

P2P VoD サービスにおける データの人気に基づくキャッシュの検討*

藤本 貴也[†] 遠藤 伶[‡] 松本 敬[‡] 重野 寛[‡]

慶應義塾大学理工学部[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科[‡]

1 はじめに

VoD(Video-on-Demand) サービスにおいて, server-client 型での動画配信は全て送信元サーバで行わなければならない, サーバの配信トラフィック量が多くなる. そのため, 強力なサーバが必要となり, 配信コストが高くなる. 配信コストを低くする手法に P2P VoD サービスがある. P2P VoD サービスでは, 動画データの一部をピアがキャッシュに保持し, サーバの代わりに配信することで, サーバの配信トラフィック量を減らす. しかし, 既存研究では, ピアが不人気動画を視聴した際, そのキャッシュが不人気動画のみになり, そのために送信帯域を活用できない場合がある. そこで, 本稿では動画の人気度を考慮することで, ピアの送信帯域を効率的に利用し, サーバの配信トラフィック量を減らす手法を提案する.

2 既存研究

P2P VoD サービスでは, ピアが動画を一定サイズだけキャッシュに保持し, 他ピアへ配信する. また, 動画データは, ある再生時間間隔で分割されて扱われる. その一つ一つをセグメントと呼ぶ. そして, 多くは, tracker がピアの保持するキャッシュを記録し, ピアに動画をもらう相手を教える手法を用いる [1].

図 1 にピアによるセグメントのダウンロード手順を示す. まず, ピアがセグメント探索要求を tracker に送信する. tracker はセグメント探索要求を受信後, 相手として送信元サーバまたは他ピアを指示するので, ピアはその相手にセグメント要求を出し, セグメントを受信する. また, ピアは既に視聴したセグメントを FIFO(First In First Out) でキャッシュに一定サイズ保持する.

この手法では, ピアが不人気の動画を視聴した際, そのキャッシュが不人気の動画のセグメントのみになる. そのため, ピアはキャッシュ内のセグメントをどのピアからも要求されない事があり, その場合, 送信帯域を活用できないという問題がある. 以上により, サーバの配信トラフィック量をさらに減らす余地がある.

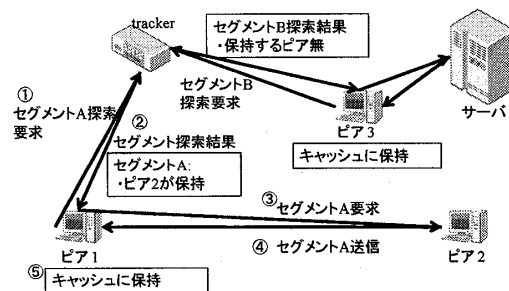


図 1: 一般的なダウンロード方法

3 提案

本稿では, 以上の問題点を踏まえ, P2P VoD サービスにおける, 動画の人気度を考慮することで, ピアの送信帯域を効率的に利用し, サーバの配信トラフィック量を減らす手法を提案する. tracker が動画の人気度を測り, ピアがセグメントをキャッシュに保持するかどうかを, 人気度に基づき決定する. 人気の動画のみをピアのキャッシュに残すことで, キャッシュが不人気のピアを減らす. そのため, より多くのピアの送信帯域を活用できるので, サーバの配信トラフィック量を減らせる.

3.1 tracker の動作

tracker は一定時間ごとに動画の人気度を測り, 更新する. ピアからの通知により, どのピアがどのセグメントを持っているのかを tracker は記録する. そこで, 一定時間ごとに, 動画毎の視聴ピア数を記録し, この視聴ピア数で動画の人気順位をつける.

ピアからセグメント探索要求が来たら, そのセグメントを持つピアを, セグメントを要求するピアに対して教える. もし, そのセグメントを持つピアがいなければ, サーバからもらうよう伝える. さらに, 人気度に基づきそのセグメントをキャッシュに保持すべきかも伝える.

ピアがキャッシュに保持すべきか否かの判断は, 人気スレッシュホールド順位 th をあらかじめ tracker が設定し行う. 人気スレッシュホールド順位 th より上位の動画は視聴後もキャッシュに保持, そうでなければ保持しない. 人気スレッシュホールド順位 th は式 (1) より求める.

$$th = \min(v) \quad \{v \mid \sum_{i=1}^v P_i > \frac{U_p}{V_b} P\}. \quad (1)$$

*Investigation of Cache Based on Popularity of Data for P2P VoD Service

[†]Takaya Fujimoto

[‡]Faculty of Science and Technology, Keio University

[‡]Rei Endo, Kei Matsumoto, Hiroshi Shigeno

[‡]Graduate School of Science and Technology, Keio University

ここで、人気度 i 番目の動画の視聴ピア数を P_i 、ピアの平均送信帯域を U_p 、動画のビットレートを V_b 、同時視聴ピア数を P とする。ピアの送信帯域を全て活用できても、サーバの配信トラフィック量は $P(V_b - U_p)$ 人分の動画配信と同等となる。そのため、その分の人気度下位の動画は、サーバ配信とする。その代わりに、th 以上の人気動画をキャッシュに持つピアを増やす。

