

スポーツイベントのライブストリーミングにおける 多段強化学習に基づく映像品質制御手法の提案

生出 真人^{1,a)} 阿部 亨^{1,2,b)} 菅沼 拓夫^{1,2,c)}

概要：本研究では、スポーツイベントのライブストリーミングサービスにおける映像品質制御手法を提案する。具体的には、観客が持つ端末の利用可能な資源量に適応した映像品質を効率的に決定するための、多段強化学習に基づく手法を提案する。本発表では、各学習手法に焦点を当て、提案手法の概要について紹介する。

1. はじめに

スポーツイベントが開催されるスタジアムにおいて、「スマートスタジアム化」が進んでいる [1]。観客は、会場内で提供された Wi-Fi に自身の端末を接続することにより、選手のリアルタイム映像を視聴できる。1つのアクセスポイント (AP) の同時接続数を抑えるため、会場内に多数の AP を高密度に設置することにより、数万人規模の観客が密集する環境でも快適な通信を実現している。しかし、低遅延かつ高品質なスポーツ映像を配信するためのネットワーク資源には限りがある。そのため、利用者端末 (観客が持つ携帯端末およびウェアラブル端末) の利用可能な資源量に適した映像品質を決定する必要がある。

そこで本研究では、多段強化学習に基づく映像品質制御手法を提案する。具体的には、利用者端末、エッジサーバおよびクラウドサーバで多段的に強化学習することにより、観客個人および会場に適応した効率的な映像品質を決定する手法を提案する。本発表では、本手法における各学習手法に焦点を当て、提案手法の概要について紹介する。

2. 関連研究と課題

スポーツイベントにおける映像配信では、会場内に設置した複数台のカメラ映像をリアルタイム配信する。このようなサービス形態では、高品質な映像のデータ量に起因するトラヒック低減と遅延低減が重要となる。そのため、ク

ラウドを經由せず、スタジアム内 (エッジ) に配信サーバを設置し、映像データの流れをスタジアム内で完結する、地産地消型のデータ流通形態となることが一般的である。

既存研究では、観客が選択した視点映像に関連する視点映像のみ配信することで、ネットワーク帯域の消費量を低減している [2-4]。また、映像品質の変動を対象とした研究では、視点間の映像の関係性に注目することにより、映像品質切替えの頻度と程度を低減している [2]。視点切替えを対象とした研究では、バッファ占有率に着目することで、スムーズな視点切替えと映像再生の停止回数を低減している [3,4]。

以上のように既存研究では、視点間の映像の関係性やバッファ占有率に着目することにより、観客の体感品質を向上させている。しかし、観客数やサービスの利用状況はスポーツイベント毎に異なり、利用者端末や会場の特性を事前に把握することは困難であるため、サービス利用時の状況に適応した適切な映像品質を決定できるとは限らない。この問題を解決し、スポーツイベントにおける快適な映像配信サービスを実現するためには、以下の課題に取り組む必要がある。

