちろん p は受け取ったすべてのチャンクをすべての子ピアに転送しなくてはならないから、ここで行なっているのはあくまでも、 q_2 のバッファ中のチャンク数の増加レートを減らし、その分を q_1 のバッファ中のチャンク数の増加レートに回す処理であることに注意してほしい。

なお、上記の優先度づけの効果は、ピア p のアップロード帯域を意図的に余らせておき、緊急時にはそれを使って余裕度の低いピアへの転送レートを一時的にあげるようにすることで増大する。ツリーの高さや再生途切れ抑制効果とのトレードオフについては実験的に考察していく。

P2P live streaming with suppressed playback interruption

†Kota FUKAMI, Hiroshima University

‡Satoshi FUJITA, Hiroshima University

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(B)16H02807の補助を受けています。

4-2. プロトコル

再生途切れの発生を予防的に検知するための閾値を ϕ ($0 < \phi < \theta$)とする。ピア p は、以下のいずれかのタイミングで自身の優先度を上げるための要求メッセージを親ピア r に向けて送信する：

(1) 再生用バッファのチャンク数が閾値 ϕ を下回ったとき

(2) チャンク数が0になり再生途切れが実際に発生したとき

受信したメッセージが(1)のとき、ピア r は p の優先度を再生用バッファのチャンク数が ϕ 個になるまで上げる。また受信したメッセージが

(2)のとき、ピア r は p の優先度を再生用バッファのチャンク数が θ ($> \phi$)個になるまで上げる。最初のケースでは再生途切れそのものは回避できるが、後者のケースでは再生が開始されるまでの間、再生が中断したままになることに注意しよう。いずれの場合も、p の優先度向上は r のもつ予備帯域を利用して行われる。また(2)の場合のみ、ピア r の子ピアの中で再生用バッファに十分な余裕を持つピアがいれば、そのピアの優先度を相対的に下げる形で p の優先度を(緊急避難的に)向上させる。

また要求メッセージが複数の子ピアから同時に送られてきたとき、ピア r はそれらの子ピアの優先度を同時に上げる必要があるが、自身の転送用バッファにそのための十分な個数のチャンクが溜まっていない可能性もある。その場合 r は、(もし仮に自身の再生用バッファに十分な個数のチャンクが残っていたとしても)要求メッセージを自身の親ピアに送り、自身へのチャンク送信の加速を促す(一般にツリーの上流で発生したチャンクの不足は下流のピアに連鎖的に伝播し、広範囲に渡る再生途切れの発生を引き起こすことになる)。

5. 評価

提案手法の効果をシミュレーションにより評価した。シミュレーションでは、オーバーレイネットワーク上でランダムに発生する転送遅延やチャンクの欠損に対して、提案手法を実行することで再生途切れを抑制する、というシナリオを用いた。評価項目は、再生途切れの発生回数と1回あたりの平均再生途切れ時間である。ネットワーク上の総ピア数は2000~10000の範囲で変化させ、与えられたピア数に対して各ピアの帯域を3~5の範囲からランダムに選択してツリー状のオーバーレイを構築した。各ピアの予

備帯域数は1に、再生用バッファに関する閾値は $\theta=5$ 、 $\phi=3$ のようにそれぞれ固定した。

結果を図1, 2に示す。提案手法を用いることで、用いなかった場合に比べて、再生途切れの発生回数を25.8%に、平均再生途切れ時間を41.7%にそれぞれ減少できており、その効果はピア数によらないことが確認できる。

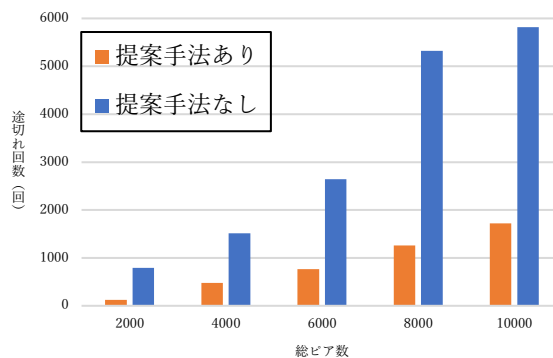


図1：再生途切れ回数

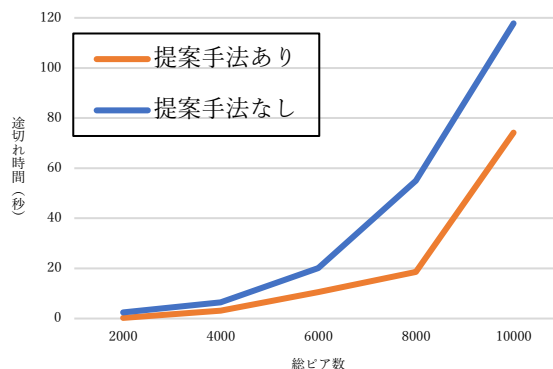


図2：再生途切れ時間

6. おわりに

本稿では、再生途切れを抑制する P2P ライブストリーミング手法を提案した。今後の課題として、ピアの参加や離脱に対応した提案手法の改善などが挙げられる。

参考文献

- [1] Y. Zhao, Y. Liu, C. Chen, and J. Zhang, "Enabling P2P One-View Multiparty Video Conferencing." IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, 25(1): 73-82 Jan. 2014.
- [2] A. Vlavianos, M. Iliofotou, M. Faloutsos "BiToS: Enhancing BitTorrent for Supporting Streaming Applications." Proc. 25th IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2006). 1-6, Apl. 2007.