

安定した配信を実現するための ALM ツリー構築手法の検討

池田 敏明† 大関 和夫‡ 平川 豊‡

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 電気電子情報工学専攻† 芝浦工業大学 工学部 情報工学科‡

1. はじめに

近年、動画のライブストリーミング配信において、配信負荷増大の問題に対応するために、P2Pを用いた配信手法が提唱されている。その技術としてALM(Application Layer Multicast)が注目を集めている。ALMはエンドユーザ同士がリレー方式でデータを送受信するため、低コストで大規模な運用が可能となる。しかし、あるユーザが離脱すると、その下流に位置するユーザへのストリーミングが中断するという問題がある。

本研究では、ユーザの離脱による影響を軽減するために、ユーザの滞在時間の統計的性質や接続帯域幅の多様性に着目したALMツリー構築アルゴリズムを提案し、その有効性を評価する。

2. 既存研究

2.1 ROST[1]

上記の問題を軽減するために、ROST(Reliability-Oriented Switching Tree)という分散アルゴリズムを用いた手法が提案されている。この手法は、ユーザの滞在時間と接続帯域幅の積から求められる値BTP(Bandwidth-Time Product)をもとに、ユーザ間の位置を入れ替える手法である。BTPは時間に比例して増加し、各ユーザは一定時間ごとに親ユーザとBTPを比較して、BTPが親ユーザを上回った場合に入れ替えを行う。これにより、ツリーの上流に帯域幅が広く、滞在時間の長いユーザが集まることになり、離脱による中断が軽減する。

2.2 ノード安定度を用いる手法[2]

この手法では、ROSTでは考慮されなかった視聴時間の履歴に着目して、ユーザのランク分けを行っている。具体的には、滞在時間の傾向を「ノード安定度」と定義し、それが高いユーザをツリーの上流側へ、低いユーザを下流側へ接続させる手法である。その結果、離脱しにくいユーザがツリーの上流側に集まるため、ユーザ離脱による影響が軽減する。シミュレーションでは、予めランク分けを行った環境において、ROSTよりも中断回数が軽減したと報告している。

3. 提案手法

従来のアプローチでは、ユーザの視聴時間の傾向は対数正規分布に従うという性質をもとに手法を考案し、実験・評価を行っている。しかし現実の運用では、各ユーザの視聴時間に偏りが生じ、分布の二極化など様々な形態になることが予想される。実際に、日食のインターネットライブ配信において、二極化した分布になったと報告されている。ところが前述の2手法では、こういった分布の変化にどう対応するかの検討がされていない。そこで本研究では、従来対象としてきた分布だけでなく、二極化した分布に対してどのように対処するかを検討する。

ここで、Webページにおけるユーザの滞在時間の傾向に着目する。J. Nielsenによる調査[3]では、ユーザのWebページでの滞在時間はある時間点を境に、短く滞在するユーザと長く滞在するユーザを分類できると報告している。この中で、得られた確率分布の中央に位置する値が、両者の特性を分ける重要な境界値であったと述べている。

そこで提案手法では以上の概念をALMに適用する。具体的には、システム稼働中の分布を利用し、平均視聴時間の中間値を境界値と定め、この値をもとにユーザのランク分けを動的に行う。そして、ランクが高いユーザをALMツリーの上流側に、低いユーザを下流側に集まるように制御し、同じランク同士でROSTによる入れ替えを施していく。図1に視聴時間分布の例を示す。

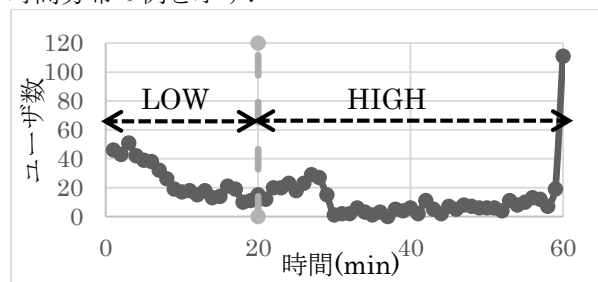


図1 ALMにおけるユーザ分布の例

この例は、配信開始60分時点のユーザの視聴時間の分布である。このときの平均視聴時間の中間値は20分である。これをボーダー値と定め、この値未満を「LOW」、以上を「HIGH」と定義する。このようなランク分けを一定間隔で行い、上流にHIGHのユーザが集まるように接続を行う。

同時に、ROSTで用いられているアルゴリズムをもとに、ユーザの位置の入れ替えを行う。ただし、ツリー上流からランクの高い順で構成されるように、同じランク同士で入れ替えを行う。

A Study of Application-Layer Multicast Tree Construction Method for Stable Live Streaming

