

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730059

研究課題名(和文) 分割放送型ストリーミング配信における待ち時間を短縮するスケジューリング技術の構築

研究課題名(英文) Scheduling Methods to Reduce Waiting Time in Division-based Broadcasting

研究代表者

後藤 佑介 (GOTOH, YUSUKE)

岡山大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号：10551038

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：近年のインターネットの普及にともない、音声や映像といった動画データを IP ネットワーク上で配信する放送型配信の研究が盛んに行われている。放送型配信では、使用できる帯域幅や許容されるコンテンツ間の待ち時間を考慮してコンテンツの配信をスケジューリングすることで、待ち時間をさらに短縮できる。本研究では、分割放送型ストリーミング配信において、データ再生中の待ち時間を短縮するスケジューリング手法を提案する。提案手法では、コンテンツを連続的に変化するデータと変化しないデータに分け、コンテンツ間で発生する待ち時間に上限を設定してコンテンツを効率的にスケジューリングすることで待ち時間を短縮する。

研究成果の概要(英文)：Due to the recent popularization of IP multicasts, the continuous broadcasting of audio or video media data is attracting great attention. In broadcasting, we can reduce waiting time considering the available bandwidth or the consumption rate. In this research, we propose a scheduling method to reduce waiting time on division-based broadcasting. In our proposed method, by separating the content into two types of data and scheduling them effectively, the waiting time is reduced.

研究分野：情報学

キーワード：マルチメディア情報処理 分割放送型ストリーミング配信

1. 研究開始当初の背景

近年のインターネットの普及にともない、音声や映像といった動画データを IP ネットワーク上で配信する研究が盛んに行われている[1]. 多くのインターネットサービスで利用されている配信方式である VoD (Video on Demand) は、視聴者の受信要求に応じて直ちに動画データを配信できるが、視聴者の受信端末 (以下、クライアント) 数に比例して、配信サーバの処理負荷や使用する帯域幅は増加する. そこで、マルチキャストやブロードキャストを用いて、一定の帯域幅で複数のクライアントに同じ動画データをまとめて配信する方式が提案されている. この配信方式は、クライアント数の増加による配信サーバの処理負荷や使用する帯域幅の増加を抑制できる.

一方で、クライアントの再生要求に対して個別にユニキャストのチャンネルを設定して配信する Full VoD と異なり、複数のクライアントに同じデータを繰り返し配信する Near VoD であるため、クライアントは所望のデータが配信されるまで待つ必要がある.

受信要求から再生開始までの待ち時間 (以下、待ち時間) を短縮するため、動画データを複数の部分 (以下、セグメント) に分割し、複数の通信路 (以下、チャンネル) で配信する分割配信が提案された. 分割配信では、データの分割比率の偏りにより再生中にデータの途切れ (以下、途切れ時間) が発生しないように、配信計画 (以下、配信スケジュール) を決定するスケジューリング手法が数多く提案されている.

これまでの研究で、データ再生時に発生する待ち時間を短縮するため、音声や映像といった一続きの連続メディアデータを放送型で配信する場合にクライアントの待ち時間を短縮するスケジューリング手法が提案されてきた[2]. これらのスケジューリング手法では、データを分割して複数のチャンネルで配信することで、データの再生に必要な受信時間を短縮して待ち時間を短縮する. データ分離可能なコンテンツを放送型で配信してクライアントが順番に再生する場合、単純に 2 種類のデータに分割して順番に配信するだけではコンテンツ間の待ち時間が長大化するため、クライアントの待ち時間を効率的に短縮できない. 使用できる帯域幅や許容されるコンテンツ間の待ち時間を考慮してコンテンツの配信をスケジューリングすることで、待ち時間をさらに短縮できる.

2. 研究の目的

分割放送型ストリーミング配信において、データ再生中の待ち時間を短縮するスケジューリング手法を提案する. 提案手法では、コンテンツを連続的に変化するデータと変化しないデータに分け、コンテンツ間で発生する待ち時間に上限を設定してコンテンツを効率的にスケジューリングすることで待

ち時間を短縮する.

3. 研究の方法

まず、動画データの配信方式について述べ、分割放送型配信を説明する. 次に、提案するスケジューリング手法について述べ、評価を行う.

(1) 動画データの配信方式

放送型配信は、多くのクライアントが同じ動画データを受信する場合に用いられる配信方式である. 利用例として、即時性の高いスポーツ番組やコンサート映像のストリーミング配信、および特定の番組を一つのチャンネルで繰り返し配信する CS デジタル放送が挙げられる. サーバは一定の帯域幅で同じ動画データを繰り返し配信し、クライアントは所望の契機で動画データを受信して再生する. サーバは、マルチキャストやブロードキャストといった通信方式を用いてクライアントに放送型で配信することで、VoD に比べてサーバの処理負荷や使用する帯域幅の増加を抑制できる. 一方で、クライアントは、動画データの受信を要求してから再生が開始されるまでの間に待ち時間が発生する.