3.2 ピアの動作

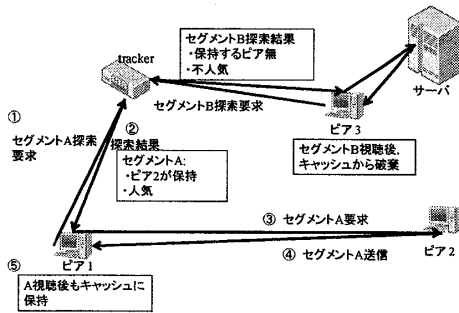


図 2: 提案手法でのピアのキャッシュ保持手順

図 2 にピアのキャッシュ保持手順を示す。ピアはセグメント探索要求を送信した後の tracker の指示に従って、セグメントを視聴後キャッシュに残すか判断する。キャッシュ残さないセグメントは視聴後破棄することになるので、視聴後 tracker に破棄したことを伝える。キャッシュに残す場合は、その人気のセグメントのみを FIFO でキャッシュに一定サイズ保持する。その際破棄したセグメントがあれば、tracker に破棄したことを伝える。

図 3 に示すように、以上の手順で不人気の動画のセグメントをキャッシュに保持しないことで、過去に視聴した人気の動画のセグメントがキャッシュに残る。そのため、より多くのピアがセグメントを配信できるようにし、サーバの配信トラフィックを下げる。

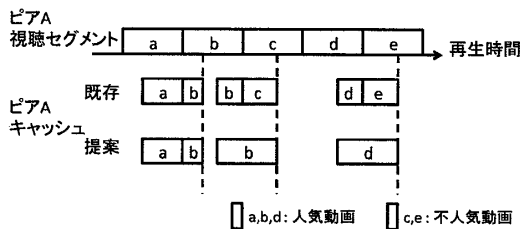


図 3: ピアのキャッシュ

4 評価

4.1 シミュレーション条件

各ピアの過去視聴動画数に対するサーバの配信トラフィック量を測定した。動画の長さを 180 秒としたので、ピア毎に再生時間を分散させるため、最初の 180 秒間で分散して全ピアが視聴を開始した。その後 100 秒間隔で人気度を判定した。280 秒後から 180 秒毎にサーバ負荷の平均値を算出した。各ピアは動画視聴終了後、別の動

画を視聴開始する。表 1 にその他用いたパラメータを示す。また試行は 1900 秒間を 10 回行い、その平均値を算出した。動画の人気度は Zipf の法則に従った。

表 1: シミュレーションで使用したパラメータ

同時視聴ピア数	500
総動画数	5000 個
セグメントサイズ	1 秒
ピアのキャッシュサイズ	180 セグメント
ピア upload 帯域	512kbps
動画 bitrate	768kbps

4.2 サーバの配信トラフィック量

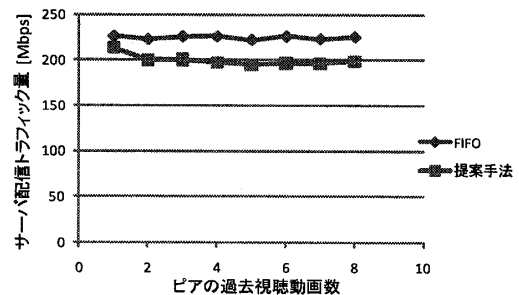


図 4: 人気度判定後の視聴終了動画数とサーバ負荷

図 4 に、人気度判定後の過去視聴動画数とサーバ配信トラフィック量の関係を示す。どの視聴終了動画数に対しても、既存のキャッシュ手法の FIFO に比べ、提案手法の方が低いサーバの配信トラフィック量を達成した。過去視聴動画数 2 個以上では、提案手法のサーバの配信トラフィック量はほぼ変化がなく、既存手法の約 12% のサーバ配信トラフィック量の低下を達成した。

5 おわりに

VoD サービスにおけるサーバの低配信コストを目的とする既存の P2P VoD では、不人気の動画を視聴するピアの送信帯域を活用できないという問題点があった。そこで、tracker が動画の人気度を取り、不人気の動画はピアのキャッシュに保持しない手法を提案した。不人気動画を視聴しても、キャッシュから過去に視聴した人気の動画を消さないで、より多くのピアの送信帯域を活用できる。そして、シミュレーションにおいて、既存手法より低いサーバ配信トラフィック量を達成している事を確認した。本提案手法は、VoD サービスにおけるサーバの低配信コスト実現のために有用である。

本研究の一部はグローバル COE プログラム「アクセス空間支援基盤技術の高度国際連携」により行われました。

参考文献

[1] Jian-Guang Luo "A Trace-Driven Approach to Evaluate the Scalability of P2P-Based Video-on-Demand Service" IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 20, NO. 1, JANUARY 2009