†Toshiaki Ikeda, ‡Kazuo Ohzeki, ‡Yutaka Hirakawa

†Graduate School of Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

‡Electrical Engineering and Computer Science, Shibaura Institute of Technology

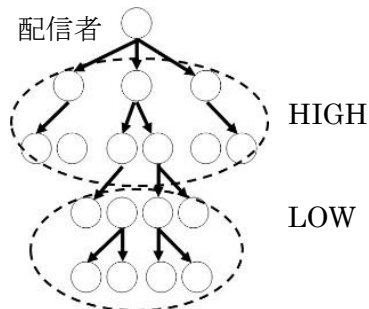


図2 ALMツリー構築

4. シミュレーション

4.1 シミュレーション環境

今回の実験ではC++を用いて、表1に示した条件のもとでシミュレーションを行った。

次にユーザの特性について、各ユーザの視聴時間が二極化する環境と、しない環境を設定した。具体的にまず、二極化する環境では、各ユーザの平均視聴時間が40minか10minになるように設定した。また、二極化しない環境では、平均視聴時間が30minになるように設定した。新たにALMに参加するユーザは1minごとランダムに参加させる。ランク分けを行う間隔は30minに、ユーザの入れ替えを行う間隔は5minに設定した。

以上のようなシナリオ構成で、開始時のユーザ数を500, 1000, 1500, 2000の4パターンで実験を行った。なお実験では、シミュレーション時間内の平均中断回数を評価項目とし、既存手法で紹介した2つの手法と提案手法を比較・評価する。

表1 シミュレーション環境

実装環境	C++
ルータ数	260
ユーザ数	500~2000
シミュレーション時間	180min
アップロード接続数	1~6
リンク遅延時間	10~50ms

4.2 シミュレーション結果

まず、視聴時間が二極化した環境下での実験結果を図4に示す。平均中断回数とは、シミュレーション時間180minに、ユーザの離脱による影響を受けた回数の平均値である。いずれのユーザ数の条件でも、提案手法の平均中断回数が一番小さくなり、安定性が改善されたといえる。特に、ユーザ数が増加した場合でも、ROSTと比較して5%程度、安定度を用いる手法と比較して15%程度の中断回数削減に成功した。

次に、視聴時間が二極化しない環境下での実験結果を図5に示す。多くの従来手法ではこの環境下での実験結果を報告している。結果はROSTと比較してほぼ同等か5%程度、安定度を用いる手法と比較して10%程度の中断回数削減に成功した。

これらの要因は、安定して長くどどまるユーザを

適切に分類し、ALMツリーの上方側に接続できたためと考えられる。さらに、ROSTと同じ位置入れ替えを施したことにより、ツリー構造が均衡化できたこともひとつの要因として考えられる。

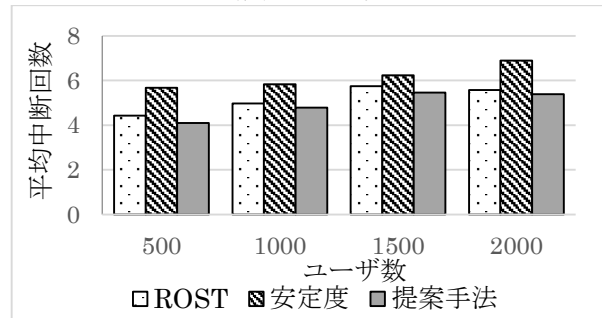


図3 二極化した環境下での平均中断回数

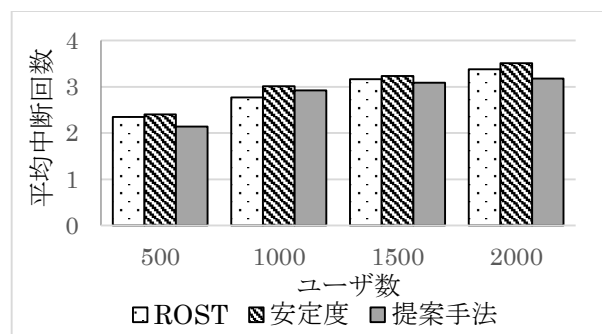


図4 二極化しない環境下での平均中断回数

5. 結論・今後の課題

本研究では、ALMにおけるライブ配信において、ユーザの視聴時間の偏りを考慮した構築アルゴリズムを提案した。その中で、統計的性質に着目したランク分けと、既存のROSTアルゴリズムを組み合わせることにより、ストリーミングの中断回数が減少し、安定化の向上に成功した。加えて、いずれの規模や分布に対しても優れた結果が確認できたことから、提案手法の有効性が示せたといえる。

今後は、対象とするコンテンツによるユーザ特性の違いの考慮や、他のアプリケーションが帯域幅を圧迫した際の対処方法についても検討が必要だと考えられる。

参考文献

- [1] G. Tan and S.A. Jarvis, "Improving the Fault Resilience of Overlay Multicast for Media Streaming," IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems, vol. 18, no. 6, June 2007.
- [2] 楠本哲也, 蘇洲, 甲藤二郎, 「Application Layer Multicastにおけるノード安定度を用いたツリー構築」電子情報通信学会技術研究報告. IN, 106(578), 155-160, 2007-03-01
- [3] J. Nielsen, "How Long Do Users Stay on Web Pages?" Nielsen Norman Group. <http://www.nngroup.com/articles/how-long-do-users-stay-on-web-pages/> (参照 2013-9-1)