放送型配信において待ち時間が発生する様子を図 1 に示す. チャンネルの帯域幅を 3.0 Mbps、動画データの再生レートを 1.5 Mbps、再生時間を 1 分とする. 図 1 の場合、クライアントが動画データの受信を開始する契機は動画データの先頭であり、クライアントは動画データの先頭部分を受信すると再生を開始できる. クライアントが動画データを受信するときの待ち時間は、サーバが動画データの先頭部分を配信した直後にクライアントが受信を要求した場合に最長となり、動画データ一周期分の 30 秒かかる. 一方、サーバが動画データの先頭部分を配信する直前にクライアントが受信を要求した場合に待ち時間は最短で 0 秒となり、平均待ち時間は 15 秒となる.

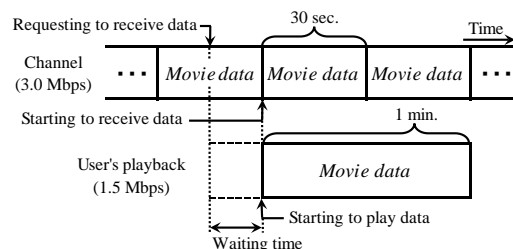


図 1: 放送型配信で発生する待ち時間の様子

(2) 複数動画の分割放送型配信

分割放送型配信は、動画データを複数のセグメントに分割して、最初のセグメントを頻繁に配信することで待ち時間を短縮する配信方式である. 図 2 に、既存のスケジューリング手法である Fast Data Broadcasting and Receiving Scheme (以下、FB 法) [2] による配信スケジュール例を示す. 図 2 の場合、一続きの動画データを 3 種類のセグメント S_1 , S_2 , S_3 に分割して、1.5 Mbps の 2 種類のチャ

ネル C_1, C_2 を用いて C_1 で S_1, C_2 で S_2, S_3 を繰り返して配信する。FB 法では、動画データを $2^k - 1$ 個のセグメントに等分割するため、 S_1, S_2, S_3 の分割比率は等しく、セグメントの再生時間は 20 秒となる。このとき、平均待ち時間は動画データの受信を要求してから S_1 の先頭が配信されるまでの時間の平均であるため 10 秒となる。データを分割しない場合の平均待ち時間は 15 秒であり、待ち時間を約 33.3% 短縮できる。以上より、分割放送型配信において、セグメントの分割比率を決定するスケジューリング手法の導入は重要である。

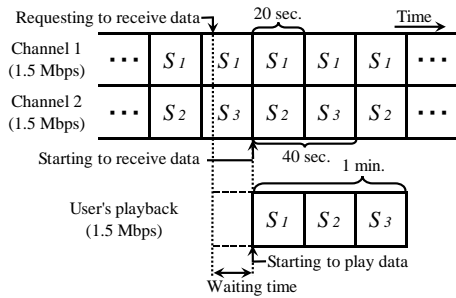


図 2: FB 法の配信スケジュール例

(3) 提案手法

動画コンテンツの放送型配信における待ち時間短縮手法として、ICB-DS (Immersive Contents Broadcasting Considering Data Separation) 法を提案する。提案手法では、動画データを連続変化データと非連続変化データに分割した上で、コンテンツ間の待ち時間に上限を設定してこれらのデータをスケジューリングすることで、データ再生中の待ち時間を短縮する。

図 3 に、ICB-DS 法で配信する場合の放送スケジュールを示す。今回の例では、コンテンツ数は 4、放送に使用できる帯域幅は 18Mbps、再生レートは 20Mbps、コンテンツ間待ち時間の上限は 30 秒、連続変化データ U_i と非連続変化データ V_i の分割比率は 1:4 とする。まず、コンテンツごとの連続変化データと非連続変化データのサイズを求める。次に、 U_i を 20Mbps の帯域幅で 66.7 秒間スケジューリングし、 V_1 を 16Mbps の帯域幅で 300 秒間スケジューリングする。さらに、 V_2 を帯域幅 2.0Mbps で 300 秒間、残りのデータは帯域幅 18Mbps で 33.3 秒間スケジューリングする。同様に、 V_2, U_3, V_3, U_4 の順番でスケジューリングする。最後に、 V_4 を帯域幅 18Mbps で 266.7 秒間スケジューリングして、終了する。