(C1) 個人化の欠如

利用者端末の性能の考慮が不十分であるため、提供される映像品質が観客の満足する品質ではない可能性がある。

(C2) 公平性の欠如

他の利用者端末に与える影響の考慮が不十分であるため、高品質サービスを低性能端末に提供できない可能性がある。

(C3) 適用性の欠如

他会場や他イベントへの適用可能性の考慮が不十分

¹ 東北大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

² 東北大学サイバーサイエンスセンター
Cyberscience Center, Tohoku University

a) medio@ci.cc.tohoku.ac.jp

b) beto@tohoku.ac.jp

c) suganuma@tohoku.ac.jp

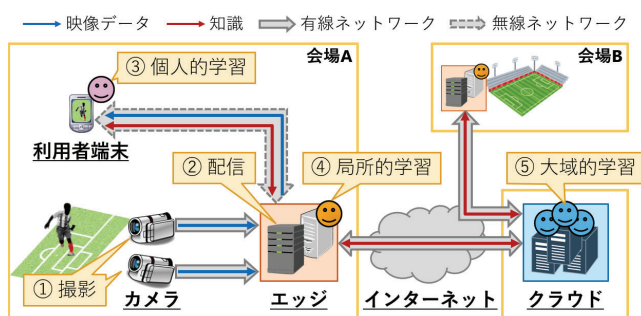


図 1: 提案手法の概要

であるため、効率的な品質制御ができない可能性がある。

3. 多段強化学習に基づく映像品質制御手法

3.1 提案概要

本研究では、多段強化学習に基づくスポーツ映像の品質制御手法を提案する。強化学習を用いることで、利用者端末で利用可能な資源量と映像配信手法から、提供可能な映像品質の関係性を逐次的に学習し、特定の条件下で適切な映像品質を決定可能である [5]。この強化学習を進展させ、利用者端末、配信サーバおよびクラウドサーバで多段的に強化学習することにより、観客個人に特化したサービス品質制御ではなく、会場全体の利用可能な資源に適応した映像品質を効率的に決定する手法を提案する。

具体的には、以下の3段階の強化学習を導入する。

(F1) 個人的学習

利用者端末の性能に適応し、観客毎の個人化を実現

(F2) 局所的学習

他の利用者端末と会場の特性に適応し、利用者端末間の公平性を充足

(F3) 大域的学習

他の会場やイベントの特性に適応し、会場間の連携を実現

図 1 に提案手法の概要を示す。会場にはカメラの他に、エッジとしてエッジサーバと配信サーバを設置する。エッジと会場外のクラウドにあるクラウドサーバはインターネットを通して接続する。個人的学習、局所的学習、大域的学習は、利用者端末、エッジサーバ、クラウドサーバにてそれぞれ行う。

3.2 動作手順

提案手法を適用したスポーツイベントにおけるライブストリーミングの動作手順を以下に示す。図 1 中の番号と簡条書きの番号は対応している。

- ① 会場に設置した複数台のカメラは、選手や会場全体の俯瞰映像をエッジに送信する。
- ② 配信サーバは、複数のカメラ映像中から利用者端末か

らの要求に応じた映像を配信する。

- ③ 利用者端末は、観客毎の個人化を実現するための個人的学習を行う。具体的には、利用者端末の利用可能な資源量と映像品質の関係性から、低消費資源で再生可能な高品質の映像品質を学習する。学習した結果に基づき、配信サーバに映像を要求する。
- ④ エッジサーバは、利用者端末間の公平性を充足するための局所的学習を行う。具体的には、各利用者端末の学習モデルを収集し、利用者端末の消費資源量と会場の特性の関係性から、観客が感じる映像品質の体感品質の差を学習する。エッジサーバの学習モデルは利用者端末に送信し、利用者端末の学習モデルと統合する。映像配信中は①から④を繰り返す。
- ⑤ 映像配信終了後、クラウドサーバは、他会場と連携するための大域的学習を行う。具体的には、各エッジサーバの学習モデルを収集し、それらの関係性から、汎用的な知識を獲得する。クラウドサーバの学習モデルはエッジサーバに送信し、エッジサーバの学習モデルと統合する。

4. 設計

4.1 配信サーバ

配信サーバは、複数視点の映像中から利用者端末が要求した品質の映像を配信する。本研究における映像配信では、配信サーバから携帯端末に一方的に映像を配信する従来のストリーミング手法とは異なり、観客が任意の視点を指定し、個人的学習の結果に応じた品質の映像を配信サーバに要求する双方向的な映像配信となる。

そのため、映像の配信方式は Moving Picture Experts Group (MPEG) が標準化した Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH) [6] とする。MPEG-DASH は、カメラ映像を数秒ごとに分割したセグメントファイルを生成する。セグメントファイルは複数の品質で圧縮符号化し、配信サーバは、利用者端末からの要求に応じた品質のセグメントファイルを配信する。

4.2 利用者端末

個人的学習により決定した映像品質のセグメントファイルを配信サーバに要求し、配信されたセグメントファイルを利用者端末上で再生する。なお、観客は事前に専用のアプリケーションを利用者端末にインストールし、ネットワークは会場内の Wi-Fi を使用するものとする。