図 3 の例では、ユーザは番組開始前に 76.7 秒待つことになるが、コンテンツ間待ち時間は平均で 30 秒となり、コンテンツ間待ち時間の上限以下となる。実際にコンテンツを放送型で配信する場合は、許容される番組開始待ち時間をあらかじめ求めておくことで、配信する映像の品質やコンテンツ間待ち時間を放送開始前に見積もることができる。

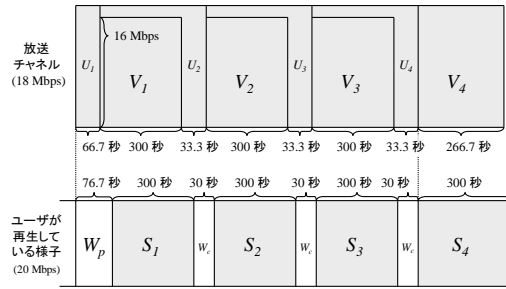


図 3: ICB-DS 法の配信スケジュール例

(4) 評価

提案手法である ICB-DS 法の評価を行う。初めに、使用できる帯域幅に応じた全体の待ち時間、およびコンテンツ間待ち時間について評価をそれぞれ行い、ICB-DS 法の有用性について述べる。

グラフに示す評価結果は、計算機シミュレーションによる結果である。`ICB-DS` は、提案手法 ICB-DS 法の場合、`ICB` は、比較手法 ICB 法[3]の場合、`Simple` は、単純な放送スケジューリング (単純手法) の場合である。ICB 法は、コンテンツ間待ち時間の上限を考慮せずに、 U_i および V_i を交互にスケジューリングする手法である。単純手法では、サーバは使用できる帯域幅をすべて使用して、コンテンツ単位で順番に配信する。

① 全体の待ち時間

評価に用いるパラメータについて説明する。サーバは再生時間が 180 秒のコンテンツを 5 個配信し、ユーザは連続して視聴する場合を想定する。この視聴形態は、ユーザがスポーツの試合結果をコンテンツとして順番に 5 試合視聴する場合を想定している。評価に用いるコンテンツは、 $U_i : V_i = 1 : 9$ の比率で分割する。コンテンツ間待ち時間の上限は、広告の挿入を考慮して 30 秒とした。再生レートは 15 Mbps とし、使用できる帯域幅に応じて、番組開始待ち時間とコンテンツ間待ち時間を合わせた全体の待ち時間がどの程度になるかを評価した。

結果を図 4 に示す。横軸は使用できる帯域幅、縦軸は番組開始待ち時間とコンテンツ間待ち時間を合わせた全体の待ち時間とする。コンテンツの再生時間を 180 秒とし、コンテンツ数は 5 とする。また、再生レートは 15 Mbps とする。図 4 より、使用できる帯域幅が増加するのにもない、すべての手法について、全体の待ち時間は短くなるのが分かる。また、使用できる帯域幅が 15Mbps を上回ると、全体の待ち時間の短縮率は低下する。これは、使用できる帯域幅が再生レートを上回るためであり、発生する待ち時間は U_i の受信時間のみとなる。

ICB-DS 法および ICB 法では、非連続変化データの受信が完了すれば連続変化データを受信しながらコンテンツを再生できるため、単純手法に比べて全体の待ち時間を短縮

できる. 例えば, 使用できる帯域幅が 15Mbps のとき, 単純手法における全体の待ち時間は 21.1 秒だが, ICB-DS 法および ICB 法では 6.7 秒となり, 68.2%短縮できる.

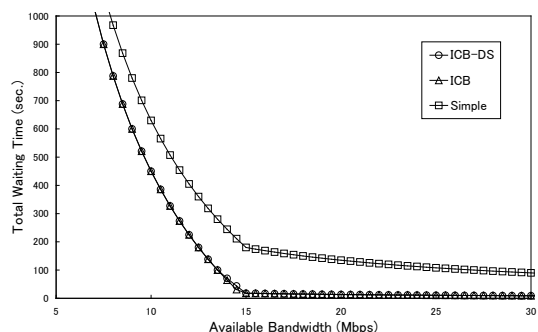


図 4: 使用帯域幅と全体待ち時間

② コンテンツ間待ち時間

単純手法, ICB 法, および ICB-DS 法それぞれについて, 使用できる帯域幅に応じたコンテンツ間待ち時間がどの程度になるかを評価した.