個人的学習は、利用者端末に適応した映像品質を学習および決定するため、映像再生中の利用者端末の状態を考慮する。具体的に利用者端末の状態は、CPU 使用率およびメモリ使用率の計算機資源ならびに利用可能な帯域、バッファ占有率および受信信号強度のネットワーク資源により表現する。決定する映像品質は、解像度、フレームレート

および量子化パラメータとする。

学習手法は、先行研究 [7] に基づく手法を使用する。この手法は、計算負荷の小さい強化学習手法であり、利用可能な資源量は限られている利用者端末に適している。学習目標は、低消費資源で再生可能な高品質の映像品質を決定することである。これにより、観客毎の個人化を実現する。

4.3 エッジサーバ

エッジサーバで局所的学習により生成した知識は、利用者端末と共有する。利用者端末では、自身の知識とエッジサーバの知識を統合する。

局所的学習は、特定の会場に適応した知識を生成するため、会場内の各利用者端末から収集した知識群に加えて環境情報を考慮する。具体的に環境情報は、1APあたりの観客数および選択可能な映像数により表現する。生成する知識は、各利用者端末に適応した知識となる。

学習手法は、計算負荷の大きい深層強化学習手法を採用する予定である。学習目標は、利用者端末の性能差により生じる映像の体感品質の差を減らすことである。これにより、利用者端末間の公平性を充足する。

4.4 クラウドサーバ

クラウドサーバで大域的学習により生成した知識は、エッジサーバと共有する。エッジサーバでは、自身の知識とクラウドサーバの知識を統合する。

大域的学習は、あらゆる会場に適応した知識を生成するため、各会場のエッジサーバから知識を収集する。生成する知識は、膨大な知識から獲得する汎用的な知識とする。

学習手法は、計算負荷の大きい分散型深層強化学習手法を採用する予定である。学習目標は、汎用的な知識を活用することによる学習の予測精度向上および収束の高速化である。これにより、他の会場やイベントの特性に適応した会場間の連携を実現する。

5. おわりに

本稿では、スポーツイベントのライブストリーミングサービスにおいて、観客が使用する端末の利用可能な資源量に適応した映像品質制御手法を提案した。また、多段強化学習による効率的な制御手法を実現するため、各学習手法に焦点を当て、提案手法の概要について紹介した。

今後は、局所的学習の詳細設計を行い、実験により有効性を確認する。さらに、大域的学習の詳細や知識の統合手法について検討する。

参考文献

- [1] 日本電信電話株式会社：西武ドームにおけるスタジアム エンターテインメントサービスの拡充について、日本電信電話株式会社（オンライン），入手先

(<http://www.ntt.co.jp/news2014/1409/140908a.html>) (参照 2019-08-28).

- [2] Hamza, A., Ahmadi, H., Almowuena, S. and Hefeeda, M.: QoE-fair Adaptive Streaming of Free-viewpoint Videos over LTE Networks, *Proceedings of the on Thematic Workshops of ACM Multimedia 2017*, New York, New York, USA, ACM Press, pp. 161–169 (online), DOI: 10.1145/3126686.3126738 (2017).
- [3] Song, S., Kim, Y., Park, Y. S. and Wee, J.: Free-Viewpoint Relationship Description Based Streaming Systems for Arbitrary View Switching, *International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN2018)*, Vol. 2018-July, IEEE, pp. 738–740 (online), DOI: 10.1109/ICUFN.2018.8436845 (2018).
- [4] Yao, C., Xiao, J., Zhao, Y. and Ming, A.: Video Streaming Adaptation Strategy for Multi-view Navigation Over DASH, *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. PP, pp. 1–13 (online), DOI: 10.1109/TBC.2018.2871370 (2018).
- [5] Gadaleta, M., Chiariotti, F., Rossi, M. and Zanella, A.: D-DASH: A Deep Q-Learning Framework for DASH Video Streaming, *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, Vol. 3, No. 4, pp. 703–718 (online), DOI: 10.1109/TCCN.2017.2755007 (2017).
- [6] ISO/IEC: Information technology – Dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) – Part 1: Media presentation description and segment formats.
- [7] 生出真人, 阿部 亨, 菅沼拓夫: 強化学習を用いた MPEG-DASH における映像品質制御手法の実験と評価, 第 26 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DP-SWS2018), pp. 123–129 (2018).