結果を図 5 に示す. 横軸は使用できる帯域幅, 縦軸はコンテンツ間待ち時間の平均とする. 図 5 より, ICB 法で発生するコンテンツ間待ち時間は他の手法より非常に長くなるのが分かる. 単純手法および ICB 法では, コンテンツ間待ち時間に上限を設定していないため, 使用できる帯域幅に応じてコンテンツ間待ち時間は大きく変化する. 例えば, 使用できる帯域幅が 7.5 Mbps のとき, 単純手法のコンテンツ間待ち時間は 45 秒, ICB 法は 180 秒となる. 一方, ICB-DS 法では, コンテンツ間待ち時間が 30 秒より長くないように上限を設定することで, ICB 法に比べてコンテンツ間待ち時間を大きく短縮できている. 評価では, 5 個のコンテンツを連続して視聴する場合, ICB-DS 法と ICB 法とのコンテンツ間待ち時間の差は合計で 600 秒と長く, ユーザの視聴意欲を低下させる要因となる.

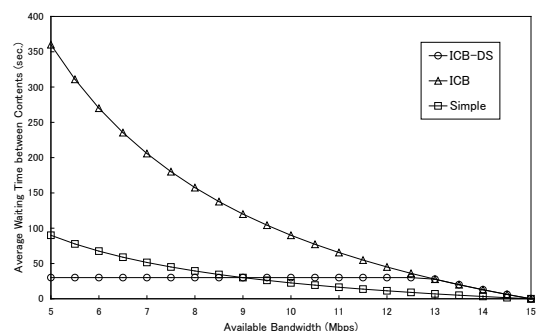


図 5: 使用帯域幅とコンテンツ間待ち時間

4. 研究成果

本研究では, 分割放送型ストリーミング配信において, 再生中の待ち時間を短縮するスケジューリング手法として, ICB-DS 法を提案した. 提案手法では, コンテンツを連続変化データと非連続変化データに分けた上で,

コンテンツ間待ち時間に上限を設定することで, 効率的な放送スケジューリングを実現する. 計算機シミュレーションによる評価の結果, 提案手法では, $U_i : V_i = 2 : 3$ で再生時間が 180 秒の 5 個のコンテンツを放送する場合, 番組開始待ち時間は, ICB-CP 法で 38.4 秒, 単純手法で 96.0 秒となり, 単純手法に比べて 53.8%短縮できる.

今後の展望について, 各コンテンツの再生時間が異なる場合のスケジューリング手法や, コンテンツの優先度を考慮したスケジューリング手法の提案が挙げられる.

<引用文献>

- [1] 総務省, “平成 28 年版 情報通信白書”, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/index.html>.
- [2] L. Juhn and L. Tseng, “Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service”, IEEE Trans. on Broadcasting, Vol.44, No.1, pp.100-105, 1998.
- [3] Y. Gotoh, T. Yoshihisa, H. Taniguchi, and M. Kanazawa, “A Scheduling Method to Reduce Waiting Time on Immersive Contents Broadcasting”, Proc. 3rd International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2012), pp. 357-362, 2012.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 井上祐輔, 木村明寛, 後藤佑介, 複数動画を同期配信する分割放送型配信システム, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 58, No. 2, 2017, 356-365.
https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=142159&file_id=1&file_no=1
- ② Yusuke Gotoh and Akihiro Kimura, “Implementation and Evaluation of Division-based Broadcasting System for Webcast”, Journal of Digital Information Management (JDIM), 査読有, Vol.13, Issue 4, 2015, 234-246.
http://dline.info/fpaper/jdim/v13i4/v13i4_4.pdf
- ③ 後藤佑介, 義久智樹, 谷口秀夫, 金澤正憲, “データ分離可能な没入型コンテンツの放送型配信におけるスケジューリング手法”, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON), 査読有, 2014, Vol. 2, No. 2, 2014, 38-47.
https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=102617&file_id=1&file_no=1

[学会発表] (計 23 件)

- ① Daichi Fukui and Yusuke Gotoh, “A Scheduling Method to Enable

Fast-forwarding for Selective Contents Broadcasting”, 14th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2016), 2016.11.30, Grand Copthorne Waterfront Singapore, Singapore.

② Yusuke Gotoh, “A Scheduling Method for Division Based Broadcasting of Multiple Video Considering Data Size”, 4th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (DEMoC-2015), 2015.9.2, Taipei Campus of Tamkang University, Taipei, Taiwan

③ Yusuke Gotoh and Tomoki Yoshihisa, “Evaluation of Scheduling Method for Heterogeneous Clients in NVoD Systems” 16th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2014), 2014.12.4, Hanoi University of Science and Technology (HUST), Hanoi, Vietnam

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

特になし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 佑介 (GOTOH, Yusuke)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号： 10551038

(2) 研究協力者

谷口 秀夫 (TANIGUCHI, Hideo)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

義久 智樹 (YOSHIHISA, Tomoki)

大阪大学・サイバーメディアセンター・准教授

江原 康生 (EBARA, Yasuo)

京都大学・大学院情報学研究科・特定准教授

大平 健司 (OHIRA, Kenji)

徳島大学・情報センター・講師